MECHANIKA POPULARNA.

MECHANIKA
POPULARNA

CZYLI

Podręcznik dla Inżynierów, Budowniczych, Mechaników, Maszynistów i Techników w ogólności,

TUDZIEŻ

DLA GOSPODARZY WIEJSKICH

I

DO WYKŁADÓW W SZKOŁACH PRZEMYSŁOWO-RZEMIEŚLNICZYCH,

opracował

PODŁUG NAJLEPSZYCH ŹRÓDEŁ

Jan Pietraszek

INŻYNIER-MECHANIK,

Dyrektor Fabryki Machin Współki żeglugi par. na rz. Wiśle, b. Czł. Rady Przem. przy b. Komissyi Rząd. Spraw Wewn. i Duch. w Król. Pols. b, Instruktor Szkoły Maszynistów na dr. żel. W.-W. i B.

(Z 502 drzeworytami w tekscie).

WARSZAWA.

Druk **Władysława Dębskiego,** ulica Senatorska Nr. 20.

1879.

Дозволено Цензурою.
Варшава, 22 Ноября 1878 года.

PRZEDMOWA.

Kierując przez długi czas zakładami mechanicznymi, miałem dostateczną sposobność przekonać się o tém, iż młodzież nasza poświęcająca się zawodowi mechanicznemu, a nie posiadająca języków obcych, obok fizycznego uzdolnienia w robotach, nie może uchodzić za dobrych monterów, werkmajstrów, maszynistów i t. p., nie mając pod ręką przewodnika w języku polskim z któregoby czerpać mogła wiadomości teoretyczne, związek z ich zawodem mające, a bez których ich wiedza jedynie praktyczna, częstokroć okazywała się niedostateczną. Tą więc okolicznością znaglony, wziąłem się do napisania książki, która obecnie na świat wychodzi. Zawiera ona 22 rozdziałów, w których starałem się pomieścić to wszystko, co praktycznemu technikowi potrzebne. W pierwszych 11-tu rozdziałach wyłożyłem metodycznie zasady nauki, aby z pomocą takowych ułatwić czytelnikowi zrozumienie rozmaitych przedmiotów, o których w następnych rozdziałach traktuję. Pierwsze więc rozdziały obejmują: arytmetykę, algebrę, geometryę, solidometryę, trygonometryę, miary i wagi, statykę ciał stałych, wytrzymałość materyałów, dynamikę, hydraulikę, aerostatykę i aerodynamikę i naukę o cieple. Następne rozdziały, czyli część praktyczna dzieła, zawiera:

naukę o kotłach parowych, części składowe maszyn, machiny wodne, wiatrowe, parowe, wiatraki i siły zwierzęce, środki transportowe na lądzie, wodzie i w powietrzu, młyny, tartaki i olejarnie, machiny służące do obróbki drzewa i metali, ogrzewanie, przewietrzanie, oświetlanie mieszkań i fabryk, nakoniec przemysł gospodarczy i główne machiny rolnicze.

Jakkolwiek program prospektu uległ pewnéj zmianie, to jest, że nie pomieściłem na końcu tablic i słowniczka technicznego, ale za to tekst Mechaniki znacznie został powiększony, a liczba drzeworytów więcéj niż zdwojona. Tablice i tak zostały wśród tekstu pomieszczone i w spisie rzeczy są odznaczone. Słownik zaś w obec wydanego w ostatnich latach przez p. *Wosko* w 4-ch językach, byłby zbyteczny. Za dziełem przemawia w ogóle to, że jak teorya tak i część praktyczna, zostały niemal wyczerpująco obrobione. Jedne działy obszerniéj, np. młyny, olejarnie i tartaki, inne jak przemysł gospodarczy treściwie. Chcąc jednak wyczerpać tę materyę potrzeba by wydać kollekcyą dzieł, słowem bibliotekę, tak potrzebną dla naszych techników i technologów, uiszczenia czego życzyć jak najprędzéj należy.

Dzieła pomocnicze z których korzystałem w opracowaniu téj książki, były: Redtenbachera, Weisbacha, Rühlmana, Scholla, Morina, Armengaud, Bernoullego i innych.

Oddając tę pracę na użytek techników i młodzieży poświęcającéj się zawodowi mechanicznemu, niczego więcéj nie pragnę, prócz tego, aby celowi, w jakim była dokonana, choć w większéj części odpowiedziała.

Warszawa, dnia 1 grudnia 1878 r.

Jan Pietraszek.

ROZDZIAŁ I.

ZASADY ARYTMETYKI I ALGEBRY.

OBJAŚNIENIE ZNAKÓW.

1. Jeżeli dwie lub więcéj liczb połączone są ze sobą znakiem ($+$), to znaczy, że te liczby mają być do siebie dodane i dla tego taki znak nazywa się *znakiem dodawania*. I tak np. $5+6+9$ znaczy, że liczby 5, 6 i 9 mają być do siebie dodane. Wypadek z dodawania powstały, nazywa się *summą*. W powyższym przykładzie będzie summą liczba 20.

2. Jeżeli dwie liczby połączone są ze sobą znakiem ($-$), to znaczy, że te liczby mają być od siebie odjęte; dla tego znak taki nazywa się znakiem *odejmowania*. Wyrażenie więc $30-17$ wskazuje: że liczba 17 ma być od liczby 30 odjętą. Przez takie działanie otrzymany wypadek nazywa się *różnicą* lub *resztą*.

3. Połączywszy dwie lub więcéj liczb znakiem ($\times$) lub ($.$), to znaczy, że te liczby mają być pomnożone przez siebie, dla tego takie znaki zowią się znakami *mnożenia*. I tak 15×3 oznacza, że 15 ma być przez 3 rozmnożone. Wypadek wynikający z mnożenia, nazywa się *iloczynem*, liczby zaś mnożone przez siebie, zowią się *czynnikami*.

4. Chcąc wskazać, że dwie liczby mają być podzielone przez siebie, używamy znaku ($:$), ktory się znakiem *dzielenia* nazywa. I tak $20:4$ oznacza, że liczba 20 ma być podzieloną przez 4. Wypadek powstały z dzielenia, nazywa się *ilorazem*.

Jeżeli dwie powyższe liczby napiszemy w taki sposób $\frac{20}{4}$, to także oznaczać będzie, że 20 należy podzielić przez 4, lecz takie wyrażenie nazywa się *ułamkiem*. Liczba 20 nazywa się *licznikiem*, a liczba 4 *mianownikiem*.

5. Jeżeli chcemy okazać, że dwie liczby są sobie równe, w takim razie używamy znaku ($=$), który się znakiem *równości* zowie. Ponieważ wiemy, że z rozmnożenia liczby 15 przez 3 powstaje iloczyn 45, możemy przeto napisać: $15\times 3=45$, a wyrażenie takie nazywa się *równaniem*.

Otrzymamy także równanie dzieląc liczbę 20 przez 4,

$$\frac{20}{4}=5;$$

lub dodając np. 24 do 36:

$$24 + 36 = 60;$$

lub odejmując np. od 50 liczbę 20:

$$50 - 20 = 30 \text{ i t. d.}$$

6. Jeżeli wreszcie chcemy pokazać, że jedna liczba większą jest od drugiéj, używamy wtedy znaku ($>$); wyrażenie więc $17 > 8$ oznacza, że liczba 17 większą jest od 8.

DZIAŁANIA NA UŁAMKACH ZWYCZAJNYCH.

7. Jeżeli chcemy oznaczyć część jakiéj całości, używamy wtedy ułamku, który się z dwóch części składa; jedna z nich oznacza *ilość*, a druga *jakość* tychże części.

Wyobraźmy sobie, iż jakaś całość ma być podzieloną na 4 równe części, i że z tych czterech części bierzemy tylko trzy, — to działanie takie wyrażamy w taki sposób: $\frac{3}{4}$ (trzy czwarte), gdzie liczba 4 oznacza jakość, liczba zaś 3 ilość owych części; dla tego liczba stojąca u góry nazywa się *licznikiem*, liczba zaś pod spodem będąca, nazywa się *mianownikiem*. Widzimy tutaj, że taki ułamek niczém innėm nie jest, jak tylko naznaczoném dzieleniem, gdyż wszystko jest jedno, czy całość podzielimy na 4 części równe i z tych tylko 3 bierzemy,— lub téż 3 całości na 4 części podzielimy i z tych tylko jednę bierzemy. Objaśniwszy w taki sposób znaczenie ułamku, łatwo jest wytłómaczyć wartość następujących ułamków:

$$\frac{1}{2},\ \frac{1}{3},\ \frac{2}{3},\ \frac{5}{8},\ \frac{2}{5},\ \frac{3}{7},\ \frac{5}{12},\ \frac{9}{48} \text{ i t. d.}$$

8. Ponieważ wszystkie powyższe ułamki przedstawiają mniejszą wartość od całości, dla tego nazywają się *ułamkami właściwymi.* Ułamek więc nazywa się wtedy właściwym, kiedy jest mniejszy od swojéj całości. Ułamki zaś, których wartość większą jest od całości, nazywają się *ułamkami niewłaściwymi.* I tak np. $\frac{8}{5}$ jest ułamek niewłaściwy, który jak widzimy posiada wartość $\left(1 + \frac{3}{5}\right)$; tak samo $\frac{12}{7}$, $\frac{31}{8}$, $\frac{65}{4}$, $\frac{7}{2}$ i t. d. są ułamkami niewłaściwymi, ponieważ ich wartość większą jest od całości. Jeżeli zaś chcemy wiedzieć ile całości i części tego rodzaju ułamek zawiera w sobie, należy tylko licznik podzielić przez mianownika, a otrzymamy szukany wypadek. Gdybyśmy chcieli np. wiedzieć, ile ułamek $\frac{69}{8}$ zawiera w sobie całości, to dzielenie pokaże, że $\frac{69}{8} = 8 + \frac{5}{8}$.

9. Ułamki, mające równe mianowniki, nazywają się jednorodnymi czyli *równoimiennymi*; takiemi ułamkami są:

$$\frac{1}{8} + \frac{2}{8} + \frac{5}{8} + \frac{7}{8} + \frac{15}{8} \text{ i t. d.}$$

ponieważ oznaczają części téjże saméj jakości.

Przeciwnie zaś ułamki:

$$\frac{2}{3}+\frac{7}{8}+\frac{3}{4}+\frac{5}{9}+\frac{7}{12} \text{ i t. d.}$$

są ułamkami różnorodnymi czyli *różnoimiennymi*, ponieważ mają różne mianowniki i dla tego wyrażają części rozmaitéj jakości.

10. Dodawanie ułamków. Wiadomo powszechnie, że rzeczy tylko jednogatunkowe, dodawać do siebie można,— to samo prawidło odnosi się także do ułamków, gdyż takie tylko ułamki dodawać do siebie można, które mają równe mianowniki, t. j. wyrażają części tychże samych jakości. Dodawanie takich ułamków uskutecznia się w ten sposób, że liczniki summują się razem, a pod tą summą podpisuje się mianownik wspólny. Zasada zaś tego prawidła polega na tém, że przy dodawaniu ułamków, może być zmienioną ilość, ale nigdy jakość. I tak np.

$$\frac{2}{5}+\frac{1}{5}+\frac{3}{5}+\frac{4}{5}+\frac{8}{5}=\frac{18}{5}=3+\frac{3}{5}.$$

Widzimy ztąd, że dodawanie tego rodzaju ułamków daje się łatwo uskutecznić.

Jeżeli zaś ułamki mają różne mianowniki, to należy je wprzód sprowadzić do jednakowego mianownika, co uskutecznić można w sposób następujący:

$$\frac{1}{2}+\frac{2}{3}+\frac{3}{4}+\frac{5}{8}+\frac{1}{6}.$$

Staram się znaleźć taką liczbę, którąby można było dokładnie podzielić przez każdy w szczególności mianownik. Widzimy, że taką liczbą jest w niniejszym wypadku 24, dająca się bez reszty podzielić przez każdy w szczególności mianownik. Podzieliwszy więc znalezioną liczbę przez każdy w szczególności mianownik, a pomnożywszy iloraz przez odpowiedni licznik, znajdziemy tym sposobem liczniki odpowiadające mianownikowi 24.

A zatém:

$$\frac{1}{2}+\frac{2}{3}+\frac{3}{4}+\frac{5}{8}+\frac{1}{6}=\frac{12}{24}+\frac{16}{24}+\frac{18}{24}+\frac{15}{24}+\frac{4}{24}=\frac{65}{24}.$$

Nie zawsze jednak można wynaleźć z taką łatwością wspólnego mianownika; w takim tedy razie należy się ucieć do iloczynu z wszystkich mianowników. I tak np. gdybyśmy mieli następujące ułamki:

$$\frac{2}{7}+\frac{5}{9}+\frac{3}{11},$$

to iloczyn z tych trzech mianowników $=693$, a podług powyższéj metody otrzymamy zredukowane ułamki:

$$\frac{198}{693}+\frac{385}{693}+\frac{189}{693}=\frac{772}{693}=1+\frac{79}{693}.$$

11. Odejmowanie ułamków. Widoczną jest także rzeczą, że tylko ułamki z równymi mianownikami odejmować można od siebie. Jeżeli zaś ułamki mają różne mianowniki, należy je przedewszystkiém do jednakowego mianownika sprowadzić, a następnie odjąć od siebie liczniki, podpisując pod resztą mianownik wspólny.

Gdybyśmy np. od ułamku $\frac{7}{8}$ mieli odjąć $\frac{3}{4}$, to sprowadziwszy je do jednakiego mianownika, otrzymamy: $\frac{7}{8}$ i $\frac{6}{8}$ a następnie: $\frac{7}{8}-\frac{6}{8}=\frac{1}{8}$.

12. Mnożenie ułamku przez całość. Jeżeli np. ułamek $\frac{4}{9}$ mamy przez 3 pomnożyć, to znaczy to samo, jak gdybyśmy ułamek $\frac{4}{9}$ mieli trzy razy do siebie dodać. A zatém:

$$\frac{4}{9} \cdot 3 = \frac{4}{9} + \frac{4}{9} + \frac{4}{9} = \frac{12}{9} = \frac{4}{3}.$$

Ale otrzymamy również tenże sam wypadek, mnożąc licznik danego ułamku przez 3, a zostawiając tenże sam mianownik; lub też dzieląc mianownik danego ułamku przez 3, a zostawiając tenże sam licznik. Widzimy więc, że do mnożenia ułamków przez liczbę całą mamy dwa prawidła, podług których wykonane działanie zawsze będzie dobre.

Np. $\frac{7}{8} \cdot 4 = \frac{7}{2} = \frac{28}{8}; \quad \frac{3}{17} \cdot 5 = \frac{15}{17}.$

$\frac{6}{20} \cdot 2 = \frac{12}{20} = \frac{6}{10}, \quad \frac{1}{2} \cdot 2 = 1.$ i t. d.

13. Dzielenie ułamku przez całość. Przypuśćmy, że ułamek $\frac{6}{17}$ ma być przez 3 podzielony, co znaczy to samo, jak gdybyśmy z ułamku $\frac{6}{17}$ mieli wziąźć trzecią część, co czyni $\frac{2}{17}$, czyli dzieląc licznik ułamku przez całość i zostawiając tenże sam mianownik. Łatwo także widzieć, że taki sam otrzymamy wypadek, jeżeli mianownik danego ułamku, pomnożymy przez całość, a tenże sam licznik zostawimy. A więc i dzielenie ułamków daje się uskutecznić dwoma sposobami, podług których otrzymamy:

$$\frac{8}{30} : 4 = \frac{2}{30}; \quad \frac{7}{36} : 9 = \frac{7}{324}.$$

14. Mnożenie ułamków. Na zasadzie tego co się wyżéj powiedziało, można wykonać z łatwością mnożenie dwóch lub więcéj ułamków. Jeżeli np. mamy do pomnożenia ułamek $\frac{3}{4}$ przez $\frac{5}{8}$, to znaczy to samo, jak gdybyśmy mieli ułamek $\frac{3}{4}$ pomnożyć przez liczbę całkowitą 5, a podzielić przez liczbę całkowitą 8; będzie więc: $\frac{3}{4} \cdot \frac{5}{8} = \frac{15}{32}$, — t. j. dwa ułamki mnożą się w ten sposób przez siebie, że liczniki mnożą się przez siebie, a mianowniki również przez siebie. To prawidło służy także wtedy, kiedy mamy więcéj jak dwa ułamki do pomnożenia, np. $\frac{2}{3} \cdot \frac{4}{7} \cdot \frac{3}{9} = \frac{24}{189}$.

15. Dzielenie dwóch ułamków przez siebie. Aby i dla tego działania wynaleźć prawidło, przypuśćmy że mamy ułamek $\frac{5}{8}$ podzielić przez ułamek $\frac{3}{4}$. Z tego cośmy wyżéj powiedzieli wypływa, że ułamek będzie podzielony, jeżeli jego mianownik, pomnożymy przez dzielnika. Wykonawszy to na danym przykładzie otrzymamy:

$$\frac{5}{8} : \frac{3}{4} = \frac{5}{8 \cdot \frac{3}{4}} = \frac{5}{\frac{24}{4}} = \frac{20}{24} = \frac{5}{6}.$$

Ale także tenże sam wypadek otrzymać możemy, jeżeli odwrócimy porządek w dzielniku, i przez tak odwrócony ułamek pomnożymy dzielną $\frac{5}{8}$. Będziemy więc mieli:

$$\frac{3}{4} : \frac{1}{2} = \frac{3}{4} \times \frac{2}{1} = \frac{6}{4} = \frac{3}{2}; \quad \frac{7}{9} : \frac{2}{3} = \frac{7}{9} \times \frac{3}{2} = \frac{21}{18} = \frac{7}{6}.$$

$$\frac{2}{15} : \frac{1}{5} = \frac{2}{15} \times \frac{5}{1} = \frac{10}{15} = \frac{2}{3}; \quad \frac{8}{21} : \frac{2}{7} = \frac{8}{21} \times \frac{7}{2} = \frac{56}{42} = \frac{8}{6} \text{ i t. d.}$$

UŁAMKI DZIESIĘTNE.

16. Każdy ułamek, który ma za mianownika 10, 100, 1000, 10000..... i t. d. czyli jedność z kilkoma zerami, nazywa się *ułamkiem dziesiętnym*. Następujące więc ułamki są dziesiętnymi:

$$\frac{6}{10}, \quad \frac{75}{100}, \quad \frac{625}{1000}, \quad \frac{2436}{10000}, \quad \frac{35645}{100000}, \text{ i t. d.}$$

Pospolicie jednak nie piszą się w taki sposób, ale całkiem pod inną postacią. Widzimy tu mianowicie, że powyższe ułamki, są samymi ułamkami właściwymi, t. j. takiemi, których wartość mniejszą jest od jedności, należy więc tutaj całość oznaczyć przez zero, a mianownika całkiem opuścić. Powyższe zatém ułamki otrzymają formę następującą:

0,6; 0,75; 0,625; 0,2436; 0,35645;

i wymawiają się w sposób następujący:

0,6 t. j. zero całych i sześć dziesiętnych.

0,75 t. j. zero całych, siedm dziesiętnych i pięć setnych, lub od razu: siedmdziesiąt pięć setnych.

0,625 t. j. zero całych, sześć dziesiętnych, dwie setne, pięć tysiącznych, lub od razu: sześćset dwadzieścia pięć tysiącznych i t. d.

Ztąd widzimy, że w każdym ułamku dziesiętnym po przecinku na piérwszém miejscu stoją dziesiętne, na drugiém setne, na trzeciém tysiączne, na czwartém dziesięciotysięczne i t. d.

Widać tutaj także, że do każdego ułamku dziesiętnego z prawéj strony możemy dopisać jakąkolwiek liczbę zer, a przez to wartość ułamku nie ulegnie zmianie. I tak np. 0,75 = 0,75000 gdyż takie dopisanie zer oznacza, żeśmy tak licznika jako też i mianownika ułamku 0,75 pomnożyli przez 1,000, przez co nie zmieni się wartość ułamku.

Nakoniec widzimy, że ułamek dziesiętny zamiast zera z przodu, może także mieć liczbę całą, gdyż i ułamki dziesiętne mogą być niewłaściwymi; np. $\frac{56}{10}$ jest ułamkiem dziesiętnym ale niewłaściwym, który tak napisać należy: 5,6 t. j. pięć całych i 6 dziesiętnych. Następujące więc ułamki łatwo nam będzie odczytać: 25,732 ; 15,069 ; 245,0078 i t. d.

17. Dodawanie i odejmowanie ułamków dziesiętnych. W obu tych działaniach należy się o to starać, aby ułamki mające się do siebie dodawać lub od siebie odejmować, podpisane były należycie pod sobą, t. j. w taki sposób, aby cyfry równoznaczne stały pod sobą, t. j. całości pod całościami, dziesiętne pod dziesiętnemi, setne pod setnemi i t. d., a jeżeli ten niezbędny warunek został dopełniony, dodawanie i odejmowanie uskutecznia się w taki sposób jak z liczbami całemi.

Przykłady najlepiéj rzecz wyjaśnią:

Przykłady dodawania.

1^0

$$\begin{array}{rr} & 5,7328 \\ & 0,9765 \\ \hline \text{Summa} & 6,7093. \end{array}$$

2^0

$$\begin{array}{rr} & 0,5432 \\ & 0,9030 \\ \hline \text{Summa} & 1,4462. \end{array}$$

Przykłady odejmowania.

1^0

$$\begin{array}{rcr} \text{Odjemna} & = & 0,750 \\ \text{Odjemnik} & = & 0,625 \\ \hline \text{Reszta lub różnica} & = & 0,125. \end{array}$$

2^0

$$\begin{array}{rcr} \text{Odjemna} & = & 24,752 \\ \text{Odjemnik} & = & 12,930 \\ \hline \text{Reszta} & = & 11,822. \end{array}$$

18. Mnożenie ułamków dziesiętnych. W działaniu tém używa się następującego prawidła: dane do mnożenia ułamki dziesiętne, mnożą się jak liczby całe, z tą tylko uwagą, iż w otrzymanym iloczynie należy od prawéj ku lewéj ręce tyle cyfr dziesiętnych odciąć, ile ich razem miały oba czynniki.

Weźmy następujący przykład: $0,75 \times 0,625$, to podług powyższego prawidła będzie:

$$\begin{array}{rr} & 0,625 \\ & 0,75 \\ \hline & 3125 \\ & 4375 \\ \hline \text{Iloczyn} = & 0,46875\,, \end{array}$$

gdzie widzimy pięć cyfr dziesiętnych, bo téż istotnie w mnożnéj i mnożniku pięć się ich znajduje. Zasada tego odcinania cyfer dziesiętnych wyjaśnia się w sposób następujący: Dane dwa do pomnożenia ułamki dziesiętne, mogą być w taki sposób napisane:

$$\frac{75}{100} \cdot \frac{925}{1000}$$

mnożąc licznik przez licznik, a mianownik przez mianownik, otrzymamy:

$$\frac{75}{100} \cdot \frac{625}{1000} = \frac{46875}{100000} = 0,46875 \text{ jak wyżéj.}$$

19. Dzielenie ułamków dziesiętnych. W dzieleniu ułamków dziesiętnych należy na to uważać, aby tak dzielna jako téż i dzielnik miały jednakową liczbę cyfer dziesiętnych; gdyby tak nie było, należy odpowiednią liczbę zer dopisać, poczém uskutecznia się dzielenie jak na liczbach całych. Gdybyśmy mieli do podzielenia następujące ułamki 0,75 przez 0,5, to będzie $0,75 : 0,50$ i uważając teraz ułamki jako liczby całe, będzie $75 : 50 = 1,5$.

Zasada takiego postępowania wyjaśnia się w sposób następujący: ułamki powyższe dadzą się w takiéj formie napisać:

$$\frac{75}{100} : \frac{50}{100} = \frac{75}{100} \times \frac{100}{50} = \frac{75}{50} = 1,5\,;$$

tym sposobem powyższe prawidło dowiedzionem zostało, gdyż ułamek $\frac{75}{50}$ przez wykonanie dzielenia zamienić łatwo można na ułamek dziesiętny. W ogólności każdy ułamek zwyczajny da się zamienić na ułamek dziesiętny, jeżeli jego licznik podzielimy przez mianownik.

STOSUNKI I PROPORCYE.

20. Aby dokładnie pojąć, co to jest *stosunek*, weźmy dwie jakiekolwiek liczby, np. 12 i 4, przy których nastręczają nam się dwa pytania:

1. O ile jedna liczba większą jest od drugiéj?
2. Ile razy jedna liczba mieści się w drugiéj?

W pierwszym razie chodzi nam o *arytmetyczny stosunek* dwóch danych liczb; a stosunek ten niczém inném nie jest, jak tylko *różnicą* dwóch danych liczb.

W drugim razie pytamy się o *stosunek geometryczny* tychże samych dwóch liczb; a ten niczém inném nie jest, jak tylko ilorazem dwóch danych liczb.

Arytmetyczny więc stosunek będzie:

$$12 - 4 = 8.$$

Zaś stosunek geometryczny:

$$12 : 4 = 3.$$

Widzimy daléj, że każdy stosunek składa się z dwóch części, z których pierwsza nazywa się *poprzednikiem*, druga *następnikiem*. Odjąwszy następnika od poprzednika, otrzymamy różnicę, która będzie stosunkiem arytmetycznym; dzieląc zaś poprzednika przez następnika, otrzymamy iloraz, który będzie stosunkiem geometrycznym.

21. Stosunki arytmetyczne wtedy będą równe, kiedy dają tę samą różnicę. I tak np. $12 - 9 = 3$, $5 - 2 = 3$, $8 - 5 = 3$ i t. d. są to same równe stosunki, gdyż dają tę samą różnicę 3. Częstokroć zdarza się potrzeba, dwa równe stosunki połączyć znakiem równości, np.

$$12 - 9 = 8 - 5, \text{ lub } 17 - 12 = 13 - 8.$$

Takie wyrażenie nazywa się *proporcyą arytmetyczną* albo *różnicową*. Składa ōna się z czterech wyrazów, dwóch skrajnych i dwóch średnich i ma taką własność: że summa wyrazów skrajnych równa się summie wyrazów średnich. A zatém w powyższych dwóch proporcyach będzie:

$$9 + 8 = 12 + 5, \text{ i } 17 + 8 = 12 + 13.$$

Ztąd także wypływa, że mając 3 wyrazy wiadome w proporcyi arytmetycznéj, z łatwością znajdziemy czwarty niewiadomy. Jeżeli wyraz skrajny jest niewiadomy, to wynajdziemy takowy odejmując od summy wyrazów średnich drugi wyraz średni wiadomy; jeżeli zaś wyraz średni jest niewiadomy, to wynajdziemy takowy, odejmując od summy wyrazów skrajnych, drugi wyraz średni wiadomy.

22. Proporcye geometryczne. Proporcya geometryczna składa się z takich dwóch geometrycznych stosunków, których ilorazy są równe, a przeto które można znakiem równości połączyć. I tak np. $12 : 4$ i $21 : 7$ są równymi stosunkami geometrycznymi, ponieważ dają tenże sam iloraz 3. Również stosunki $20 : 4$ i $30 : 6$ są równymi, gdyż dają ten sam iloraz 5. Połączywszy z sobą znakami równości te stosunki, a otrzymamy dwie proporcye geometryczne:

$$12 : 4 = 21 : 7 \quad \text{i} \quad 20 : 4 = 30 : 6 .$$

Widzimy tu, że każda proporcya składa się również z czterech wyrazów, dwóch skrajnych i dwóch średnich. Każda proporcya geometryczna posiada tę znowu własność, że iloczyn z wyrazów średnich, równa się iloczynowi z wyrazów skrajnych, np.

$$4 \times 21 = 12 \times 7 , \quad \text{i} \quad 30 \times 4 = 20 \times 6 .$$

Ztąd także wypływa, że w każdéj proporcyi geometrycznéj mając dane trzy wyrazy, czwarty niewiadomy z łatwością znajdziemy. Jeżeli wyraz niewiadomy będzie średni, to należy wyrazy skrajne przez siebie pomnożyć, a iloczyn ten przez drugi wyraz skrajny wiadomy podzielić, iloraz będzie wyrazem szukanym. Jeżeli wyraz skrajny będzie niewiadomy, to należy wyrazy średnie przez siebie pomnożyć, a iloczyn przez drugi wyraz skrajny podzielić, iloraz da nam drugi wyraz skrajny szukany.

Np. w pierwszym razie: $20 : x = 30 : 6$, to będzie $30 . x = 20 . 6$,

a zatém: $$x = \frac{20 . 6}{30} = 4 .$$

W drugim razie: $12 : 4 = 21 : x$, to będzie $4 . 21 = 12 . x$,

a ztąd: $$x = \frac{4 . 21}{12} = 7 .$$

PRAWIDŁA ALGEBRAICZNE.

23. Rachunki algebraiczne uskuteczniają się liczbami czyli ilościami ogólnemi, t. j. za pomocą głosek, a następnie zamiast głosek wstawiają się wartości liczebne. Nie ma bowiem najmniejszéj przyczyny, dla czegobyśmy nie mieli głosek za liczby uważać; w tém tylko zachodzi różnica, że np. ilość a może oznaczać wszelką upodobaną liczbę, dla tego téż głoski uważane jako liczby, bardzo właściwie, nazywają się ogólnemi ilościami. Jeżeli zrozumieliśmy dobrze to wszystko, cośmy poprzednio czytali i jeżeli poznaliśmy wszystkie znaki używane przy czterech działaniach, to również z wielką łatwością potrafimy i ogólne wielkości dodawać, odejmować, mnożyć i dzielić.

24. Dodawanie. Uważając głoski a, b i c jako liczby lub wielkości i jeżeli chcemy takowe do siebie dodać, to dodawanie ich możemy tylko wskazać, oddzielając je od siebie znakami $(+)$, przez co dodawanie uskutecznione zostanie. Ilości oznaczone różnemi głoskami, zowią się *różnoimiennemi* lub *niepodobnemi*. Pokazuje się więc z tego, że dodawanie *niepodobnych ilości* może tylko być wskazaném czyli naznaczoném. Chcąc zatém dodać do siebie $5a$, $7b$, $15k$ i t. d. ilości *niepodobne*, piszemy je obok siebie, oddzielając tylko znakami $(+)$; a zatém będzie: $5a + 7b + 15k$.

W wyrażeniu $5a$, liczba 5 nazywa się *spółczynnikiem* ilości a i oznacza, że ilość a ma być 5 razy wziętą za czynnik.

I tak: $$5a = a + a + a + a + a .$$

Dla téjże saméj przyczyny:

$$7b = b + b + b + b + b + b + b . \quad \text{i}$$

$$3ac = ac + ac + ac \quad \text{i t. d.}$$

Ilości $5a + 7a + 10a + 25a$ i t. d. są podobne, zatém dodawanie ich da się uskutecznić, biorąc w summę wszystkie współczynniki i pisząc obok téj summy głoskę a; będzie więc:

$$5a + 7a + 10a + 25a = 47a.$$

25. **Odejmowanie.** Ze względu na podobieństwo i niepodobieństwo, dla odejmowania służy to samo prawidło co i dla dodawania. Jeżeli więc mamy od siebie odjąć dwie ilości $5a$ i $3b$, to działanie może tylko być wskazane, np. $5a - 3b$. Jeżeli jednak ilości będą podobnemi, to odejmowanie da się uskutecznić w sposób następujący:

$$10a - 7a = 3a;$$

t. j. odejmując dwie ilości podobne od siebie, należy głoskę napisać raz jeden, a spółczynniki odjąć od siebie.

Jeżeli mamy od ilości m odjąć ilość $(n - k)$, należy najprzód od m odjąć ilość n, zkąd wypadnie $m - n$; wszelako widzimy, że odejmując n odjęliśmy za wiele, gdyż n ma być pomniejszone o k, zatém resztę należy o k powiększyć, aby reszta stała się rzetelną. A zatém będzie ostateczne wyrażenie: $m - n + k$. Widzimy więc, że w odejmowaniu należy wszystkie znaki w odjemniku na przeciwne przemienić, t. j. znaki $+$ na $-$, a $-$ na $+$.

26. **Mnożenie.** Mówiliśmy już poprzednio, że ilości mające się przez siebie pomnożyć, *czynnikami* się zowią. Jeżeli te czynniki oznaczone są różnemi głoskami, to mnożenie ich może tylko być wskazane. I tak, mając a pomnożyć przez b i c, otrzymamy na iloczyn: $a \times b \times c = a \,.\, b \,.\, c = abc$.

Jeżeli jedna i ta sama wielkość, ma być kilka razy wziętą za czynnika, to dla skrócenia działania, głoska pisze się tylko raz jeden, a nad nią po prawéj stronie taką piszę cyfrę, ile razy taż wielkość, ma być przez siebie mnożoną. Np.

$$a \,.\, a \,.\, a \,.\, a \,.\, a = a^5.$$

Ta cyfra 5 nazywa się *wykładnikiem* lub *potęgą* głoski a i oznacza zawsze, ile razy taż ilość ma być przez siebie mnożoną.

Na zasadzie więc tego cośmy powiedzieli, będzie:

$$a^3c^3 = ac \,.\, ac \,.\, ac.$$

$$16a^4x^4 = 2ax \,.\, 2ax \,.\, 2ax \,.\, 2ax.$$

$$27a^6c^3 = 3a^2c \,.\, 3a^2c \,.\, 3a^2c.$$

$$125x^9b^{12} = 5 \,.\, x^3b^4 \,.\, 5x^3b^4 \,.\, 5x^3b^4.$$

W mnożeniu takie ilości nazywają się zawsze podobnemi, kiedy są przedstawione jednakowemi głoskami, jakkolwiek ich spółczynniki i wykładniki mogą być różnymi. I tak, ilości $5a^2$ i $7a^3$ są jednoimienne czyli podobne, a pomnożywszy takowe przez siebie, otrzymamy:

$$5a^2 \times 7a^3 = 35a^5.$$

Widzimy tutaj, że w mnożeniu ilości podobnych, spółczynniki mnożą się przez siebie, głoska pisze się raz, a wykładniki dodają się do siebie.

27. Jeżeli czynniki mające się przez siebie mnożyć, złożone są z kilku wyrazów, to każdy w szczególności wyraz jednego czynnika, musi być pomnożony przez każden w szczególności wyraz drugiego czynnika; co do znaków należy zachować ogólne prawidło, iż w mnożeniu znaki równe, dają iloczyn dodatni; znaki różne, dają iloczyn ujemny.

Gdybyśmy np. mieli pomnożyć $(a + b)$ przez $(c + d)$, to $a + b$ musimy najprzód pomnożyć przez c, a następnie przez d. Będziemy więc mieli:

$$(a + b) \times (c + d) = ac + ad + bc + bd.$$

W matematyce nie tyle ze zwyczaju ile z konieczności, czynniki z kilku wyrazów złożone, mające być przez siebie mnożone zamykają się klamrami czyli nawiasami; np. $(2a + b) \cdot (3c + 4x - 2n)$ oznacza, że czynnik dwuwyrazowy $2a + b$, zwany także *dwumianem*, ma być pomnożony przez czynnik trzywyrazowy $3c + 4x - 2n$. Wykonawszy działanie otrzymamy:

$$(2a + b)(3c + 4x - 2n) = 6ac + 8ax - 4an + 3bc + 4bx - 2nb.$$

W ilości np. a, gdzie ani wyraźnego znaku, ani spółczynnika, ani wreszcie wykładnika nie ma napisanego, należy się zawsze domyślać znaku *dodatniego*, spółczynnika *jeden* i wykładnika *jeden*; zatém wielkość a należałoby właściwie w taki sposób napisać: $+ 1 \cdot a^1$.

28. Dzielenie. Tak samo i w dzieleniu napotykamy ilości podobne i niepodobne. Jeżeli mamy ilość a podzielić przez ilość b, to dzielenie może tylko być wskazane, np. $a : b$ lub $\frac{a}{b}$. Jeżeli ilości dane posiadają spółczynniki, to takowe dzielą się przez siebie. Gdybyśmy np. mieli podzielić $24a$ przez $4b$, tobyśmy otrzymali:

$$\frac{24a}{4b} = \frac{6a}{b}.$$

Jeżeli zaś spółczynniki nie dadzą się bez reszty podzielić, w takim razie należy tylko wskazać dzielenie. Gdybyśmy np. mieli do podzielenia $7a$ przez $3b$, to wypadek będzie $= \frac{7a}{3b}$, lub też zamieniając $\frac{7}{3}$ na ułamek dziesiętny, w takim razie otrzymamy $\frac{7}{3} = 2{,}333$, zatém: $\frac{7a}{3b} = 2{,}333\,\frac{a}{b}$.

Jeżeli dane do podzielenia ilości są podobne, w takim razie da się działanie uskutecznić w sposób następujący: $\frac{a^5}{a^2} = \frac{a^3 a^2}{a^2} = a^3$, t. j. głoska pisze się tylko raz, a wykładniki odejmują się od siebie. Podług więc tego prawidła otrzymamy:

$$\frac{12a^3x}{4ax} = 3a^2; \quad \frac{3bx^4}{4x^2} = \frac{3}{4}bx^2.$$

$$\frac{5a^2n^3}{20a^3n^4} = \frac{1}{4an}; \quad \frac{5c^3n}{8cx} = \frac{5c^2n}{8x}.$$

Widzimy zatém, że tylko ilości podobne dają się przez siebie dzielić, dzielenie zaś ilości niepodobnych, pozostaje tylko wskazaném.

Należy tutaj okazać, że każda ilość mająca za wykładnik zero, równa się jedności. Np.

$$\frac{a^n}{a^n} = 1, \text{ lub } \frac{a^n}{a^n} = a^{n-n} = a^0,$$

zkąd

$$a^0 = 1.$$

Jeżeli jaka ilość ma wykładnika ze znakiem ujemnym, np. ax^{-n}, to mnożąc i dzieląc taką ilość przez x^n, otrzymamy:

$$ax^{-n} = \frac{ax^{-n} \cdot x^n}{x^n} = \frac{ax^{n-n}}{x^n} = \frac{a \cdot x^0}{x^n} = \frac{a \cdot 1}{x^n} = \frac{a}{x^n}.$$

t. j. wszelka ilość mająca wykładnika ujemnego, może być zamieniona na dzielnika z wykładnikiem dodatnim i odwrotnie, co łatwo okazać można.

POTĘGI I PIERWIASTKI.

29. Jeżeli jednę i tę samą ilość bierzemy kilkakrotnie za czynnika, to otrzymamy rozmaite potęgi téjże ilości, a mianowicie: jeżeli daną ilość bierzemy jako czynnik dwa, trzy, cztery razy, otrzymujemy wtedy 2-gą, 3-cią lub 4-tą potęgę téjże ilości. I tak, np.

$a \cdot a = a^2$ druga potęga ilości a.

$a \cdot a \cdot a = a^3$ trzecia potęga ilości a.

$a \cdot a \cdot a \cdot a = a^4$ czwarta potęga ilości a i t. d.

Podnosić więc jakąkolwiek ilość do potęgi znaczy, daną ilość wziąźć kilka razy jako czynnika. Otrzymamy więc drugą potęgę liczb 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 w sposób następujący:

$1^2 = 1$, $2^2 = 4$, $3^2 = 9$, $4^2 = 16$, $5^2 = 25$, $6^2 = 36$, $7^2 = 49$, $8^2 = 64$, $9^2 = 81$, $10^2 = 100$.

Trzecie zaś potęgi tychże liczb będą:

$1^3 = 1$, $2^3 = 8$, $3^3 = 27$, $4^3 = 64$, $5^3 = 125$, $6^3 = 216$, $7^3 = 343$, $8^3 = 512$, $9^3 = 729$, $10^3 = 1000$.

Z tego widzimy, że podnoszenie do potęgi właściwie niczém inném nie jest, jak tylko kilkokrotném mnożeniem téjże saméj ilości przez siebie, a ogólne prawidło da się wyprowadzić w sposób następujący:

Mamy np. ilość a^3 podnieść do potęgi czwartéj, to podług tego cośmy powiedzieli, otrzymamy:

$$(a^3)^4 = a^3 \cdot a^3 \cdot a^3 \cdot a^3 = a^{12};$$

ale tenże sam otrzymamy wypadek, jeżeli wykładnika a^3, pomnożymy przez potęgę 4-tą, zkąd wypływa ogólne prawidło:

Każdą daną ilość podniesiemy do potęgi, jeżeli jéj wykładnika pomnożymy przez wykładnika potęgi. Podług tego zatém cośmy powiedzieli, będzie:

$$(a^2)^{\frac{1}{2}} = a\,,\quad (a^{\frac{2}{3}})^3 = a^2,\quad (a^2 b^3)^3 = a^6 b^9.$$

$$(2ax)^3 = 2^3 a^3 x^3 = 8a^3 x^3,\quad (4n^2)^4 = 4^4 n^8 = 256 \cdot n^8.$$

Zkąd się pokazuje, że gdy dana ilość składa się z kilku czynników, wtedy każdy pojedyńczy czynnik do wskazanéj potęgi podnieść należy.

Trzeba także wiedzieć, że jest wszystko jedno, czy podnosimy $(+a)$ czy $(-a)$ do potęgi 2-giéj, gdyż w obudwóch razach wypadnie potęga druga $= (+a^2)$; zkąd się pokazuje, że nie może być nigdy ujemnego kwadratu.

Jeżeli daną ilością mającą być podniesioną do potęgi, będzie ułamek, to tak licznika jak i mianownika, należy podnieść do żądanéj potęgi. Gdybyśmy mieli np. $\frac{3}{4}$ podnieść do potęgi trzeciéj, w takim razie otrzymamy:

$$\left(\frac{3}{4}\right)^3 = \frac{3}{4} \cdot \frac{3}{4} \cdot \frac{3}{4} = \frac{27}{64}.$$

Lub gdybyśmy mieli ułamek ogólny $\frac{a}{n}$ podnieść do potęgi 4-téj, to otrzymalibyśmy:

$$\left(\frac{a}{n}\right)^4 = \frac{a}{n} \cdot \frac{a}{n} \cdot \frac{a}{n} \cdot \frac{a}{n} = \frac{a^4}{n^4},$$

zkąd rzetelność naszego twierdzenia okazuje się widoczną.

Obaczymy dalej, że i podnoszenie liczb dziesiętnych do potęg, nie przedstawia żadnej trudności, należy tylko dany ułamek tyle razy przez siebie pomnożyć, ile jedności zawiera w sobie potęga. Gdybyśmy np. mieli ułamki 0,5 i 0,75 podnieść do potęgi 2-giéj i 3-ciéj, otrzymalibyśmy:

$$(0{,}5)^2 = 0{,}5 \,.\, 0{,}5 \quad \text{i} \quad (0{,}75)^2 = 0{,}75 \,.\, 0{,}75 \quad \text{i}$$
$$(0{,}5)^3 = 0{,}5 \,.\, 0{,}5 \,.\, 05 \quad \text{i} \quad (0{,}75)^3 = 0{,}75 \,.\, 0{,}75 \,.\, 0{,}75;$$

a wykonawszy naznaczone mnożenie, otrzymamy:

$$(0{,}5)^2 = 0{,}25, \qquad (0{,}75)^2 = 0{,}5625. \quad \text{i}$$
$$(0{,}5)^3 = 0{,}125, \qquad (0{,}75)^3 = 0{,}421875.$$

Nazywamy także drugą potęgę *kwadratem*, a 3-cią potęgę *sześcianem*; przyczyna téj nazwy, jest czysto geometrycznéj natury, jak to później obaczymy.

Jeżeli mamy ilość złożoną z dwóch wyrazów, podnieść do potęgi 2-giéj czyli do kwadratu, to da się to łatwo uskutecznić za pomocą mnożenia. Gdybyśmy np. mieli ilość $(a+x)$ podnieść do kwadratu, to wskazując tylko działanie, otrzymamy: $(a+x)^2 = (a+x) \,.\, (a+x)$.

a wykonawszy naznaczone mnożenie, znajdziemy:

$(a+x)^2 = a^2 + 2ax + x^2$; zkąd wypływa następująca reguła: *Kwadrat z ilości dwuwyrazowéj, składa się z kwadratu części pierwszéj, z podwojonego iloczynu części pierwszéj przez drugą i z kwadratu części drugiéj.*

Jeżeli to prawidło zastosujemy do następującego dwumianu, otrzymamy:

$$(5+2)^2 = 25 + 2\,(5 \,.\, 2) + 4 = 25 + 20 + 4 = 49\,,$$

gdzie widzimy, że znaleziony wypadek jest kwadratem z liczby 7.

Mnożąc summę dwóch ilości $(a+x)$ przez ich różnicę $(a - b)$, to znaleziony wypadek, będzie się równał różnicy kwadratów z tychże dwóch ilości:

$(a+x)\,(a-x) = a^2 - x^2$: o czém łatwo się przekonać, jeżeli wykonamy naznaczone działanie.

Łatwo także znaléźć zapomocą mnożenia potęgę 3-cią czyli sześcian ilości dwuwyrazowéj, a mianowicie:

$$(a+x)^3 = a^3 + 3\,a^2x + 3\,ax^2 + x^3.$$

30. Pierwiastki. Jeżeli mamy jakąś liczbę daną i szukamy takiéj drugiéj liczby, któraby rozmnożona przez siebie dwa albo trzy razy, dała nam na iloczyn ową liczbę daną — to liczba szukana nazywać się będzie *pierwiastkiem* stopnia drugiego albo trzeciego.

Niechaj będą liczby: 4, 9, 16, 25, 36, 49 i t. d., a mamy wyszukać liczb takich, któreby rozmnożone przez siebie, dały nam iloczyny równe powyższym liczbom, to takiemi szukanemi liczbami będą: 2, 3, 4, 5, 6, 7, i nazywać się będą pierwiastkami kwadratowymi liczb danych; i tak: 2 jest pierwiastkiem liczby 4; 3 jest pierwiastkiem liczby 9; 7 jest pierwiastkiem liczby 49.

Gdyby daną liczbą była liczba ogólna a^2, to a będzie taką liczbą, która rozmnożona przez siebie da nam liczbę a^2; ztąd a nazywa się pierwiastkiem dla liczby a^2.

Wyciąganie pierwiastku z jakiejkolwiek liczby, oznaczamy zwykle znakiem $(\sqrt{\ })$; i tak wyrażenie: $\sqrt[2]{a^2}$ oznacza pierwiastek kwadratowy z ilości a^2, a więc otrzymamy: $\sqrt[2]{a^2} = a$. Ponieważ pierwiastek kwadratowy jest najmniejszym pierwiastkiem, przeto liczbę 2 stojącą w otworze pierwiastku po lewéj ręce ilości a^2, zwykle się opuszcza, i ile razy w tém miejscu niema żadnéj cyfry, zawsze cyfry 2 domyślać się należy. Będzie więc: $\sqrt[2]{a^2} = \sqrt{a^2} = a$.

Znak pierwiastku, jest to głoska $\sqrt{}$ stojąca na początku wyrazu łacińskiego *radix*, który oznacza pierwiastek.

Jeżeli wypadnie nam szukać pierwiastku wyższego stopnia, np. stopnia 3-go, w takim razie nad znakiem należy wyraźnie cyfrę *3* napisać. Np.

$$\sqrt[3]{a^3} = a.$$

Podług podanych prawideł, pierwiastkami sześciennymi liczb:

8, 27, 64, 125. i t. d. będą liczby:

2, 3, 4, 5, gdyż te liczby rozmnożone przez siebie trzykrotnie, czyli 3 razy wzięte za czynnika, dają nam liczby powyższe zwane sześcianami czyli potęgami 3-mi.

Stosownie więc do tego, cośmy tutaj powiedzieli, będzie:

$$\sqrt{4} = 2; \quad \sqrt{9} = 3, \quad \sqrt{16} = 4, \quad \sqrt{25} = 5.$$

$$\sqrt{36} = 6, \quad \sqrt{49} = 7, \quad \sqrt{64} = 8, \quad \text{i t. d.}$$

Co zaś do pierwiastków sześciennych, będzie:

$$\sqrt[3]{8} = 2, \quad \sqrt[3]{27} = 3, \quad \sqrt[3]{64} = 4.$$

$$\sqrt[3]{125} = 5, \quad \sqrt[3]{343} = 7, \quad \text{i t. d.}$$

31. Aby wynaleźć ogólną regułę na wyciąganie pierwiastków z ilości ogólnych jednowyrazowych, musimy przypuścić, że np. z ilości a^6 mamy wyciągnąć pierwiastek kwadratowy, to jest znaleźć taką liczbę, któraby rozmnożona przez siebie dała na iloczyn a^6, a taką liczbą będzie oczywiście a^3, mamy zatém:

$$\sqrt[2]{a^6} = a^3.$$

Ponieważ zaś— jak jest widoczném—tenże sam wypadek otrzymać można dzieląc potęgę *6* ilości *a* przez wykładnika pierwiastku 2, przeto możemy przyjąć następującą regułę: z każdéj ogólnéj ilości pierwiastek będzie wyciągnięty, jeżeli wykładnika téjże ilości, podzielimy przez wykładnika pierwiastku.

32. Widzieliśmy wyżéj że pierwiastki kwadratowe z liczb: 4, 9, 16, 25, 36, 49, 64, 81, 100 i t. d. łatwymi są do znalezienia, i że są samymi liczbami całkowitymi; dla tego téż takie pierwiastki nazywają się *rzetelnymi*, dla różnicy od takich pierwiastków, które są nieskończonymi i które téż z téj przyczyny zowią się *nierzetelnymi*.

I tak np. $\sqrt{3}$, $\sqrt{5}$, $\sqrt{7}$, $\sqrt{10}$, $\sqrt{12}$, $\sqrt{13}$, i t. d. są samymi pierwiastkami nierzetelnymi, gdyż nie dają się dokładnie wyciągnąć. Bo przypuśćmy naprzykład, że mamy wyciągnąć $\sqrt{7}$, to oczywiście wymagamy takiéj liczby, któraby sama przez się rozmnożona, dała liczbę 7. Widzimy tu zaraz, że ta liczba będzie większą od 2 a mniejszą od 3, to jest że będzie liczbą 2 i z jakimś ułamkiem; ułamek ten jednak jak to zaraz obaczymy nie da się dokładnie oznaczyć. To samo odnosi się także i do liczb 3, 5, 7, i t. d. powyżéj wskazanych. Konieczną jest przeto rzeczą pokazać ogólny sposób, w jaki rzeczone ułamki dają się wynaleźć. Sposób ten ogólny da się również zastosować i do liczb tego rodzaju, których pierwiastki nie dadzą się odgadnąć na pierwszy rzut oka. I tak np. na pierwszy rzut oka nikt nie odgadnie, jaki jest pierwiastek liczby 64516, znając jednak sposób, łatwo takowy znajdziemy.

33. Ażeby poznać ten sposób, należy wprzód wiedzieć, że kwadraty wszystkich liczb jednocyfrowych składają się z jednéj a najwyżéj z dwóch cyfer, gdyż kwadrat nawet z 9 wynosi tylko 81. Daléj trzeba wiedzieć, że kwadraty wszystkich liczb dwucyfrowych od 10 do 99, składają się z 3-ch a najwyżéj z 4-ch cyfer. Również i kwadraty wszystkich liczb trzycyfrowych od 100 do 999 składają się z 5-ciu a najwyżéj z 6-ciu cyfer i t. d. Można przeto i odwrotnie wnosić, że pierwiastek kwadratowy z liczby jedno- albo dwucyfrowéj, składać się będzie tylko z jednéj całkowitéj cyfry, zaś pierwiastek kwadratowy z liczby 3 lub 4-ro-cyfrowéj z dwóch całkowitych cyfer, a pierwiastek kwadratowy z liczby 5-cio lub 6-cio-cyfrowéj, tylko z trzech cyfer składać się będzie.

Jeżeli więc z liczby 64516 mamy wyciągnąć pierwiastek kwadratowy, to zaraz widzimy, że pierwiastek składać się będzie z 3-ch cyfer. Z téj to przyczyny, daną liczbę dzielimy na 3 klassy, od prawéj ku lewéj ręce i z każdéj klassy staramy się wyciągnąć jednocyfrowy pierwiastek. Postępowanie w takich razach jest następujące:

$\sqrt{6 \mid 45 \mid 16} = 254$
4
4 | 245 . . . . . . 45 . 5
225
50 | 2016 . . . . . 50. 4. 4.
2016
" "

a mianowicie: najbliższym pierwiastkiem liczby *6* jest *2*, podniósłszy tę liczbę do kwadratu i odjąwszy od *6*, zostanie się reszta *2* do któréj dopisuję drugą klassę 45. Ostatnią cyfrę *5* odcinam, a resztę dzielę przez podwójny iloczyn z liczby 2 czyli przez 4, na iloraz przeto wypadnie nam liczba 5, która stanowić będzie drugą cyfrę pierwiastku. Tę liczbę 5 podnosimy do kwadratu, a rozmnożywszy ów kwadrat przez 4, iloczyn ztąd wypadający 225 odciągamy od 245. Pozostanie reszta 20; do téj reszty dopisujemy trzecią klassę *16*, odcinamy ostatnią cyfrę *6*, a pozostałe 3 cyfry 201, dzielimy przez iloczyn z 25 przez 2, zkąd wypadnie nam trzecia cyfra pierwiastku 4. Tę liczbę 4, podnosimy do kwadratu i przez 50 mnożymy, a iloczyn ztąd wypadający 2016 odejmujemy od liczby 2016. Reszta będzie zero; zatém liczba 254 jest pierwiastkiem rzetelnym dla liczby 64516, albowiem $254 \times 254 = 64516$.

Weźmy dla wprawy jeszcze dwa przykłady:

$\sqrt[2]{6 \mid 70 \mid 81} = 259$ pierwiastek szukany.
4
270 . . . . 4.5.5
225
458.1 . . . . 50.9. 9.
458 1
" " "

```
2
√1.04.85.76 = 1024 pierwiastek szukany.
 1
  0.4 . . . . 20 . 0
  0 0
   485        20 × 2 = 202.2
   404
    817.6     102 × 2 = 2044.4
    817 6
     ″   ″
```

Jeżeli jednakże liczba nie ma zupełnego czyli rzetelnego pierwiastku, t. j. jeżeli oprócz całości mają być także szukane i liczby dziesiętne, to wtedy brakujące klassy należy zastąpić zerami. Rzecz tę najlepiéj następujący przykład objaśni. Jeżeli np. mamy:

```
√56 = 7,483
 49
  700 . . . . 144 . 4
  576
  12400 . . . . 1488 . 8
  11904
     49600 . . . . 14963 . 3
     44889.
      4711   i t. d.
```

Widzimy z powyższego przykładu, że działanie odbywa się zupełnie tak jak i w powyższych przykładach, z tą tylko różnicą, że do każdéj reszty dopisują się dwa zera, w celu znalezienia liczb dziesiętnych do liczby całéj 7 należących. Pierwiastek zatém liczby 56 jest nierzetelnym. Następujące przykłady objaśniają dokładnie całe postępowanie:

```
√2 = 1,414                      √3 = 1,732
 1                               1
 100   24 . 4                    200   27 . 7
  96                             189
   400 . . . . 281 . 1            1100 . . . . 343 . 3
   281                            1029
   11900 . . . . 2824 . 4            7100 . . . . 3462 . 2
   11296                             6924
      604 . . . .                     176 . . . .
```

$$\begin{array}{llll}
\sqrt{5} = 2{,}236 & & \sqrt{8} = 2{,}828 & \\
4 & & 4 & \\
100 \ldots\ldots 42 \,.\, 2 & & 4|400 & \\
84 & & 384 & \\
1600 \ldots\ldots 443 \,.\, 3 & & 56|\ 1600 & \\
1329 & & 1124 & \\
27100 \ldots\ldots 4466 \,.\, 6 & & 564|\ 47600 & \\
26796 & & 45184 & \\
304 \ \ldots & & 2416 \ldots\ldots &
\end{array}$$

Najprostszy sposób wyciągania pierwiastków kwadratowych z ułamków zwyczajnych, jest taki, gdy je zamienimy na ułamki dziesiętne i dopiéro z nich wyciągniemy pierwiastki kwadratowe. Np.

$$\sqrt{\frac{1}{8}} = \sqrt{0,\,|\,12\,|\,50} = 0{,}353553390$$

$$\begin{array}{ll}
3\ 50 & :\ 65 \,.\, 5 \\
2500 & :\ 703 \,.\, 3 \\
39100 & :\ 7065 \,.\, 5 \\
377500 & :\ 70705 \,.\, 5 \\
23975 & :\ 7071 \\
2762 & \\
641 & \\
5. &
\end{array}$$

Jeżeli mamy takie wyrażenie:

$\sqrt{324 + \frac{107}{117}}$ to przedewszystkiém należy ułamek zwyczajny zamienić na ułamek dziesiętny; a jeżeli ten pierwiastek ma być o pięciu cyfrach dziesiętnych, to ułamek dziesiętny pod znakiem pierwiastku będzie miał pięć par cyfer dziesiętnych, czyli będzie następujący:

$$\sqrt{324{,}9145299145}\ .$$

Z liczby całéj z przyległym ułamkiem dziesiętnym należy wyciągnąć pierwiastek w sposób powyżéj wskazany.

Powiedzieliśmy już wyżéj (29), że kwadrat będzie zawsze dodatny, czy on powstał z rozmnożenia ilości dodatnych, czy téż ilości ujemnych — a zatém kwadrat czyli potęga druga nigdy nie może być ujemną. Jeżeli więc czasem wydarzy się wyciągnąć pierwiastek z ilości ujemnéj, to ten pierwiastek nie będzie ani dodatnym ani téż ujemnym, gdyż dla $\sqrt[24]{-a^{24}}$ nie może być pierwiastkiem ani $+a$ ani téż $-a$, gdyż żadna z tych wartości podniesiona do potęgi którą wykładnik pierwiastku wskazuje, nie może dać liczby znajdującéj się pod znakiem pierwiastku.

Takie więc wyrażenia, jak:

$$\sqrt{-4}\,,\quad \sqrt[8]{-a}\,,\quad \sqrt[20]{-x}\,,$$

PROSPEKT.

Przychylne przyjęcie i szybkie rozejście się dzieła niedawno przezemnie napisanego, pod tytułem: **„Przewodnik praktyczny dla użytku maszynistów i ich pomocników na drogach żelaznych,“** utwierdziło mnie w przekonaniu o potrzebie przystępnego wykładu Mechaniki stosowanéj i zachęciło do opracowania dzieła obszerniejszych rozmiarów i więcéj treść mechaniczną wyczerpującego. Dzieło to, oprócz machin używanych na drogach żelaznych, obejmie wszystkie machiny i aparata używane w przemyśle i po fabrykach. Nosić będzie tytuł:

MECHANIKA POPULARNA

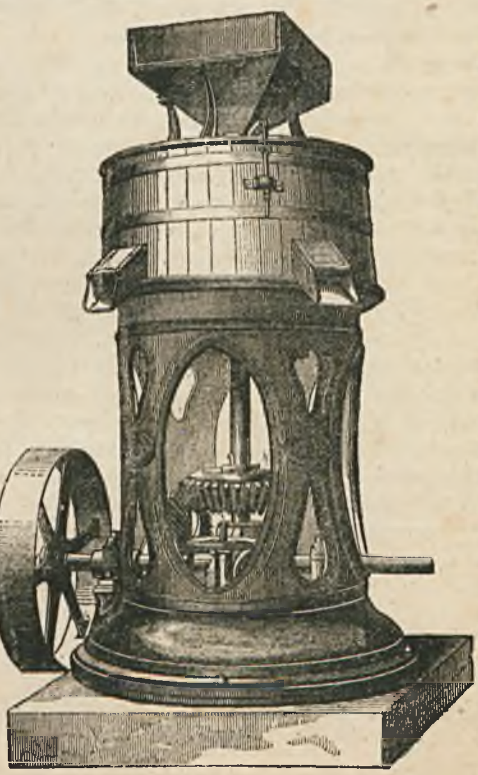
CZYLI

PODRĘCZNIK DLA MASZYNISTÓW I TECHNIKÓW W OGÓLNOŚCI,

tudzież

DLA GOSPODARZY WIEJSKICH I DO WYKŁADÓW W SZKOŁACH RZEMIEŚLNICZYCH,

a treść tytułowi odpowié: — Całość będzie podzielona na dwie główne części:



Część I-sza teoretyczna, obejmować będzie: **Arytmetykę**, **Algebrę**, **Geometryę**, **Solidometryę** i **Trygonometryę** płaską, z tablicami rozmaitych miar i wag, oraz zasady **Mechaniki**, t. j. wykład **Statyki**, **Dynamiki**, **Aerostatyki** i **Hydrauliki**.

Część II-ga: wiadomości praktyczne. **Para** i jéj zastosowanie, **kotły parowe**, **machiny parowe**, **machiny warsztatowe** i **machiny rolnicze**. Daléj opisanie urządzenia **Zakładów przemysłowych** bliższy związek z rolnictwem mających, jak **młyny**, **tartaki**, **olejarnie**, **gorzelnie**, **browary**, **krochmalnie**, **cukrownie** i t. p.

Na końcu zaś dodane będą rozmaite **tablice** służące do użytku technicznego i **Słownik** wyrazów technicznych, w języku-polskim, niemieckim i francuzkim.

Cel jaki sobie założyłem w napisaniu téj książki, jest przeważnie praktyczny. Mamy wiele w kraju fabryk i zakładów przemysłowych, których prowadzenie i utrzymanie w porządku, wymaga pewnych specyalnych wiadomości. Bliższe poznanie zasad budowy dopomoże do wyboru, doprowadzi zawsze do korzystniejszego użycia machin, a w wielu razach ułatwi reparacye, a nawet nastręczy poprawę wadliwego nieraz ich urządzenia. Książka więc niniejsza, będzie zarazem poradnikiem i przewodnikiem.

Na oddział machin rolniczych, szczególniejszą zwróciłem uwagę. Raz dla tego, że gałęź ta mechaniki praktycznój, najwięcój znajduje u nas zastosowania; drugi raz dla tego, że dotąd żadnego dzieła o tym przedmiocie nie posiadamy. Tak zatytułowane bowiem broszury wydawane przez fabryki, składy machin i narzędzi: są to raczéj katalogi illustrowane lecz nie mechaniki, nie wskazują bowiem ani zasady, ani szczegółów konstrukcyi. Mechanika nawet rolnicza, niedawno drukowana (w Krakowie) w Przeglądzie Wystawy Wiedeńskiéj pp. Zygmunta Jaroszewskiego i L. Dąbrowskiego, jasnego wyobrażenia o przedmiocie nie daje.

Jan Pietraszek,
Inżynier-Mechanik.

WARUNKI PRENUMERATY:

Dzieło to wychodzić będzie zeszytami w formacie niniejszego prospektu (in 8-vo maj.) z 200 przeszło drzeworytami w tekscie. Zeszytów wyjdzie *sześć*, w odstępach czasu co 6 tygodni. Pierwszy zeszyt opuści prasę 1-go marca r. b., a całe dzieło niezawodnie w r. b. ukończone zostanie.

Prenumerata wynosi w Warszawie rsr. **3** kop. **60** za całe dzieło, lub téż częściowo, t. j. przy pierwszym poszycie rs. **1**, przy odbiorze następnych po kop. **65**, ostatni zaś wydanym będzie Prenumeratorom bezpłatnie. Z prowincyi nadsyłający **prenumeratę całkowitą** pod adresem Wydawcy otrzymywać będą zeszyty bez kosztów przesyłki zaraz po wyjściu z druku. Po wyjściu dzieła, cena znacznie podwyższoną będzie. Zagranicą w *Prusach* cena **20** marek.

Prenumeratę składać można na ręce podpisanego Wydawcy oraz w znaczniejszych księgarniach w Warszawie; tudzież w Redakcyi Biblioteki rolniczéj przy ulicy Solnéj pod Nr. 18 nowym, na ręce Antoniego *Strzeleckiego*; w Redakcyi *Gazety Rolniczéj* w Warszawie przy ulicy Leszno Nr. 47 nowy; w Redakcyi *Przyrody i Przemysłu* w Warszawie ulica Długa Nr. 9; w Redakcyi Gazety *Przemysłowo-Rzemieślniczéj* ulica Chłodna Nr. 10 nowy, na ręce Al. *Makowieckiego*; w Redakcyi *Przeglądu technicznego* w Warszawie, ulica Tłomackie Nr. 1 nowy; w Wilnie w księgarni J. *Zawadzkiego;* w Żytomierzu w księgarni *Budkiewicza*; w Kijowie, w księgarni francuzkiéj Leona *Idzikowskiego*; w Krakowie w księgarni *Krzyżanowskiego*; w Poznaniu w księgarni M. *Leitgebera*; we Lwowie w księgarni *Gubrynowicza* i *Schmidta.*

Lista PP. Prenumeratorów przy ostatnim zeszycie ogłoszoną zostanie.

Warszawa dnia 3/15 stycznia 1875 roku.

J. Korzeniewski,
Drukarz i Wydawca,
ulica Sto-Jerska, Nr. 12 w Warszawie.

Дозволено Цензурою.
Варшава 3 [15] Сентября 1874 г.

w Drukarni J. Korzeniewskiego,
Sto-Jerska Nr. 12 w Warszawie.

nie oznaczają żadnéj rzetelnéj wielkości i przedstawiają tylko formy rachunkowe, którym żadne nie odpowiadają wartości i dla tego téż zowią się: *ilościami urojonemi* lub *niemożliwemi.*

34. Co się dotyczé pierwiastków sześciennych, już wyżéj przytoczyliśmy ich kilka; lecz te łatwymi są do odgadnienia. Że zaś liczba takowych jest ograniczona, przeto należałoby wynaleźć ogólne prawidło na wyszukiwanie pierwiastków sześciennych tego rodzaju, których na pierwszy rzut oka znaleźć nie można, tak samo jak to uczyniliśmy przy pierwiastkach kwadratowych. Sposób ten jednak nie jest tak prostym i łatwym jak przy wyciąganiu pierwiastków kwadratowych, dla tego radzimy używać zawsze logarytmów, ile razy wypada wyciągać pierwiastki stopni wyższych, np. 3-go, 4-go, 5-go, i t. d. Postępowanie to za pomocą logarytmów — o których niżéj będzie mowa — jest bardzo łatwe i polega na tém, że w tablicach logarytmicznych szukamy logarytmu liczby z któréj mamy pierwiastek wyciągnąć, logarytm ten podzieliwszy przez wykładnika pierwiastku np. przez 3, jeżeli pierwiastek jest stopnia 3-go, a dla ilorazu który będzie również logarytmem, szukamy w tablicach odpowiadającéj liczby, która będzie żądanym pierwiastkiem.

Dla objaśnienia przedmiotu przytaczamy tutaj następujące przykłady:

1° $\sqrt[3]{15}$, $\log 15 = 1{,}1760913$ zatém:

$\frac{1}{3}\log 15 = 0{,}3920304$, logarytmowi temu

odpowiada liczba $= 2{,}466 = \sqrt[3]{15}$.

2° $\sqrt[3]{578}$. $\log 578 = 2{,}7619278$ zatém

$\frac{1}{3}\log 578 = 0{,}9206426$ a logarytmowi temu odpowiada liczba 8,3299.

W tenże sam sposób znajdziemy:

$\sqrt[3]{2} = 1{,}2599$	$\sqrt[3]{3} = 1{,}4422$	$\sqrt[3]{4} = 1{,}587$	$\sqrt[3]{5} = 1{,}7099$
$\sqrt[3]{6} = 1{,}817$	$\sqrt[3]{7} = 1{,}9129$	$\sqrt[3]{8} = 2,$	$\sqrt[3]{9} = 2{,}080$
$\sqrt[3]{10} = 2{,}154$	$\sqrt[3]{11} = 2{,}2239$	$\sqrt[3]{12} = 2{,}2894$	$\sqrt[3]{13} = 2{,}3513$
$\sqrt[3]{14} = 2{,}410$	$\sqrt[3]{15} = 2{,}466$	$\sqrt[3]{16} = 2{,}5198$	$\sqrt[3]{17} = 2{,}571$
$\sqrt[3]{18} = 2{,}620$	$\sqrt[3]{19} = 2{,}668$	$\sqrt[3]{20} = 2{,}714$	$\sqrt[3]{21} = 2{,}7589$
$\sqrt[3]{22} = 2{,}802$	$\sqrt[3]{23} = 2{,}843$	$\sqrt[3]{24} = 2{,}884$	$\sqrt[3]{25} = 2{,}924$
$\sqrt[3]{26} = 2{,}962$	$\sqrt[3]{27} = 3{,}000$	$\sqrt[3]{28} = 3{,}036$	$\sqrt[3]{29} = 3{,}072$
$\sqrt[3]{30} = 3{,}107$	$\sqrt[3]{31} = 3{,}1413$	$\sqrt[3]{32} = 3{,}174$	$\sqrt[3]{33} = 3{,}207$
$\sqrt[3]{34} = 3{,}239$	$\sqrt[3]{35} = 3{,}271$	$\sqrt[3]{36} = 3{,}3019$	$\sqrt[3]{37} = 3{,}332$
$\sqrt[3]{38} = 3{,}361$	$\sqrt[3]{39} = 3{,}391$	$\sqrt[3]{40} = 3{,}420$	$\sqrt[3]{41} = 3{,}448.$

TABLICA LICZB,

ich kwadratów i pierwiastków kwadratowych, sześcianów i pierwiastków sześciennych, jak również obwodów kół i ich powierzchni.

Liczby lub średnice	Kwadraty	Pierwiastki kwadratowe	Sześciany	Pierwiastki sześcienne	Obwody kół	Powierzchnie kół	Liczby lub średnice	Kwadraty	Pierwiastki kwadratowe	Sześciany	Pierwiastki sześcienne	Obwody kół	Powierzchnie kół
1	1	1,00	1	1,00	3,14	0,7854	51	2601	7,14	132651	3,70	160,22	2042,82
2	4	1,41	8	1,26	6,28	3,1416	52	2704	7,21	140608	3,73	163,36	2123,72
3	9	1,73	27	1,44	9,42	7,06	53	2809	7,28	148877	3,75	166,50	2206,19
4	16	2,00	64	1,58	12,56	12,56	54	2916	7,34	157464	3,78	169,64	2290,22
5	25	2,23	125	1,71	15,71	19,63	55	3025	7,41	166375	3,80	172,78	2375,83
6	36	2,45	216	1,81	16,85	28,27	56	3156	7,48	175616	3,82	175,93	2463,01
7	49	2,64	343	1,91	23,00	38,48	57	3249	7,55	185193	3,84	179,07	2551,76
8	64	2,82	512	2,00	25,13	50,26	58	3364	7,61	195112	3,87	182,21	2642,68
9	81	3,00	729	2,08	28,27	63,61	59	3481	7,68	205379	3,89	185,35	2733,97
10	100	3,16	1000	2,15	31,41	78,54	60	3600	7,74	216000	3,91	188,49	2827,44
11	121	3,31	1331	2,22	34,55	95,03	61	3721	7,81	226981	3,93	191,63	2902,47
12	144	3,46	1728	2,29	37,70	113,09	62	3844	7,87	238328	3,95	194,77	3010,07
13	169	3,60	2197	2,35	40,84	132,73	63	3969	7,93	250047	3,98	197,92	3117,25
14	196	3,74	2744	2,41	43,98	153,94	64	4096	8,00	262144	4,00	201,06	3216,99
15	225	3,87	3375	2,44	47,12	176,71	65	4225	8,06	274625	4,02	204,20	3318,31
16	256	4,00	4096	2,52	50,26	201,06	66	4356	8,12	287496	9,04	207,34	3421,20
17	289	4,12	4913	2,57	53,40	226,98	67	4489	8,18	300763	4,06	210,48	3525,66
18	324	4,24	5832	2,62	56,55	254,47	68	4624	8,24	314432	4,08	213,63	3631,69
19	361	4,36	6859	2,67	56,69	283,53	69	4761	8,30	328509	4,10	216,77	3739,29
20	400	4,47	8000	2,71	62,83	314,16	70	4900	8,36	343000	4,12	219,91	3848,46
21	441	4,58	9261	2,76	65,97	346,36	71	5041	8,42	357911	4,14	223,05	3959,20
22	484	4,69	10648	2,80	69,11	380,13	72	5184	8,48	373248	4,16	226,19	4071,51
23	529	4,79	12167	2,84	72,25	415,47	73	5329	8,54	389017	4,18	229,33	4180,39
24	576	4,90	13824	2,88	75,40	452,39	74	5476	8,60	405224	4,19	232,47	4300,85
25	625	5,00	15625	2,92	78,54	490,87	75	5625	8,66	421875	4,21	235,62	4417,87
26	676	5,10	17576	2,96	81,68	538,93	76	5776	8,72	438976	4,23	238,76	4536,47
27	729	5,19	19683	3,00	84,82	572,55	77	5829	8,77	456533	4,25	241,90	4646,63
28	784	5,29	21952	3,03	87,96	615,75	78	6084	8,83	474552	4,27	245,04	4778,37
29	841	5,38	24389	3,07	91,10	660,52	79	6241	8,88	493039	4,29	248,18	4901,68
30	900	5,48	27000	3,10	94,25	706,86	80	6400	8,94	512000	4,30	251,32	5026,56
31	961	5,57	29791	3,14	97,39	754,77	81	6561	9,00	531441	4,32	254,47	5153,01
32	1024	5,65	32768	3,17	100.53	804,25	82	6724	9,05	551368	4,34	257,32	5281,03
33	1089	5,74	35937	3,20	103,67	855,30	83	6889	9,11	571787	4,36	260,75	5410,62
34	1156	5,83	39304	3,23	106,81	907,92	84	7056	9,16	592704	4,38	263,89	5541,78
35	1225	5,91	42875	3,27	109,95	962,11	85	7225	9,22	614125	4,39	267,03	5674,50
36	1296	6,00	46656	3,30	113,09	1017,87	86	7396	9,27	636056	4,41	270,17	5808,81
37	1360	6,08	50653	3,33	116,24	1075,21	87	7569	9,32	658503	4,43	273,32	5944,69
38	1444	6,14	54872	3,36	119,38	1134,11	88	7744	9,38	681472	4,44	276,46	6182,13
39	1521	6,24	59319	3,39	112,52	1204,54	89	7921	9,43	704969	4,46	279,60	6207,13
40	1600	6,32	64000	3,42	125,66	1256,64	90	8100	9,48	729000	4,48	282,74	6561,74
41	1681	6,40	68921	3,44	128,80	1320,25	91	8281	9,54	753571	4,49	285,88	6603,89
42	1764	6,48	74088	3,47	131,94	1385,44	92	8464	9,59	778688	4,51	289,02	6647,62
43	1849	6,56	79507	3,50	135,09	1452,20	93	8649	9,64	804357	4,53	292,17	6972,92
44	1936	6,63	85184	3,53	138,23	1520,53	94	8836	9,69	830584	4,54	295,31	6939,79
45	2025	6,71	91125	3,55	141,37	1590,43	95	9215	9,74	857375	4,55	298,45	7088,23
46	2116	6,78	97336	3,58	144,51	1661,90	96	9325	9,79	884736	4,57	201,59	7238,24
47	2209	6,85	103823	3,61	147,65	1734,95	97	9409	9,84	912673	4,59	304,73	7389,83
48	2304	6,93	110592	3,63	150,79	1809,56	98	9604	9,89	941192	4,61	307,87	7542,98
49	2401	7,00	117649	3,66	153,93	1885,74	99	9801	9,96	970295	4,62	311,02	7682,16
50	2500	7,07	125000	3,68	157,08	1963,50	100	10000	10,00	1000000	4,64	314,16	7854,08.

TEORYA LOGARYTMÓW.

35. Z teoryi potęg wiemy, że w takowych są trzy ilości do uważania, z których skoro dwie którekolwiek są dane, trzecią znajdziemy. Trzema temi ilościami są: *pierwiastek* czyli ilość mająca być do potęgi podniesiona, *wykładnik* wskazujący do jakiéj potęgi mamy podnieść pierwiastek i *potęga* czyli wypadek z działania nazwanego *potęgowaniem.* Dotąd rozwiązaliśmy dwa gatunki zagadnień tyczących się potęg, t. j. albo dany nam był pierwiastek i wykładnik a szukaliśmy potęgi — albo dana była potęga i wykładnik, a szukaliśmy pierwiastka. Pierwsze działanie nazywa się w ścisłém znaczeniu *potęgowaniem*, drugie zaś *wyciąganiem pierwiastków.* Pozostaje nam zatém trzecie zadanie do rozwiązania, t. j. mając daną potęgę i pierwiastek, znaleźć wykładnik czyli liczbę pokazującą do jakiéj potęgi potrzeba podnieść dany pierwiastek, żeby na wypadek otrzymać liczbę także daną. Niech np. danym pierwiastkiem będzie liczba 10 i niechby się pytano do jakiéj potęgi podnieść trzeba tę liczbę aby otrzymać 1000? odpowiadamy iż do potęgi 3-ciéj, bo $10^3 = 1000$. Ten zatém szukany wykładnik nazywa się tu *logarytmem* (logarithmus) potęgi wskazanéj przez żądaną liczbę, jak w obecnym wypadku, przez liczbę 1000. To cośmy powiedzieli, możemy napisać tak: $3 = \log 1000$. W tym gatunku zagadnień trzy powyższe ilości przybierają inne nazwy. I tak, pierwiastek nazywa się *podstawą* albo lepiéj *zasadą* (basis); potęga nosi zwyczajnie nazwę *liczby*, a wreszcie wykładnik jak to już powiedzieliśmy, nazywa się *logarytmem.* Logarytmy wszystkich liczb w porządku naturalnym według jednéjże zasady obrachowane, nazywają się *układem logarytmów* (systhema logarithmorum).

Z takiego opisania logarytmów pokazuje się, że logarytm téjże saméj liczby może być bardzo różnym według różności zasady. Tak np.

$$\log 4096 = 12 \text{ dla zasady } 2, \text{ bo } 2^{12} = 4096$$
$$\log 4096 = 6 \text{ dla zasady } 4, \text{ bo } 4^{6} = 4096$$
$$\log 4096 = 4 \text{ dla zasady } 8, \text{ bo } 8^{4} = 4096$$
$$\log 4096 = 3 \text{ dla zasady } 16, \text{ bo } 16^{3} = 4096$$
$$\log 4096 = 2 \text{ dla zasady } 64, \text{ bo } 64^{2} = 4096$$
$$\log 4096 = \frac{12}{5} \text{ dla zasady } 32, \text{ bo } 32^{\frac{12}{5}} = 4096$$
$$\log 4096 = \frac{3}{2} \text{ dla zasady } 256, \text{ bo } 256^{\frac{3}{2}} = 4096.$$

i t. d.

Nawzajem jedna i taż sama liczba może być logarytmem wielu bardzo różnych liczb, według tego jak zasadę zmieniać będziemy. I tak:

$$3 = \log 8 \text{ dla zasady } 2, \text{ bo } 8 = 2^3$$
$$3 = \log 64 \text{ dla zasady } 4, \text{ bo } 64 = 4^3$$
$$3 = \log 1000 \text{ dla zasady } 10, \text{ bo } 1000 = 10^3$$
$$3 = \log \frac{125}{27} \text{ dla zasady } \frac{5}{3}, \text{ bo } \frac{125}{27} = \left(\frac{5}{3}\right)^3.$$
$$3 = \log \frac{1331}{343} \text{ dla zasady } \frac{11}{7}, \text{ bo } \frac{1331}{343} = \left(\frac{11}{7}\right)^3.$$

i t. d.

Nie znając więc zasady, wyrażenie takie jak log $a = m$ niema żadnego znaczenia; a przeciwnie skoro ta zasada jest wiadoma, to nazwawszy ją przez A, zrównanie powyższe będzie tym sposobem oznaczone, gdyż go można zamienić na $A^m = a$. Z tego to powodu wielu matematyków osądziło za potrzebne do zrozumienia, pisanie przy podobnych zrównaniach zasady A w ten sposób: log $A^a = m$. Ponieważ jednak w całéj matematyce dwa tylko układy logarytmów, to jest Briggowski czyli *zwyczajny*, mający za zasadę liczbę 10 i Neperowski czyli *naturalny*, mający za zasadę 2,71828 ..... są używane, przeto zamiast powyższego sposobu pisania logarytmów rozróżniamy je przez cechę, pisząc pierwsze log. vul. $a = m$ co znaczy *logarithmus vulgaris*, albo krócéj pisząc log. $a = m$; drugie zaś piszemy log. nat. $a = m$ co znaczy *logarithmus naturalis* albo krócéj l. $a = m$; tym sposobem oszczędzamy sobie miejsca i czasu bez szkody w zrozumieniu ostatnich zrównań. W elementarnéj matematyce nigdy nie zachodzi potrzeba używania logarytmów naturalnych, dla tego pod wyrażeniem *log.* a rozumieć zawsze będziemy logarytm liczby a w układzie mającym za zasadę liczbę 10, która téż jak wiemy jest zasadą liczenia i całego rachunku przez nas używanego.

Stosownie do téj uwagi, dane wyżéj ogólne opisanie logarytmu ograniczamy do następującego: *Logarytm* jest to wykładnik potęgi do któréj należy podnieść liczbę 10, ażeby jakąkolwiek żądaną *liczbę jako potęgę otrzymać*. Tak np. znaleźć logarytm liczby 5 znaczy, znaleźć wykładnik x potęgi, do któréj liczbę 10 podnieść trzeba, aby na potęgę otrzymać 5, czyli ze zrównania $10^x = 5$ wyznaczyć wartość ilości x. Według tego opisania mamy:

$$
\begin{array}{llllll}
\log 10 & = 1 & \text{bo} & 10^1 & = & 10. \\
\log 100 & = 2 & \text{bo} & 10^2 & = & 100. \\
\log 1000 & = 3 & \text{bo} & 10^3 & = & 1000. \\
\log 10000 & = 4 & \text{bo} & 10^4 & = & 10000. \\
\log 100000 & = 5 & \text{bo} & 10^5 & = & 100000. \\
\log\ 1 & = 0 & \text{bo} & 10^0 & = & 1. \\
\log\ 0,1 & = -1 & \text{bo} & 10^{-1} & = & \frac{1}{10}. \\
\log\ 0,01 & = -2 & \text{bo} & 10^{-2} & = & \frac{1}{100}. \\
\log\ 0,001 & = -3 & \text{bo} & 10^{-3} & = & \frac{1}{1000}. \\
\log\ 0,0001 & = -4 & \text{bo} & 10^{-4} & = & \frac{1}{10000}.
\end{array}
$$

i t. d.

Logarytmy przytoczonych tu liczb są łatwe do znalezienia, ale użytek logarytmów byłby bardzo małym i prawie żaden, gdybyśmy nie byli w stanie podać logarytmu każdéj liczby dodatniéj; dla tego starać nam się trzeba wynaleźć z ogólnego zrównania $10^m = a$ wszystkie m odpowiednie wszystkim liczbom, które za a położymy, czyli wszystkim liczbom w porządku naturalnym idącym: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7......

Pierwszym wynalazcą logarytmów był *Neper* Szkot (około r. 1550 urodzony, a 1617 zmarły), a późniéj *Briggs* Anglik (około r. 1556 urodzony, a 1630 zmarły) przerobił takowe, biorąc za zasadę liczbę 10, gdy Neperowska była 2,718 ..... jak to wyżéj wspomnieliśmy.

Przypatrzywszy się logarytmom wyżéj przytoczonych liczb dostrzegamy, że tylko liczby 1, 10, 100, 1000, 10000 i t. d. mają logarytmy całkowite, że przeto liczby środkujące między 1 i 10, 10 i 100, 100 i 1000 i t. d. muszą mieć albo logarytmy ułamkowe, lub téż w części całkowite a w części ułamkowe. Tak np. liczba 7 jest większą od 1 a mniejszą od 10, przeto jéj logarytm będzie większym od 0 a mniejszym od 1, będzie zatém ułamkiem. Liczba $57 > 10$ a mniejsza od 100, więc log. $57 > 1$ a < 2; $759 > 100$ a < 1000, więc log. $759 > 2$ a < 3. i t. d. Środkujących więc liczb między całkowitemi potęgami liczby 10, będą logarytmy złożone z części całkowitéj i ułamkowéj. Część ułamkową wystawiwszy sobie wyrażoną w ułamku dziesiętnym, dwie te części mają swoje szczególne nazwy techniczne, które dobrze rozróżnić należy. Tak, całkowita część nazywa się *cechą* (characteristica), ułamkowa zaś *mantyssą*. Spojrzawszy na powyższe logarytmy, przekonywamy się, że liczby jednocyfrowe mają cechę 0, dwucyfrowe 1, trzycyfrowe 2, czterocyfrowe 3 i t. d., n cyfrowe mają cechę $n - 1$; z cechy przeto logarytmu zaraz wnosić można, wiele całkowitych cyfer mieć będzie liczba do któréj logarytm należy.

Z tego cośmy tutaj powiedzieli, przekonywamy się, że chcąc logarytm jakiéj liczby obrachować, oprócz całkowitych potęg liczby 10, potrzebne nam są także potęgi ułamkowe następujące: $10^{0,1}$, $10^{0,2}$, $10^{0,3}$..... $10^{0,9}$; $10^{0,01}$, $10^{0,02}$....., $10^{0,09}$ i t. d.; postąpimy więc najstosowniéj, jeżeli po obrachowaniu tych potęg ułożymy je w tablicę, z któréj do rachunku łatwo użytymi być mogą. Tablice takie podał pierwszy Long Anglik około r. 1724, Kramp w swéj arytmetyce w r. 1808 w Kolonii wydanéj, nareszcie Lacroix w tłómaczeniu księdza Dąbrowskiego na str. 390.

Atoli korzyść z logarytmów byłaby bardzo mała a raczéj żadna, gdybyśmy w każdym razie, skoro logarytmu jakiéj liczby potrzebujemy, musieli go dopiero rachować; dla tego téż pierwsi zaraz wynalazcy Nepper i Briggs, ułożyli takowe dla liczb całkowitych w tablice.

Zasadę układu logarytmów nazwawszy a, wiemy, że zrównanie $\log h = m$ zamienić można na inne następujące: $a^m = h$ i podobnie zamiast zrównania $\log k = n$ można napisać $a^n = k$. Lecz według prawideł mnożenia i dzielenia mamy:

$$a^m a^n = a^{m+n} = hk, \text{ zkąd } \log(hk) = m + n = \log h + \log k.$$

$$a^m : a^n = a^{m-n} = \frac{h}{k} \text{ zkąd } \log\left(\frac{h}{k}\right) = m - n = \log h - \log k.$$

zkąd czytamy: *że logarytm iloczynu równa się summie logarytmów czynników; logarytm zaś ilorazu równa się różnicy logarytmów dzielnéj i dzielnika, albo mówiąc wyraźniéj: chcąc znaleźć logarytm ilorazu, potrzeba od logarytmu dzielnéj odjąć logarytm dzielnika, a reszta będzie logarytmem szukanym.*

Przy pomocy więc logarytmów, zamieniamy mnożenie ilości na dodawanie ich logarytmów, dzielenie zaś na odejmowanie; a działania te jak wiemy są łatwiejszemi do wykonania.

Znalazłszy logarytm czy iloczynu czy to ilorazu, szuka się w tablicach liczby temu logarytmowi odpowiadającéj, a ta będzie szukanym iloczynem lub ilorazem, według tego jak pierwszéj lub drugiego szukaliśmy.

Podług tego cośmy powiedzieli, będzie:

$$\log 7abc(a-b) = \log 7 + \log a + \log b + \log c + \log(a-b).$$

$$\log(a^2 - b^2) = \log(a+b) + \log(a-b) \quad \text{bo} \quad a^2 - b^2 = (a+b)(a-b).$$

Co do dzielenia: $\log \frac{81}{27} = \log 81 - \log 27.$

$$\log \frac{3 \cdot 5 \cdot 8}{6 \cdot 7} = (\log 3 + \log 5 + \log 8) - (\log 6 + \log 7) =$$
$$= \log 3 + \log 5 + \log 8 - \log 6 - \log 7.$$

$$\log \frac{5abc}{a^2 - b^2} = \log(5abc) - \log(a^2 - b^2) =$$
$$= \log 5 + \log a + \log b + \log c - \log(a+b) - \log(a-b).$$

Niech będzie $A = a^m$, uważając zawsze a jako zasadę, zkąd $m = \log A$, ponieważ $A^n = (a^m)^n = a^{mn}$, przeto $\log(A^n) = mn = n \cdot \log A$, t. j. chcąc znaleźć logarytm potęgi A^n, potrzeba logarytm pierwiastka A, rozmnożyć przez wykładnik potęgi.

Tak np. $\log 10^3 = 3 \log 10$, a że $\log 10 = 1$.

więc $\log 10^3 = \log 1000 = 3.$

$$\log 2187 = 7 \log 3 \quad \text{bo} \quad 3^7 = 2187, \quad \log a^5 = 5 \log a.$$

$$\log 7a^3 b^2 c^n = \log 7 + \log a^3 + \log b^2 + \log c^n =$$
$$\log 7 + 3 \log a + 2 \log b + n \cdot \log c.$$

$$\log \frac{5a^n (a^2 - x^2)}{8 b^3 (c - x)^5} = \log \left\{ 5a^n (a^2 - x^2) \right\} - \log \left\{ 8 b^3 (c - x)^5 \right\}$$
$$= \log 5 + n \log a + \log(a+x) + \log(a-x) - \log 8 -$$
$$- 3 \log b - 5 \log(c - x).$$

Nareszcie połóżmy $A = \sqrt[m]{d}$, zkąd $A^m = d$ a następnie: $m \log A =$ $= \log d$, czyli $\log A = \log \sqrt[m]{d} = \frac{\log d}{m} = \frac{1}{m} \log d.$

To zrównanie uczy nas, że chcąc mieć logarytm pierwiastka jakiejkolwiek potęgi, potrzeba logarytm ilości pod pierwiastkiem podzielić przez wykładnika pierwiastka. A tak:

$$\log \sqrt{3} = \frac{1}{2} \log 3, \quad \log \sqrt[3]{7} = \frac{1}{3} \log 7.$$

$$\log \sqrt[5]{\frac{7}{11}} = \frac{1}{5} (\log 7 - \log 11)$$

$$\log \frac{a \sqrt[n]{c^m}}{b \sqrt{d}} = \log(a \sqrt[n]{c^m}) - \log(b \sqrt{d})$$
$$= \log a + \log \sqrt[n]{c^m} - \log b - \log \sqrt{d}.$$
$$= \log a + \frac{m}{n} \log c - \log b - \frac{1}{2} \log d.$$

$$\log \frac{a^n \sqrt[m]{b\,c^p}}{d^q\,r} = n \log a + \frac{1}{m} (\log b + p \log c) - (q \log d + \log r)$$

$$\log \frac{(a+b)^n\,c^m}{(c+d)\sqrt[4]{d^3}} = n \log (a+b) + m \log c - \left\{\log (c+d) + \frac{3}{4} \log d\right\}.$$

Z tego widzimy, że podnoszenie do potęg przy pomocy logarytmów, odbywa się przez mnożenie, wyciąganie zaś pierwiastków przez dzielenie logarytmów ilości podnoszonych do potęg — lub ilości z których się pierwiastek wyciąga. Logarytmy więc w ogólności służą do skrócenia wyższych działań arytmetycznych, to jest: mnożenia, dzielenia, potęgowania i wyciągania pierwiastków wszelkiego stopnia.

Jużeśmy to wyżéj powiedzieli, iż użytek logarytmów byłby bardzo mały a może i żaden, gdybyśmy potrzebując logarytmu jakiéj liczby, zmuszeni byli dopiero takowego szukać. Dla tego téż pierwsi wynalazcy poznawszy zaraz ogrom pracy i chcąc następcom swoim zostawić gotowy owoc swego wynalazku, nie ulękli się tego ogromu, ale cierpliwie jęli się do pracy i logarytmy liczb w porządku naturalnym idących, począwszy od 1 aż do 10000 lub 100000 i daléj obrachowali i takowe ułożyli w tablice, tak, że obok liczby stoi zaraz jéj logarytm gotowy, mogący być do rachunku użytym.

Z późniejszych matematyków, którzy nam również podobne tablice zostawili, i które są najwięcéj w użyciu, mamy: Lalanda, Calleta, Wegę i wielu innych. Logarytmy Lalanda rachowane są tylko w 5 cyfrach dziesiętnych, gdy atoli we wszystkich praktycznych rachunkach są wystarczającemi i łatwemi w użyciu, są téż dotąd najużywańszemi. Calleta tablice są może najzupełniejszemi i zwykle przez astronomów i wielkich matematyków używanemi. Wegi są również cenione.

Tablice Lalanda, zamykają logarytmy wszystkich liczb całkowitych od 1 aż do 10000; znaléźć przeto logarytm liczby między 1 i 10000 zawartéj, żadnéj nie przedstawia trudności, bo takowy otrzymuje się wprost z tablic.

Tablice logarytmiczne prawie zawsze tak są urządzone, że się składają z 3-ch kolumn; pierwsza zamyka liczby całkowite w porządku naturalnym idące, druga ich logarytmy tuż obok stojące, trzecia nareszcie zawiera różnice między dwoma po sobie następującemi logarytmami.

Pierwsza kolumna oznaczona jest głoską N (numerus), druga przez *log.* (logarithmus), a trzecia głoską D lub d albo *dif.* (differentia), co znaczy *różnica.* Chcąc więc znaleźć logarytm liczby więcéj niż czterocyfrowéj, np. liczby 27958643, ponieważ ten logarytm według powyższego co do mantyssy jest tenże sam jak liczby 10, 100 i t. d. razy mniejszéj, zatém wszystkie cyfry, ile ich jest więcéj nad cztery z prawéj strony oddzielamy kréską, a dla pozostałéj czterocyfrowéj liczby szukamy mantyssy; w naszym przypadku szukamy w tablicach mantyssy dla liczby 2795 i znajdziemy:

$$\log 2795 = \cdot 44638.$$

W kolumnie d z prawéj strony, pomiędzy tą a następną mantyssą widzimy liczbę 16, która oznacza różnicę między dwoma po sobie następującemi logarytmami, rozumie się w ostatnich dwóch cyfrach, o czém się łatwo przekonać, biorąc rzeczywiście różnicę między powyższą $\cdot 44638$ a następną mantyssą $\cdot 44654$. Aby się przekonać o wiele pierwszą mantyssę powiększyć należy, iżby takową otrzymać dla liczby 2795 · 8643, tak rozumujemy: różnica między liczbami (2795 i 2796) 1, daje różnicę między mantyssami 16, albo raczéj 0 · 00016, różnica więc między liczbami 2795 i 2795 · 8643 czyli różnica 0 · 8643 jakąż da różnicę między mantyssą do liczby 2795 a mantyssą do 2795, 8643 należącą? zkąd wypada, że powyższą różnicę między dwoma po sobie następującemi mantyssami (różnicę z tablic) mnożyć potrzeba przez różnicę 0 . 8643 (różnicę między liczbami). Rachunek ten tak się uskutecznia:

log 2795 = 3 · 44638 . . . . . D = 0,00016.

więc 0,00016 $\times$ 0,8643 = 0,000138288 .

dla 0,8643 . . . . . 14 .

albo krócéj: 16 $\times$ 0,8643 = 138288 = 13,8288 = 14 .

pamiętając, że wypadek ztąd otrzymany, do piątéj cyfry dziesiętnéj należy, tak, że tu cyfra 4 jest na piątém a następnie 1 na czwartém miejscu po znaku jedności.

log 2795 . 8643 = 3,44652

a następnie log 27958643 = 7,44652.

Tak szczegółowo wytłómaczony przykład, zdaje mi się być dostatecznym do znalezienia logarytmu liczby całkowitéj z ilukolwiek ona będzie cyfer złożona.

Szukajmy naodwrót liczby danemu logarytmowi odpowiadającéj, którego w tablicach nie znajdujemy. Niechby się pytano do jakiéj liczby należy logarytm 5,18935? Wziąwszy tablicę w rękę, znajdujemy najbliższy co do mantyssy logarytm, lecz mniejszy 3,18921 a następny jest 3,18949 większy od naszego, wnosimy przeto, że liczba naszemu logarytmowi odpowiadająca, mając zawsze wzgląd tylko na mantyssę, przypada między dwie liczby o 1 różniące się, t. j. 1546 i 1547. Aby ją bliżéj oznaczyć, tak rozumujemy: różnica między dwiema po sobie następującemi mantyssami (18921 i 18949) 0,00028, którą z prawéj strony widzimy, daje różnicę między liczbami 1 (1547 — 1546), różnica między mantyssą danego logarytmu a mantyssą mniejszą z tablic, czyli różnica 0,00014 = · 18935 — · 18921, jakąż wyda różnicę między liczbą mniejszą 1546 a liczbą szukaną? Zkąd się pokazuje, że dla otrzymania żądanéj różnicy, potrzeba tę ostatnią różnicę między mantyssą danego logarytmu, a mantyssą mniejszą, podzielić przez różnicę w tablicach obok znajdującą się, t. j. przez 0,00028; rachunek zaś tak się znowu uskutecznia: logarytmowi 3,18921 odpowiada liczba 1546 . . . . różnica 0,00014 : 0,00028 = 0,5 albo krócéj 14 : 28 = 0,5; więc logarytmowi 3,18935 odpowiada liczba 1546,5. Ale dany logarytm ma cechę 5, która nas uczy, że liczba do niego należąca jest sześciocyfrowa; z tego zaś co wyżéj powiedzieliśmy wiadomo, że logarytmy liczb 10, 100, 1000 i t. d. większych lub mniejszych mają mantyssy te same, tylko cechy różne, przeto liczba należąca do logarytmu 5,18935 będzie 154650.

Szukając podobnie jaka liczba odpowiada logarytmowi 1,23849? znajdujemy w tablicach mantyssę · 23830 t. j. mniejszą o 19, a przy niéj liczbę 1731 z jednéj, zaś różnicę 25 z drugiéj strony, przeto tak samo jak w poprzedzającym przykładzie znajdziemy: 19 : 25 = 0,76. Tak znalezione dwie cyfry przypisujemy do powyższéj liczby, przez co będzie 173176. Że zaś danego logarytmu cecha jest 1, przeto odpowiadająca mu liczba, ma tylko dwie cyfry całkowite a resztę dziesiętnych; więc 1,23849 = log 17,3176.

Tablica logarytmów liczb od 1 do 1000.

N.	Log.	N.	Log.	N.	Log.	N.	Log.	N.	Log.	N.	Log.
1	0.00000	56	1.74819	111	2.04532	166	2.22011	221	2.34439	276	2.44091
2	0.30103	57	1.75587	112	2.04922	167	2.22272	222	2.34635	277	2.44248
3	0.47712	58	1.76343	113	2.05308	168	2.22531	223	2.34830	278	2.44404
4	0.60206	59	1.77085	114	2.05690	169	2.22789	224	2.35025	279	2.44560
5	0.69897	60	1.77815	115	2.06070	170	2.23045	225	2.35218	280	2.44716
6	0.77815	61	1.78533	116	2.06446	171	2.23300	226	2.35411	281	2.44871
7	0.84510	62	1.79239	117	2.06819	172	2.23553	227	2.35603	282	2.45025
8	0.90309	63	1.79934	118	2.07188	173	2.23805	228	2.35793	283	2.45179
9	0.95424	64	1.80618	119	2.07555	174	2.24055	229	2.35984	284	2.45332
10	1.00000	65	1.81291	120	2.07918	175	2.24304	230	2.36173	285	2.45484
11	1.04139	66	1.81954	121	2.08279	176	2.24551	231	2.36361	286	2.45637
12	1.07918	67	1.82607	122	2.08636	177	2.24797	232	2.36549	287	2.45788
13	1.11394	68	1.83251	123	2.08991	178	2.25042	233	2.36736	288	2.45939
14	1.14613	69	1.83885	124	2.09342	179	2.25285	234	2.36922	289	2.46090
15	1.17609	70	1.84510	125	2.09691	180	2.25527	235	2.37107	290	2.46240
16	1.20412	71	1.85126	126	2.10037	181	2.25768	236	2.37291	291	2.46389
17	1.23045	72	1.85733	127	2.10380	182	2.26007	237	2.37475	292	2.46538
18	1.25527	73	1.86332	128	2.10721	183	2.26245	238	2.37658	293	2.46687
19	1.27875	74	1.86923	129	2.11059	184	2.26482	239	2.37840	294	2.46835
20	1.30103	75	1.87506	130	2.11394	185	2.26717	240	2.38021	295	2.46982
21	1.32222	76	1.88081	131	2.11727	186	2.26951	241	2.38202	296	2.47129
22	1.34242	77	1.88649	132	2.12057	187	2.27184	242	2.38382	297	2.47276
23	1.36173	78	1.89209	133	2.12385	188	2.27416	243	2.38561	298	2.47422
24	1.38021	79	1.89763	134	2.12710	189	2.27646	244	2.38739	299	2.47567
25	1.39794	80	1.90309	135	2.13033	190	2.27875	245	2.38917	300	2.47712
26	1.41497	81	1.90849	136	2.13354	191	2.28103	246	2.39094	301	2.47857
27	1.43136	82	1.91381	137	2.13672	192	2.28330	247	2.39270	302	2.48001
28	1.44716	83	1.91908	138	2.13988	193	2.28556	248	2.39445	303	2.48144
29	1.46240	84	1.92428	139	2.14301	194	2.28780	249	2.39620	304	2.48287
30	1.47712	85	1.92942	140	2.14613	195	2.29003	250	2.39794	305	2.48430
31	1.49136	86	1.93450	141	2.14922	196	2.29226	251	2.39967	306	2.48572
32	1.50515	87	1.93952	142	2.15229	197	2.29447	252	2.40140	307	2.48714
33	1.51851	88	1.94448	143	2.15534	198	2.29667	253	2.40312	308	2.48855
34	1.53148	89	1.94939	144	2.15836	199	2.29885	254	2.40483	309	2.48996
35	1.54407	90	1.95424	145	2.16137	200	2.30103	255	2.40654	310	2.49136
36	1.55630	91	1.95904	146	2.16435	201	2.30320	256	2.40824	311	2.49276
37	1.56820	92	1.96379	147	2.16732	202	2.30535	257	2.40993	312	2.49415
38	1.57978	93	1.96848	148	2.17026	203	2.30750	258	2.41162	313	2.49554
39	1.59106	94	1.97313	149	2.17319	204	2.30963	259	2.41330	314	2.49693
40	1.60206	95	1.97772	150	2.17609	205	2.31175	260	2.41497	315	2.49831
41	1.61278	96	1.98227	151	2.17898	206	2.31387	261	2.41664	316	2.49969
42	1.62325	97	1.98677	152	2.18184	207	2.31597	262	2.41830	317	2.50106
43	1.63347	98	1.99123	153	2.18469	208	2.31806	263	2.41996	318	2.50243
44	1.64345	99	1.99564	154	2.18752	209	2.32015	264	2.42160	319	2.50379
45	1.65321	100	2.00000	155	2.19033	210	2.32222	265	2.42325	320	2.50515
46	1.66276	101	2.00432	156	2.19312	211	2.32428	266	2.42488	321	2.50651
47	1.67210	102	2.00860	157	2.19590	212	2.32634	267	2.42651	322	2.50786
48	1.68124	103	2.01284	158	2.19866	213	2.32838	268	2.42813	323	2.50920
49	1.69020	104	2.01703	159	2.20140	214	2.33041	269	2.42975	324	2.51055
50	1.69897	105	2.02119	160	2.20412	215	2.33244	270	2.43136	325	2.51188
51	1.70757	106	2.02531	161	2.20683	216	2.33445	271	2.43297	326	2.51322
52	1.71600	107	2.02938	162	2.20952	217	2.33646	272	2.43457	327	2.51455
53	1.72428	108	2.03342	163	2.21219	218	2.33846	273	2.43616	328	2.51587
54	1.73239	109	2.03743	164	2.21484	219	2.34044	274	2.43775	329	2.51720
55	1 74036	110	2.04139	165	2.21748	220	2.34242	275	2.43933	330	2.51851

N.	Log.	N.	Log.	N.	Log.	N.	Log.	N.	Log.	N.	Log.
331	2.51983	387	2.58771	443	2.64640	499	2.69810	555	2.74429	611	2.78604
332	2.52114	388	2.58883	444	2.64738	500	2.69897	556	2.74507	612	2.78675
333	2.52244	389	2.58995	445	2.64836	501	2.69984	557	2.74586	613	2.78746
334	2.52375	390	2.59106	446	2.64933	502	2.70070	558	2.74663	614	2.78817
335	2.52504	391	2.59218	447	2.65031	503	2.70157	559	2.74741	615	2.78888
336	2.52634	392	2.59329	448	2.65128	504	2.70243	560	2.74819	616	2.78958
337	2.52763	393	2.59439	449	2.65225	505	2.70329	561	2.74896	617	2.79029
338	2.52892	394	2.59550	450	2.65321	506	2.70415	562	2.74974	618	2.79099
339	2.53020	395	2.59660	451	2.65418	507	2.70501	563	2.75051	619	2.79169
340	2.53148	396	2.59770	452	2.65514	508	2.70586	564	2.75128	620	2.79239
341	2.53275	397	2.59879	453	2.65610	509	2.70672	565	2.75205	621	2.79309
342	2.53403	398	2.59988	454	2.65706	510	2.70757	566	2.75282	622	2.79379
343	2.53529	399	2.60097	455	2.65801	511	2.70842	567	2.75358	623	2.79449
344	2.53656	400	2.60206	456	2.65896	512	2.70927	568	2.75435	624	2.79518
345	2.53782	401	2.60314	457	2.65992	513	2.71012	569	2.75511	625	2.79588
346	2.53908	402	2.60423	458	2.66087	514	2.71096	570	2.75587	626	2.79657
347	2.54033	403	2.60531	459	2.66181	515	2.71181	571	2.75664	627	2.79727
348	2.54158	404	2.60638	460	2.66276	516	2.71265	572	2.75740	628	2.79796
349	2.54283	405	2.60746	461	2.66370	517	2.71349	573	2.75815	629	2.79865
350	2.54407	406	2.60853	462	2.66464	518	2.71433	574	2.75891	630	2.79934
351	2.54531	407	2.60959	463	2.66558	519	2.71517	575	2.75967	631	2.80003
352	2.54654	408	2.61066	464	2.66652	520	2.71600	576	2.76042	632	2.80072
353	2.54777	409	2.61172	465	2.66745	521	2.71684	577	2.76118	633	2.80140
354	2.54900	410	2.61278	466	2.66839	522	2.71767	578	2.76193	634	2.80209
355	2.55023	411	2.61384	467	2.66932	523	2.71850	579	2.76268	635	2.80277
356	2.55145	412	2.61490	468	2.67025	524	2.71933	580	2.76343	636	2.80346
357	2.55267	413	2.61595	469	2.67117	525	2.72016	581	2.76418	637	2.80414
358	2.55388	414	2.61700	470	2.67210	526	2.72099	582	2.76492	638	2.80482
359	2.55509	415	2.61805	471	2.67302	527	2.72181	583	2.76567	639	2.80550
360	2.55630	416	2.61909	472	2.67394	528	2.72263	584	2.76641	640	2.80618
361	2.55751	417	2.62014	473	2.67486	529	2.72346	585	2.76716	641	2.80686
362	2.55871	418	2.62118	474	2.67578	530	2.72428	586	2.76790	642	2.80754
363	2.55991	419	2.62221	475	2.67669	531	2.72509	587	2.76864	643	2.80821
364	2.56110	420	2.62325	476	2.67761	532	2.72591	588	2.76938	644	2.80889
365	2.56229	421	2.62428	477	2.67852	533	2.72673	589	2.77012	645	2.80956
366	2.56348	422	2.62531	478	2.67943	534	2.72754	590	2.77085	646	2.81023
367	2.56467	423	2.62634	479	2.68034	535	2.72835	591	2.77159	647	2.81090
368	2.56585	424	2.62737	480	2.68124	536	2.72916	592	2.77232	648	2.81158
369	2.56703	425	2.62839	481	2.68215	537	2.72997	593	2.77305	649	2.81224
370	2.56820	426	2.62941	482	2.68305	538	2.73078	594	2.77379	650	2.81291
371	2.56937	427	2.63043	483	2.68395	539	2.73159	595	2.77452	651	2.81358
372	2.57054	428	2.63144	484	2.68485	540	2.73239	596	2.77525	652	2.81425
373	2.57171	429	2.63246	485	2.68574	541	2.73320	597	2.77597	653	2.81491
374	2.57287	430	2.63347	486	2.68664	542	2.73400	598	2.77670	654	2.81558
375	2.57403	431	2.63448	487	2.68753	543	2.73480	599	2.77743	655	2.81624
376	2.57519	432	2.63548	488	2.68842	544	2.73560	600	2.77815	656	2.81690
377	2.57634	433	2.63649	489	2.68931	545	2.73640	601	2.77887	657	2.81757
378	2.57749	434	2.63749	490	2.69020	546	2.73719	602	2.77960	658	2.81823
379	2.57864	435	2.63849	491	2.69108	547	2.73799	603	2.78032	659	2.81889
380	2.57978	436	2.63949	492	2.69197	548	2.73878	604	2.78104	660	2.81954
381	2.58092	437	2.64048	493	2.69285	549	2.73957	605	2.78176	661	2.82020
382	2.58206	438	2.64147	494	2.69373	550	2.74036	606	2.78247	662	2.82086
383	2.58320	439	2.64246	495	2.69461	551	2.74115	607	2.78319	663	2.82151
384	2.58433	440	2.64345	496	2.69548	552	2.74194	608	2.78390	664	2.82217
385	2.58546	441	2.64444	497	2.69636	553	2.74273	609	2.78462	665	2.82282
386	2.58659	442	2.64542	498	2.69723	554	2.74351	610	2.78533	666	2.82347

N.	Log.	N.	Log.	N.	Log.	N.	Log.	N.	Log.	N.	Log.	D.
667	2.82413	723	2.85914	779	2.89154	835	2.92169	891	2.94988	947	2.97635	
668	2.82478	724	2.85974	780	2.89209	836	2.92221	892	2.95036	948	2.97681	
669	2.82543	725	2.86034	781	2.89265	837	2.92273	893	2.95085	949	2.97727	
670	2.82607	726	2.86094	782	2.89321	838	2.92324	894	2.95134	950	2.97772	
671	2.82672	727	2.86153	783	2.89376	839	2.92376	895	2.95182	951	2.97818	
672	2.82737	728	2.86213	784	2.89432	840	2.92428	896	2.95231	952	2.97864	
673	2.82802	729	2.86273	785	2.89487	841	2.92480	897	2.95279	953	2.97909	
674	2.82866	730	2.86332	786	2.89542	842	2.92531	898	2.95328	954	2.97955	
675	2.82930	731	2.86392	787	2.89597	343	2.92583	899	2.95376	955	2.98000	
676	2.82995	732	2.86451	788	2.89653	844	2.92634	900	2.95424	956	2.98046	
677	2.83059	733	2.86510	789	2.89708	845	2.92686	901	2.95472	957	2.98091	
678	2.83123	734	2.86570	790	2.89763	846	2.92737	902	2.95521	958	2.98137	
679	2.83187	735	2.86629	791	2.89818	847	2.92788	903	2.95569	959	2.98182	
680	2.83251	736	2.86688	792	2.89873	848	2.92840	904	2.95617	960	2.98227	
681	2.83315	737	2.86747	793	2.89927	849	2.92891	905	2.95665	961	2.98272	
682	2.83378	738	2.86806	794	2.89982	850	2 92942	906	2.95713	962	2.98318	
683	2.83442	739	2.86864	795	2.90037	851	2.92993	907	2.95761	963	2.98363	
684	2.83506	740	2.86923	796	2.90091	852	2.93044	908	2.95809	964	2.98408	
685	2.83569	741	2.86982	797	2.90146	853	2.93095	909	2.95856	965	2.98453	
686	2.83632	742	2.87040	798	2.90200	854	2.93146	910	2.95904	966	2.98498	
687	2.83696	743	2.87099	799	2.90255	855	2.93197	911	2.95952	967	2.98543	
688	2.83759	744	2.87157	800	2.90309	856	2.93247	912	2.95999	968	2.98588	
689	2.83822	745	2.87216	801	2.90363	857	2.93298	913	2.96047	969	2.98632	
690	2.83885	746	2.87274	802	2.90417	858	2.93349	914	2.96095	970	2.98677	
691	2.83948	747	2.87332	803	2.90472	859	2.93399	915	2.96142	971	2.98722	
692	2.84011	748	2.87390	804	2.90526	860	2.93450	916	2.96190	972	2.98767	
693	2.84073	749	2.87448	805	2.90580	861	2.93500	917	2.96237	973	2.98811	
694	2.84136	750	2.87506	806	2.90634	862	2.93551	918	2.96284	974	2.98856	
695	2.84198	751	2.87564	807	2.90687	863	2.93601	919	2.96332	975	2.98900	
696	2.84261	752	2.87622	808	2.90741	864	2.93651	920	2.96379	976	2.98945	
697	2.84323	753	2.87679	809	2.90795	865	2.93702	921	2.96426	977	2.98989	
698	2.84386	754	2.87737	810	2.90849	866	2.93752	922	2.96473	978	2.99034	
699	2.84448	755	2.87795	811	2.90902	867	2.93802	923	2.96520	979	2.99078	
700	2.84510	756	2.87852	812	2.90956	868	2.93852	924	2.96567	980	2.99123	
701	2.84572	757	2.87910	813	2.91009	869	2.93902	925	2.96614	981	2.99167	
702	2.84634	758	2.87967	814	2.91062	870	2.93952	926	2.96661	982	2.99211	
703	2.84696	759	2.88024	815	2.91116	871	2.94002	927	2.96708	983	2.99255	
704	2.84757	760	2.88081	816	2.91169	872	2.94052	928	2.96755	984	2.99300	
705	2.84819	761	2.88138	817	2.91222	873	2.94101	929	2.96802	985	2.99344	
706	2.84880	762	2.88195	818	2.91275	874	2.94151	930	2.96848	986	2.99388	
707	2.84942	763	2.88252	819	2.91328	875	2.94201	931	2.96895	987	2.99432	
708	2.85003	764	2.88309	820	2.91381	876	2.94250	932	2.96942	988	2.99476	
709	2.85065	765	2 88366	821	2.91434	877	2.94300	933	2.96988	989	2.99520	
710	2.85126	766	2.88423	822	2.91487	878	2.94349	934	2.97035	990	2.99564	43
711	2.85187	767	2.88480	823	2.91540	879	2.94399	935	2.97081	991	2.99607	44
712	2.85248	768	2.88536	824	2.91593	880	2.94448	936	2.97128	992	2.99651	44
713	2.85309	769	2.88593	825	2.91645	881	2.94498	937	2.97174	993	2.99695	44
714	2.85370	770	2.88649	826	2.91698	882	2.94547	938	2.97220	994	2.99739	43
715	2.85431	771	2.88705	827	2.91751	883	2.94596	939	2.97267	995	2.99782	44
716	2.85491	772	2.88762	828	2.91803	884	2.94645	940	2.97313	996	2.99826	44
717	2.85552	773	2.88818	829	2.91855	885	2.94694	941	2.97359	997	2.99870	43
718	2.85612	774	2.88874	830	2.91908	886	2.94743	942	2.97405	998	2.99913	44
719	2.85673	775	2.88930	831	2.91960	887	2.94792	943	2.97451	999	2.99957	43
720	2.85733	776	2.88986	832	2.92012	888	2.94841	944	2.97497	1000	3.00000	43
721	2.85794	777	2.89042	833	2.92065	889	2.94890	945	2.97543			
722	2.85854	778	2.89098	834	2.92117	890	2.94939	946	2.97589			

RÓWNANIA.

33. Jeżeli dwa algebraiczne wyrażenia np. $(ax+b)$ i $(cx+d)$ z jakiejkolwiekbądź przyczyny uważamy za zupełnie sobie równe, to możemy je ze sobą połączyć za pomocą znaku równości $(=)$, przez co otrzymamy:

$$ax+b=cx+d,$$

a każde podobne wyrażenie, nazywać się będzie *równaniem* lub *zrównaniem*, co jest jedno i to samo.

Ponieważ celem każdego zrównania jest znalezienie ilości nieznanéj, przeto widzimy, że zrównania we wszystkich matematycznych naukach są najważniejszemi. Mamy przeto wskazać zasadę, podług któréj ilość niewiadoma da się ze zrównania wynaleźć. W tym celu musimy przyjąć, że głoski początkowe alfabetu a, b, c, d.... będą oznaczać ilości wiadome, zaś głoski końcowe alfabetu, jak x, y, z same ilości niewiadome.

Jeżeli $a=a$; to będzie także:

$$a+b=a+b \quad \text{lub} \quad a-b=a-b; \quad \text{daléj}$$

$$an=a.n \quad \text{lub} \quad \frac{a}{m}=\frac{a}{m}, \quad \text{lub}$$

$$a^2=a^2 \quad \text{lub} \quad \sqrt{a}=\sqrt{a}; \quad \text{t. j.}$$

jeżeli ilości równe dodajemy do ilości równych, ilości równe odejmujemy od ilości równych, ilości równe mnożymy przez ilości równe, lub ilości równe dzielimy przez ilości równe, lub ilości równe podnosimy do potęg równych, lub nakoniec z ilości równych wyciągniemy pierwiastki równe, to przez takie działanie wartość równania zepsutą nie będzie. I to są główniejsze zasady, na których opiera się rozwięzywanie równań stopnia pierwszego; rozwiązanie zaś równania oznacza, wynalezienie z niego wartości na ilość niewiadomą.

Równanie nazywa się wtedy równaniem stopnia pierwszego, jeżeli niewiadoma znajdująca się w témże równaniu, wyrażona jest w potędze pierwszéj; tak więc równanie wyżéj przywiedzione: $ax+b=cx+d$ jest równaniem stopnia pierwszego, gdyż ilość niewiadoma x jest w potędze pierwszéj. Ilości a, b, c, d, należy uważać jako ilości wiadome. Gdybyśmy z tego równania chcieli wynaleźć wartość na ilość niewiadomą x, to uważamy, że równanie to składa się z czterech wyrazów, z których dwa wyrazy zawierają w sobie ilość niewiadomą, a drugie dwa same ilości wiadome. Przedewszystkiém więc należy wyrazy zawierające ilości niewiadome przenieść na jednę stronę, a wyrazy zawierające same ilości wiadome na drugą stronę równania, co łatwo jest uskutecznić na zasadzie tego, cośmy wyżéj powiedzieli. Odjąwszy więc z obu stron równania ilość b, znajdziemy:

$$ax+b-b=cx+d-b, \quad \text{lub}$$

$$ax=cx+d-b.$$

Odejmijmy znowu z obu stron równania wyraz cx, zawierający ilość niewiadomą x, będzie:

$$ax-cx=cx-cx+d-b, \quad \text{lub}$$

$$ax-cx=d-b,$$

a tym sposobem dopięliśmy pierwszego celu, t. j. na jednéj stronie mamy ilości niewiadome, a na drugiéj same ilości wiadome. Porównawszy to ostatnie równanie z równaniem daném, widzimy, że każdy wyraz ze znakiem dodatnim można przenieść z jednéj strony na drugą, jeżeli tylko znak przed tym wyrazem zmienimy. Widzimy daléj, że oba wyrazy na pierwszéj stronie równania zawierają wspólnego czynnika x, można więc równanie to jeszcze w taki sposób napisać:

$$x\,(a - c) = d - b\,.$$

Dzieląc w końcu obie strony przez $(a - c)$ wartość równania nie zepsuje się, otrzymamy więc:

$$\frac{x\,(a - c)}{(a - c)} = \frac{d - b}{a - c} \quad \text{czyli}$$

$$x = \frac{d - b}{a - c}\,.$$

Tym sposobem oznaczyliśmy wartość dla ilości niewiadoméj x, gdyż na jednéj stronie równania stoi tylko sama ilość niewiadoma, a po drugiéj stronie, same ilości wiadome.

Weźmy znowu następujące równanie:

$$\frac{a\,x}{n} - b = 2\,c\,.$$

Dodawszy do obydwóch stron równania ilość b, otrzymamy:

$$\frac{a\,x}{n} - b + b = 2\,c + b \quad \text{lub}$$

$$\frac{a\,x}{n} = 2\,c + b\,,$$

gdzie wyraz ujemny $(- b)$ zamieniony został na wyraz dodatny. Każdy więc wyraz ujemny, może być z jednéj strony równania na drugą przeniesiony, należy tylko przed nim znak $(-)$ zamienić na $(+)$. Pomnożywszy obie strony przez n, otrzymamy:

$$\frac{a\,x}{n}\,.\,n = (2\,c + b)\,n \quad \text{czyli}$$

$$a\,x = 2\,cn + bn\,.$$

Tym sposobem usunęliśmy mianownika n. Można więc znieść mianownika czyli dzielnika, jeżeli obie strony równania pomnożymy przez tegoż mianownika. Podzielmy jeszcze obie strony ostatniego równania przez a, będzie więc:

$$\frac{a\,x}{a} = \frac{2\,cn + bn}{a} \quad \text{lub}$$

$$x = \frac{2\,cn + bn}{a}\,.$$

Tym sposobem pozbyliśmy się spółczynnika a. Każdy więc spółczynnik przy ilości niewiadoméj można znieść w ten sposób, jeżeli obie strony równania przez tenże czynnik podzielimy. Prawidła tutaj podane powinny wystarczyć do wynalezienia ilości niewiadoméj z każdego równania stopnia pierwszego. Następujące przykłady, objaśnią nam przedmiot jeszcze lepiéj. Niechaj będzie:

$$\frac{3\,x}{4} - 8 = \frac{x}{3} + 2\,.$$

Przeniosłszy ilości niewiadome na jednę stronę a wiadome na drugą stronę i zmieniwszy znaki, otrzymamy:

$$\frac{3\,x}{4} - \frac{x}{3} = 2 + 8 = 10\,.$$

Mnożąc obie strony przez 4, otrzymamy:

$$3x - \frac{4x}{3} = 40.$$

Mnożąc jeszcze raz obie strony przez 3, otrzymamy:

$$9x - 4x = 120.$$

Uskuteczniwszy z pierwszéj strony naznaczone odejmowanie, otrzymamy:

$$5x = 120.$$

Podzieliwszy w końcu obie strony przez 5, otrzymamy wartość na x, to jest na ilość niewiadomą:

$$x = \frac{120}{5} = 24.$$

Gdybyśmy następnie mieli:

$$\frac{5x - 4}{x - 1} = 3.$$

Mnożąc obie strony przez $(x - 1)$, otrzymamy:

$$5x - 4 = 3x - 3,$$

a przestawiwszy ilości niewiadome na pierwszą stronę, a wiadome na drugą stronę, otrzymamy: $5x - 3x = 4 - 3.$

Wykonawszy na pierwszéj i na drugiéj stronie naznaczone działania, otrzymamy:

$$2x = 1,$$

a dzieląc obie strony przez 2, ostatecznie otrzymamy wartość na ilość niewiadomą x: $x = \frac{1}{2}.$

Weźmy jeszcze takie równanie:

$$\frac{5}{8}x + \frac{2}{3}x - \frac{3}{4} = \frac{x}{2} + \frac{2}{7} - \frac{1}{5}.$$

To przestawiwszy ilości niewiadome na jednę a wiadome na drugą stronę równania i zmieniwszy znaki, otrzymamy:

$$\frac{5}{8}x + \frac{2}{3}x - \frac{x}{2} = \frac{2}{7} + \frac{3}{4} - \frac{1}{5}.$$

Gdybyśmy w tém równaniu chcieli znieść wszystkie mianowniki, musielibyśmy kilkokrotne wykonać mnożenie, co jest dosyć zmudném działaniem. Starajmyż się więc przekonać, czy tak strona pierwsza jak i druga nie mają jakiego wspólnego mianownika. Spojrzawszy na to równanie zaraz widzimy, że strona lewa ma takiego mianownika 24, a strona prawa czyli druga ma wspólnego mianownika 140; równanie więc to po uskutecznionéj redukcyi, będzie miało taką formę:

$$\frac{15}{24}x + \frac{16}{24}x - \frac{12}{24}x = \frac{40}{140} + \frac{105}{140} - \frac{28}{140}.$$

Lub wykonawszy działanie, będzie:

$$\frac{19}{24}x = \frac{117}{140}.$$

Pomnożywszy obie strony przez 24, będzie:

$$19x = \frac{117 \cdot 24}{140}.$$

Podzieliwszy obie strony przez 19, będzie:

$$x = \frac{117 \cdot 24}{140 \cdot 19}, \quad \text{a po należytéj redukcyi}$$

$$x = \frac{117 \cdot 6}{19 \cdot 35} = 1,0556.$$

Z przykładów tutaj przywiedzionych widzimy, w jaki sposób otrzymać można wartość na ilość niewiadomą, z równania stopnia pierwszego.

37. Równania z dwiema ilościami niewiadomemi. Jeżeli mamy wynaleźć wartości dwóch ilości niewiadomych, w takim razie muszą być dwa równania dane. Jeżeli zaś mamy dwa równania, to oznaczenie wartości na ilości niewiadome da się łatwo uskutecznić, podług prawideł wyżéj podanych. Szuka się najprzód wartości na jednę ilość niewiadomą z obudwóch równań, a ponieważ pierwsze strony tych równań będą sobie równe, przeto i drugie równe sobie być muszą i utworzą nowe równanie z jedną tylko niewiadomą, któréj wartość bardzo łatwo znaléźć podług tego cośmy wyżéj powiedzieli. Następujące przykłady rzecz tę najlepiéj wyjaśnią:

$$(1) \qquad \begin{cases} ax + by = c \\ nx + my = q. \end{cases}$$

Gdzie x i y są ilości niewiadome. Szukając podług wyżéj podanych prawideł wartości na x z obydwóch zrównań, otrzymamy:

$$x = \frac{c - by}{a} \quad \text{i}$$

$$x = \frac{q - my}{n}.$$

Ponieważ $x = x$, przeto i ich wartości muszą sobie być równe; otrzymamy więc:

$$\frac{c - by}{a} = \frac{q - my}{n}.$$

Równanie to ma tylko jednę ilość niewiadomą, może być przeto rozwiązane podług wyżéj podanych prawideł. Zniosłszy mianowniki, otrzymamy:

$$cn - bny = aq - amy; \quad \text{a daléj:}$$

$$amy - bny = aq - cn, \quad \text{czyli:}$$

$$y(am - bn) = aq - cn, \quad \text{a ztąd:}$$

$$y = \frac{aq - cn}{am - bn}.$$

Tym sposobem znaleźliśmy wartość na ilość niewiadomą y.

Jeżeli chcemy także znaléźć wartość na x, to postępujemy jak wprzódy, to jest, z obu zrównań (1) szukamy wartości na y, zkąd otrzymamy znowu jedno zrównanie, w którém tylko ilość x będzie niewiadomą, którą podług reguły znanéj łatwo znajdziemy.

Ale daleko prostszém jest następujące postępowanie: mnożę równania (1) jedno przez m, a drugie przez b, przez co otrzymamy:

$$amx + mby = mc \quad \text{i}$$

$$nbx + mby = bq,$$

a odjąwszy te dwa równania od siebie, otrzymamy:

$$amx - nbx = mc - bq \quad \text{lub:}$$

$$x(am - nb) = mc - bq, \quad \text{zkąd:}$$

$$x = \frac{mc - bq}{am - nb},$$

który to sposób daleko jest krótszym.

Weźmy jeszcze następujący przykład:

$$x + \frac{1}{2}y = 100 \quad \text{i}$$

$$y + \frac{1}{3}x = 100.$$

Zniosłszy mianowniki będzie:

$$2x + y = 200.$$

$$3y + x = 300.$$

Pomnożywszy pierwsze z tych dwóch równań przez 3, otrzymamy:

$$6x + 3y = 600.$$

A odjąwszy równanie drugie od tego ostatniego, będzie:

$$6x + 3y - 3y - x = 600 - 300 \quad \text{czyli}$$

$$5x = 300, \quad \text{a zatém:}$$

$$x = \frac{300}{5} = 60.$$

Ta wartość x wstawiona w którekolwiek poprzedzające równanie, daje:

$$3y + 60 = 300 \quad \text{lub}$$

$$3y = 300 - 60 = 240, \quad \text{zkąd}$$

$$y = \frac{240}{3} = 80.$$

Podstawiając obiedwie wartości za x i za y w dane równania, przekonamy się, iż wartości te są rzetelnemi.

38. Równania stopnia 2-go. Takie równanie nazywa się równaniem stopnia 2-go, w którém ilość niewiadoma x, znajduje się podniesiona do potęgi 2-giéj. Następujące równanie będzie się nazywać prawdziwém równaniem stopnia 2-go,

$$\frac{ax^2}{n} = 2b + c,$$

gdyż prócz kwadratu z x, znajdują się w niém same ilości wiadome.

Rozwiązywanie zrównań tego rodzaju, to jest wynajdywanie wartości na niewiadomą x, nie przedstawia żadnych trudności, gdyż pomnożywszy obie strony przez n a podzieliwszy je przez a, znajdziemy:

$$x^2 = \frac{2nb + nc}{a}.$$

Aby teraz x wynaleźć, należy się starać pozbyć wykładnika 2, a co daje się otrzymać wyciągając pierwiastek kwadratowy, z obydwóch stron równania; przez co mamy:

$$x = \sqrt{\frac{2nb + nc}{a}}.$$

Gdyby znowu było tego rodzaju równanie:

$$\frac{2}{3}x^2 - 7 = 1,$$

to przeniosłszy na drugą stronę same ilości wiadome, otrzymamy:

$$\frac{2}{3}x^2 = 1 + 7 = 8.,$$

pomnożywszy następnie obie strony przez 3 a podzieliwszy przez 2, otrzymamy:

$$x^2 = 12\,, \quad \text{następnie} \quad x = \sqrt{12} = 2\sqrt{3} = 3{,}464.$$

39. Następujące równanie nosi nazwisko niewłaściwego równania stopnia 2-go:

$$x^2 + a\,x = b\,,$$

gdyż oprócz kwadratu z x i ilości wiadoméj b, zawiera jeszcze wyraz $a\,x$, posiadający niewiadomą x stopnia pierwszego. Dla znalezienia wartości na x używa się następującego prawidła:

Ilość niewiadoma x równa się połowie spółczynnika x w potędze pierwszéj ze znakiem zmienionym, więcéj lub mniéj ($\pm$) pierwiastkowi z kwadratu połowy tegóż spółczynnika i dodanym do tego ilościom wiadomym. Jeżeli to prawidło zastosujemy do poprzedniego równania, natenczas otrzymamy:

$$x = -\frac{a}{2} \pm \sqrt{\frac{a^2}{4} + b}\,.$$

Gdybyśmy mieli taki przykład:

$$x^2 + 4\,x = 60\,.$$

to a będzie $= 4$, $b = 60$. Wstawiając te wartości w powyższe równanie, otrzymamy:

$$x = -2 \pm \sqrt{4 + 60} \quad \text{lub}$$

$$x = -2 \pm \sqrt{64} = -2 \pm 8\,;$$

zkąd się pokazuje, że x ma dwojaką wartość, mianowicie:

$$x = -2 + 8\,, \quad \text{i} \quad x = -2 - 8\,, \quad \text{lub}$$

$$x = 6 \quad \text{i} \quad x = -10\,,$$

i rzeczywiście téż obie te wartości odpowiadają danemu równaniu, — bo wstawiając z kolei obie te wartości w równanie:

$$x^2 + a\,x = b \quad \text{otrzymamy raz:}$$

$$6 \times 6 + 4 \times 6 = 60$$

$$36 + 24 = 60$$

$$60 = 60\,.$$

a wstawiając za x wartość -10, otrzymamy również i drugi raz:

$$-10 \times -10 + 4\,(-10) = 60$$

$$100 - 40 = 60$$

$$60 = 60\,.$$

ROZDZIAŁ II.

ZASADY GEOMETRYI.

40. Ogólne własności linii prostych. *Punkt*, matematycznie rzecz biorąc, nie posiada żadnych wymiarów. Jeżeli ten punkt znajdować się będzie w ruchu, to ślad jaki za sobą zostawia, nazywać będziemy *liniją*. Linije więc tworzą się w skutek ruchów punktu. Jeżeli punkt w czasie ruchu nie zmienia swojego kierunku, to powstaje wtedy *linija prosta*. Jeżeli ten punkt ruchomy zmienia kierunek od czasu do czasu, to wtedy powstaje *linija łamana*. Jeżeli te chwilki czasu będą nieskończenie małemi, wtedy punkt w ruchu będący, utworzy *liniję krzywą*. Widzimy więc jasno, że linija ma tylko jeden wymiar *długości*, t. j. że linija jest tylko długa.

41. Jeżeli zaś linija porusza się w jednym kierunku, ale nie w kierunku swoim własnym, to utworzy wtedy *płaszczyznę*. Płaszczyzna więc powstaje w skutek ruchu linii prostéj i posiadać musi dwa wymiary: *długość* i *szerokość*; gdyż długą jest sama linija, a w skutek jéj ruchu, powstaje jéj drugi wymiar, t. j. *szerokość*.

42. Jeżeli dwie linije proste nachylone są ku sobie, jak CE i EB (Fig. 1), utworzą wtedy kąt CEB. Kąt wymawia się trzema literami czyli głoskami. Najprzód czyta się głoskę przy końcu jednego ramienia, dalej przy wierzchołku, a następnie przy końcu drugiego ramienia. Spotkanie się dwóch linii, nazywa się *wierzchołkiem kąta*. Jeżeli kilka kątów mają wierzchołek wspólny, czyta się kąty trzema głoskami; jeżeli kąt jest jeden, dość jest przeczytać głoskę przy wierzchołku. Często na oznaczenie kąta wpisuje się wewnątrz tegoż kąta małą głoskę, jak na figurze 1-széj v i x. Na téj figurze linije proste AB i CD przecinające się z sobą w punkcie E tworzą cztery kąty: AED lub x, DEB, BEC lub v, i AEC.

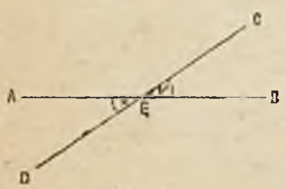


Fig. 1.

43. Jeżeli linija DC (Fig. 2) spotyka się z drugą AB w taki sposób, że obiedwie tworzą z sobą kąty równe, to kąty takie nazywają się *prostymi*, a linija DC będzie do linii AB *prostopadłą*. Linija więc prostopadła jest liniją taką, która z drugą liniją tworzy kąty równe, t. j. *proste*.

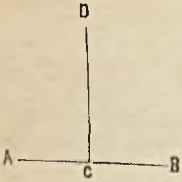


Fig. 2.

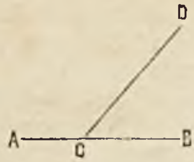


Fig. 3.

Jeżeli jednak linija DC (Fig. 3) spotyka się z drugą AB w taki sposób, że tworzą z sobą kąty nierówne, to takie kąty nazywają się *przyległe*, i jeden z nich DCB jest mniejszy od kąta prostego, zaś kąt ACD jest większy od kąta prostego. Kąt ACD nazywa się kątem *rozwartym*, a kąt BCD nazywa się kątem *ostrym*. Kąt więc rozwarty jest wtedy, kiedy jest większym od kąta prostego; a kąt ostry nazywa się wtedy, kiedy jest mniejszym od kąta prostego. Nakoniec widzimy z figury 3-ciéj, iż obadwa kąty przyległe ostry i rozwarty, razem tworzą dwa kąty proste; dla tego mówi się zwykle, że dwa kąty przyległe są wtedy, gdy tworzą dwa kąty proste.

44. Miara kątów. Ponieważ liczba kątów może być nieskończenie wielka, przeto zachodzi czasami potrzeba nauczyć się ich mierzyć. W tym celu używać się zwykło linii krzywéj, która się *kołem* nazywa.

Koło tworzy się w sposób następujący. Wyobraźmy sobie liniję niegiętką i nierozciągliwą OA (Fig. 4), któréj jeden punkt O jest stale umocowany, a drugi A obraca się około pierwszego dotąd, dopóki nie utworzy linii zamkniętéj $ABCDE$, która się *kołem* nazywa. Punkt O nazywa się *środkiem* koła, linija $OA = OB$ zowie się *promieniem* koła; linija $AO + OD = AD$ zowie się *średnicą* koła. Średnica więc równa się dwom promieniom koła. Cały obwód koła dzieli się na *360* części; a każda taka cząstka nazywa się *stopniem* lub *gradusem*. Każdy stopień zawiera w sobie *60* cząstek, które się zowią *minutami*. Każda minuta dzieli się na *60 sekund*.

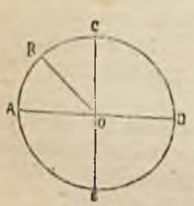


Fig. 4.

Widzimy więc, że stopień jest 360-tą częścią obwodu koła; że minuta jest 60-tą częścią stopnia, a sekunda 60-tą częścią minuty. Temi to stopniami, minutami oraz sekundami zwykle mierzą się kąty. Każde koło o większéj lub mniejszéj średnicy dzieli się na 360 stopni; ztąd wypada, że stopnie koła większego są większe, a koła mniejszego są mniejsze.

45. Mierzenie kątów za pomocą stopni, minut i sekund odbywa się w sposób następujący: Jeżeli np. mamy kąt BAC (Fig. 5) dany, którego miary szukamy, w tym celu używamy cyrkla (krężlca), którego jedną nóżkę ustawiamy w samym wierzchołku kąta A, a drugą nóżką zataczamy łuk CB dowolnym promieniem $AC = AB$. Liczba stopni, minut i sekund zawartych w łuku BC jest miarą kąta A.

Fig. 5.

Jeżeli kąt BAC (Fig. 6) jest kątem prostym, wtedy podobnie jak wyżéj promieniem dowolnym $AB = AC$ zataczamy łuk BC z punktu A, a łuk BC będąc czwartą częścią obwodu koła, będzie oczywiście w sobie zawierał $^1/_4$ część 360 stopni, czyli 90 stopni. Każdy więc kąt prosty zawiera 90 stopni. Ponieważ nakoniec widzimy, że kąt ostry BAC (Fig. 5) ma łuk mniejszy od 90 stopni, kąt zaś rozwarty BAC (Fig. 7) ma łuk większy od 90 stopni, dla tego ze względu na miarę kątów, daje się następujące wyprowadzić prawidło:

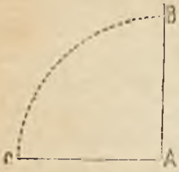


Fig. 6.

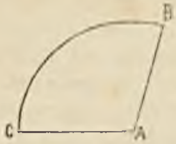


Fig. 7.

1° Kąt ostry jest mniejszy od 90 stopni.

2° Kąt prosty równa się 90 stopni.

3° Kąt rozwarty jest większy od 90 stopni.

Pospolicie stopnie, minuty i sekundy oznaczają się następującymi znakami: (°), ('), ("), a zatém np. 40° 15' 30" czytać należy: czterdzieści stopni, piętnaście minut i trzydzieści sekund.

Mówiliśmy wyżéj, że takie kąty są przyległymi, które tworzą z sobą dwa kąty proste; zatém kąty przyległe równają się 180°.

46. Kąty v i x (Fig. 1) nazywają się kątami *wierzchołkiemprzeciwległymi* i są sobie zawsze równe. Bo biorąc pod uwagę kąt rozwarty AEC, to takowy tak z kątem v jak z kątem x tworzy dwa kąty przyległe, które czynią 180 stopni; będzie więc:

$$AEC + v = AEC + x,$$

że zaś $AEC + v = 180°$ i $AEC + x = 180°$, zatém $v = x$; co było do okazania.

47. Linije AB i CD (Fig. 8) nakreślone obok siebie w pewnéj odległości, jak najdaléj przedłużone, jeżeli się z sobą nie spotkają, nazywają się linijami *równoległemi.* Takie linije równoległe, przecięte trzecią ukośną EF, utworzą z nią następujące kąty:

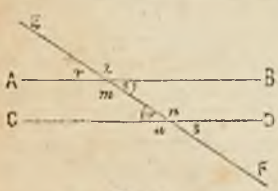


Fig. 8.

1° *Naprzemianległe wewnętrzne* np. x i v, tudzież m i n. Mają one dla tego takie nazwisko, że leżą wewnątrz linii równoległych AB i CD a naprzemian względem linii siecznéj EF. Kąty x i v tudzież m i n są sobie równe.

2° *Naprzemianległe zewnętrzne,* jak r i s, tudzież z i u i te kąty są sobie równe, t. j. $r = s$, $z = u$.

3° *Jednostronne wewnętrzne,* jak m i v, tudzież x i n.

4° *Jednostronne zewnętrzne* jak r i u, tudzież z i s.

Kąty pod 3° i 4° są równe po 180° czyli po dwa kąty proste. To jest $m + v = 180°$, $x + n = 180°$; jak również $r + u = 180°$, $z + s = 180°$. Co jest łatwo dowieść.

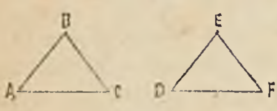


Fig. 9.

48. Trójkąt. Jeżeli 3 linije proste, przecinają się w trzech punktach z sobą, tworzą wtedy figurę, która się nazywa *trójkątem.* Figura więc 9-ta ABC zowie się trójkątem. Widzimy, że w trójkącie na 3 rzeczy uważać trzeba:

1° Na 3 boki: AB, AC, BC.

2° Na 3 kąty: A, B, C.

3° Na powierzchnię tymi bokami zamkniętą.

Ze względu na boki, są trzy rodzaje trójkątów:

1° Równoboczny, kiedy wszystkie 3 boki są jednéj długości.

2° Równoramienny, kiedy 2 boki są sobie równe, a trzeci innéj długości.

3° Różnoboczny, kiedy wszystkie 3 boki są różnéj długości.

Ze względu zaś na kąty, dadzą się trójkąty również na trzy rodzaje podzielić:

1° Trojkąt prostokątny, mający jeden kąt prosty, a dwa ostre.

2° Trójkąt ostrokątny, mający wszystkie 3 kąty ostre.

3° Trójkąt rozwartokątny, mający 2 kąty ostre, a jeden rozwarty.

49. Przystawanie trójkątów. Dwa trójkąty będą równe wtedy, jeżeli położone na sobie, zupełnie do siebie przystaną. Samo z siebie się rozumie, że takie dwa trójkąty muszą mieć po trzy boki i po trzy kąty sobie równe. Jeżeli zaś chcemy dowieść równość dwóch trójkątów, to musimy wprzódy dowieść w nich te sześć rzeczy równych. Dostateczném jednak będzie dowieść tylko trzy rzeczy w jednym i w drugim, — ale w takim razie pomiędzy dwoma kątami musi być jeden bok, lub pomiędzy dwoma bokami musi być jeden kąt. Weźmy np. dwa trójkąty ABC i DEF (Fig. 9), które mają być sobie równe, to dostatecznie będzie tutaj dowieść, że bok $AC = DF$, że kąt $A = D$ i kąt $C = F$, a jeżeli te dwa trójkąty w taki sposób położymy na sobie, że punkt A padnie na D, a C na F możemy być pewni, że te dwa trójkąty przystaną do siebie.

Możemy także dowieść, że dwa trójkąty przystaną do siebie, jeżeli dowiedziemy wprzódy, że bok $AC = DF$, dalej $BC = EF$ i kąt $C = F$ gdyż położywszy te dwa trójkąty na sobie tak aby C padło na F, bok AC poszedł po boku DF, to i BC pójdzie po boku EF i te dwa trójkąty przystaną do siebie.

50. Podobieństwo trójkątów. Jeżeli poprowadzimy w trójkącie ABC (Fig. 10) linię DE równoległe do AC, powstaną ztąd dwa trójkąty: ABC i DBE, których kąty są sobie równe, ale boki nie są sobie równe. Albowiem widzimy, że kąt B jest dla obu trójkątów wspólny, kąt E równy C, kąt D równy A. Takie trójkąty nazywają się *podobne*.

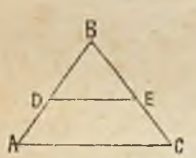


Fig. 10.

W dwóch trójkątach podobnych boki leżące na przeciwko kątów równych, są względem siebie proporcyonalne. I tak:

$$BD : BA = BE : BC \quad \text{lub}$$
$$BD : BA = DE : AC \quad \text{lub}$$
$$BE : BC = DE : AC.$$

To jest BD jest taką częścią BA, jaką częścią jest BE względem BC i t. d. Te proporcye są niezmiernie ważne do wynalezienia boku niewiadomego, jeżeli trzy są wiadome. Przypuśćmy np. że w ostatniéj proporcyi, bok DE jest niewiadomy, to znajdziemy go w sposób już nam powyżéj podany:

$$BE : BC = x : AC, \quad \text{zkąd}$$
$$x = \frac{BE \times AC}{BC}.$$

51. *W każdym trójkącie summa wszystkich trzech kątów równa jest 180 stopni czyli dwom kątom prostym.*

Aby tego dowieść, niechaj będzie trójkąt ABC (Fig. 11), w którym przedłużmy bok CA do D, a z punktu A poprowadźmy równoległą AE od BC; ztąd powstaną trzy kąty m, n i r, które jako przyległe czynią 180^0; będzie więc:

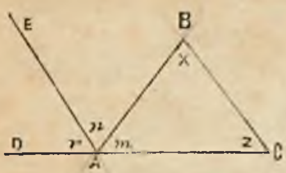


Fig. 11.

$$r + n + m = 180^0.$$

Że zaś kąt $r = z$, a kąt $n = x$, wstawiając przeto w powyższe równanie z za r, i x za n, otrzymamy:

$$z + x + m = 180^0.$$

Że zaś kąty z, x i m stanowią trzy kąty jednego trójkąta, przekonywamy się zatém, że trzy kąty każdego trójkąta są równe 180 stopniom czyli *dwom kątom prostym.*

Jeżeli w trójkącie prostokątnym, jeden z kątów ostrych jest wiadomy, łatwo jest znaleźć kąt drugi ostry, należy tylko kąt wiadomy odjąć od 90^0, a różnica będzie wartością kąta szukanego.

W trójkącie prostokątnym dwa boki obejmujące kąt prosty zowią się bokami *przyległemi* kątowi prostemu; zaś bok leżący naprzeciw kąta prostego, nazywa się *przeciwprostokątnią* lub *hypotenuzą.*

52. *W każdym trójkącie prostokątnym, kwadrat wystawiony na przeciwprostokątni, równa się summie kwadratów, wystawionych na bokach przyległych kątowi prostemu.*

Twierdzenie to nazywa się twierdzeniem *Pytagorasa*, ponieważ najpierw przez niego dowiedzioném zostało.

Niechaj będzie trójkąt ABC (Fig. 12), którego kąt przy B jest prosty. Spuściwszy prostopadłą BD na przeciwprostokątnią AC, utworzą się trzy trójkąty podobne: ABC, ABD i BDC. Porównajmy najprzód z sobą dwa trójkąty BDC i ABC, to otrzymamy następującą proporcyę:

Fig. 12.

$$DC : BC = BC : AC, \text{ zkąd}$$

$$(1) \qquad BC^2 = AC \,.\, DC.$$

Porównawszy znowu z sobą dwa trójkąty ABD i ABC, to otrzymamy drugą proporcyę:

$$AD : AB = AB : AC, \text{ zkąd}$$

$$(2) \qquad AB^2 = AC \,.\, AD.$$

Dodając równanie (1) do (2) otrzymamy:

$$AB^2 + BC^2 = AC\,(AD + DC);$$

że zaś $AD + DC = AC$, wstawiając więc tę wartość, za wartości w nawiasie będące, otrzymamy:

$$AB^2 + BC^2 = AC \,.\, AC \text{ czyli}$$

$$AB^2 + BC^2 = AC^2,$$

co było do okazania.

Fig. 13

53. Linije należące do koła. Jeżeli w kole (Fig. 13) poprowadzimy dwie średnice AC i BD prostopadle do siebie, to te nazywać się będą *średnicami głównemi.* Każda linija prosta jak EF poprowadzona z punktu E na obwodzie koła, do drugiego punktu F również na obwodzie tegoż koła, zowie się *cięciwą.* Jeżeli cięciwa przechodzi przez środek koła O, nazywa się wtedy *średnicą*, a połowa jéj *promieniem*. Linija NM dotykająca punktu D na okręgu koła, nazywa się *styczną*. Promień OD łączący środek koła z punktem zetknięcia D jest zawsze prostopadły do linii stycznéj NM. Nakoniec linija HE przecinająca okrąg koła w punkcie G, nazywa się *sieczną*.

54. Wielokąty regularne. Każda płaszczyzna zamknięta trzema, czterema, pięcioma lub więcéj równymi bokami, nazywa się *wielokątem regularnym*. Każdy wielokąt regularny można wpisać w koło. I tak $ABCD$ (Fig. 14) jest czworobokiem regularnym w koło wpisanym. W tym celu potrzeba tylko poprowadzić dwie średnice AC i BD do siebie prostopadle i końce ich A, B, C, D połączyć z sobą linijami prostemi. Pokazuje się ztąd, że bok czworokąta regularnego jest *cięciwą* dla łuku 90^0. Jeżeli więc promień koła jest dany, to łatwo znaleźć cięciwę 90^0, gdyż w trójkącie prostokątnym AOB, podług twierdzenia *Pytagorasa*, mamy:

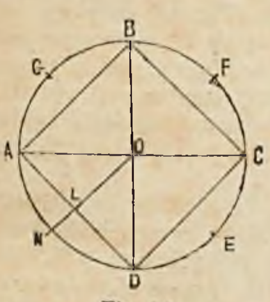


Fig. 14.

$$BA^2 = AO^2 + BO^2.$$

lub jeżli promień koła $= r$, będzie:

$$BA^2 = 2r^2, \text{ zatém } BA = r\sqrt{2}\,;$$

t. j. cięciwę 90^0 zawsze łatwo znaleźć, jeżeli promień koła pomnożymy przez $\sqrt{2}$.

Gdyby np. promień $r = 10$ stóp, to znaleźlibyśmy cięciwę 90^0:

$$BA = 10\ .\ 1,414 = 14,14 \text{ stóp.}$$

Widzimy na figurze 14-téj, że ośmiobok regularny, można w koło wpisać również bez żadnéj trudności: gdyż poprowadziwszy z środka koła do każdéj cięciwy AB, BC, CD, i AD linije prostopadłe aż do spotkania się z okręgiem koła, to łuki podzielą się na dwie równe części, a łącząc z sobą punkta A, N, D, E, C, F, B, G linijami prostemi, utworzy się tym sposobem ośmiobok regularny.

Fig. 15.

55. Osobliwszą własność posiada *sześciokąt regularny*, przedstawiony na Figurze 15-téj. Podzieliwszy obwód koła na sześć równych części i połączywszy punkta podziału linijami prostemi, otrzymamy tym sposobem sześciokąt regularny. Figura ta posiada tę własność, że boki jéj równają się promieniowi koła. Zatém promień koła jest cięciwą łuku 60^0.

56. *W każdym wielokącie summa kątów wewnętrznych równa się tylu kątom prostym, ile wynosi podwójna jego liczba boków, mniéj cztery.*

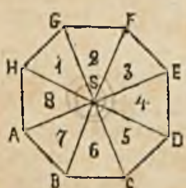


Fig. 16.

Chcąc dowieść tego twierdzenia, obieramy sobie wewnątrz wielokąta danego $ABCDEFGH$ (Fig. 16) punkt dowolny S i punkt ten łączymy ze wszystkiemi wierzchołkami kątów, przez co utworzy nam się jak w obecnéj figurze 8 trójkątów, ponieważ wielobok jest ośmiokątem. Ponieważ w 8-miu trójkątach znajduje się kątów prostych 16, a 4 z nich przy S nie należą do wieloboku, odjąwszy więc 4 od 16, zostanie się 12 kątów prostych i te właśnie stanowią wartość kątów wewnętrznych danego ośmiokąta.

Przypuśćmy że wielokąt ma n liczbę boków, zatém przez takie wykreślenie utworzy się n trójkątów, a że w każdym znajdują się $2P$ (dwa kąty proste), więc cała figura będzie ich miała $2\,n\,P$. Że zaś $4\,P$ nie należą do kątów wielokąta jako pomocnicze, przeto figura będzie miała tylko kątów prostych $(2\,n\,P - 4\,P) = (2\,n - 4)P$. Jest to wyrażenie ogólne, możemy więc weń podstawić rozmaite wartości liczebne. Dajmy na to, że $n = 38$, to jest, że wielobok ma boków 38, to liczbę kątów prostych otrzymamy: $2 \,.\, 38 - 4 = 76 - 4 = 72$.

57. *W każdym wielokącie summa kątów zewnętrznych równa się czterem kątom prostym.*

Kąty GAB, CBH, DCJ, EDK, FEA (Fig. 17) nazywają się kątami zewnętrznymi tego wielokąta. Widzimy że kątów wewnętrznych jest pięć, tak samo jak i zewnętrznych, które w summę wzięte stanowią 10 kątów prostych; że zaś kąty wewnętrzne jak z poprzedzającego twierdzenia wiadomo, stanowią 6 kątów prostych, zatém zewnętrzne stanowić muszą resztę czyli 4 kąty proste.

Fig. 17.

Weźmy teraz wzór ogólny. Przypuśćmy że wielokąt ma n liczbę boków, zatém summa kątów wewnętrznych z zewnętrznymi wynosić będzie kątów prostych $2\,n$, a że kąty wewnętrzne stanowią kątów prostych $(2\,n - 4)$, zatém odjąwszy kąty wewnętrzne od $2n$ otrzymamy: $2n - (2n - 4)$ czyli $2\,n - 2\,n + 4$ (jak nam z algebry wiadomo): że zaś ilość $2\,n$ jest ze znakiem dodatnym i ujemnym, więc się znosi i zostanie tylko 4, czyli że w każdym wieloboku summa kątów zewnętrznych równa się *czterem* kątom prostym, co było do okazania.

58. Prowadzenie prostopadłych. Może tu być kilka przypadków a mianowicie:

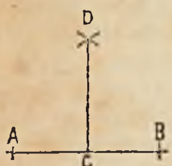


Fig. 18.

1-szy przypadek. Na linii AB (Fig. 18) jest dany punkt C, z którego mamy poprowadzić prostopadłą do tejże linii. Za pomocą cyrkla odcinamy $AC = BC$, następnie większą otwartością cyrkla jak AC z punktów A i B zataczamy dwa łuki, przecinające się w punkcie D; złączywszy punkt D z punktem C, linija $D\,C$ będzie prostopadłą do AB.

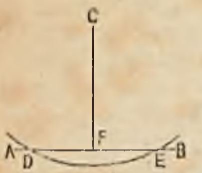


Fig 19.

2-gi przypadek. Jeżeli dany punkt C leży na zewnątrz linii AB (Fig. 19) z którego mamy poprowadzić prostopadłą na tęż linię AB, wtedy z punktu C dowolną otwartością cyrkla CD zataczamy łuk, aż do przecięcia linii AB w punkcie D. E Dzieląc teraz linię DE w punkcie F na dwie równe części i złączywszy C z F, linija CF będzie prostopadłą do AB.

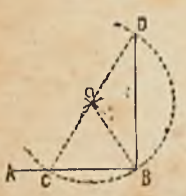


Fig. 20.

3-ci przypadek. Jeżeli z punktu A danéj linii AB (Fig. 20), mamy poprowadzić prostopadłą, postępujemy w sposób następujący: Bierze się cyrklem dowolną odległość CB i z punktu B zatacza się łuk, a z punktu C przecina się takowy. Z punktu O jako wspólnego przecięcia się tych dwóch łuków promieniem $OD = OB = CB$ zatacza się łuk CBD, przez punkta C i O prowadzi się liniję prostą aż do przecięcia się jéj z łukiem w punkcie D. Punkt D

połączywszy z punktem B, linija DB będzie prostcpadłą do linii AB, co było do rozwiązania, gdyż kąt $OBC = 60^0$, kąt $OBD = 30^0$, więc $CBD = 90^0$.

59. *Liniję prostą* AB (Fig. 21) *podzielić np. na pięć równych części.* Prowadzę z punktu A pod jakimkolwiek kątem liniję AN, przenoszę na nią, cyrklem 5 części równych dowolnie obranych, $Am = mn = no = op = pN$, łączę N z B i prowadzę do NB z punktów p, o, n i m linije równoległe pF, oE, nD, i mC, przez co linija AB w punktach C, D, E, F na pięć części równych podzieloną zostanie. Wypływa to z podobieństwa trójkątów, z porównania bowiem takowych wypada iż Am jest piątą częścią linii AN, przeto i AC musi być piątą częścią linii AB i t. d.

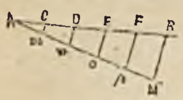


Fig. 21


Fig. 22.

60. *Znaleźć środek już nakreślonego koła.* Obieram sobie na okręgu koła trzy punkta A, B, C, (Fig. 22) i przez te punkta prowadzę dwie cięciwy AB i BC, dzielę takowe w punktach M i N na dwie równe części. Z tych punktów wyprowadzam prostopadłe Mp i Nq które się przetną w punkcie O, a punkt ten jest szukanym środkiem koła.

61. *Mając dane dwie linije* AC i BC (Fig. 23) *znaleźć trzecią średnio proporcyonalną.* Kreślę linię AB równą summie dwóch danych $AC + BC$; dzielę ją w O na dwie równe części $AO = OB$, z punktu O jako ze środka zataczam cyrklem półokręgu koła ALB, z punktu C wyprowadzam prostopadłą CL a linija ta będzie szukaną średnio proporcyonalną, gdyż $AC : CL = CL : CB$.

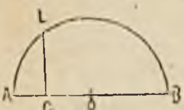


Fig. 23.

62. **Długość półokręgu koła.** Wiadomo, że im większy jest promień, którym koło zatoczóno, tym większy jest jego obwód, t. j. że obwody kół rosną w stosunku prostym swoich promieni. To jest promieniowi dwa razy lub trzy razy większemu, odpowiada téż obwód dwa lub trzy razy większy. Ztąd wypada, że gdyby nam był znany obwód jakowegoś koła, to moglibyśmy znaleźć wszystkich innych kół obwody przez proste tylko mnożenie. Téj potrzebie zaradzili już matematycy, którzy obliczyli że półokrąg koła, którego promieniem jest *1*, równa się 3,141569; t. j. jeżeli promień = 1 stopie, to półobwodu koła równa się 3 stopy i ułamek mu przyległy; całkowity więc obwód koła o promieniu = 1 stopie, będzie się równać 6,283 stóp.

Z pomocą téj liczby można teraz obliczyć obwód każdego innego koła, którego tylko promień jest dany. Przypuśćmy, że promień = 25 stóp, to znajdziemy półobwodu koła z następującéj proporcyi:

$1 : 3{,}1415 = 25 : O$ gdzie O $^1/_2$ obwodu znaczy, — zkąd
$O = 25 \times 3{,}1415 = 78{,}5375$ stóp.

Ztąd wypada, iż chcąc znaleźć $^1/_2$ obwodu jakiegokolwiek bądź koła, należy tylko promień tego koła pomnożyć przez liczbę stałą 3,1415.

Zamiast ułamku dziesiętnego 3,1415 używa się także bardzo często, szczególniéj w praktyce, ułamku zwyczajnego $\frac{22}{7}$, który z małą tylko różnicą tę samą wartość posiada. Połowa obwodu koła o promieniu 25 stóp, z pomocą ułamku zwyczajnego, wypadłaby następująca: $\frac{22}{7} \times 25 = 78{,}57$, który to rezultat różni się bardzo mało od poprzedniego, — można więc na tę różnicę całkiem nie zważać.

W matematyce ta nadzwyczaj ważna liczba 3,1415 oznacza się zwykle przez grecką literę π (pi); jeżeli więc promień jakiegobądź koła oznaczymy przez r (radius), to pół obwodu koła będzie $= \pi\, r$, a przeto całego obwodu $2\, \pi\, r$. Że zaś $2\, r$ znaczy dwa promienie czyli średnicę, którą oznaczywszy przez d, to całkowity obwód koła równa się także $\pi\, d$; t. j. całkowity obwód koła łatwo znaleźć, jeżeli liczbę stałą π pomnożymy przez jego średnicę.

63. Znając długość połowy okręgu koła, łatwo jest wyrachować długość jakiejkolwiek części łuku. Ponieważ długość pół okręgu wyrażona w stopniach $= 180^0$, a wyrażona przez promień jako jednostkę $= 3{,}14156$, oczywiście więc długość łuku jednego stopnia wyrażona w tymże promieniu, równać się będzie $\frac{3141569}{180} = 0{,}0173$, zatém dwóch stopni $= 0{,}0346$, trzech stopni $= 0{,}0519$, dziesięciu stopni $= 0{,}173$, a 30 stopni $= 0{,}519$ i t. d. Jeżeli zaś promień równa się 10, to znalezione powyżéj wartości należy tylko przez 10 rozmnożyć, aby rzeczywistą długość w długości promienia otrzymać. Długość więc łuku 30 stopni przy długości promienia 10 stóp, będzie równa 5, 19 stóp.

Ponieważ cały obwód koła $= 360^0$, a każdy stopień $= 60$ minut, każda zaś minuta $= 60$ sekund; chcąc więc znaleźć długość łuku 1 minuty wyrażoną w promieniu wziętym za jedność, łatwo to jest uskutecznić, jeżeli długość łuku jednego stopnia a mianowicie 0,0173 podzielimy przez 60, otrzymamy więc: $\frac{0{,}0173}{60}$ = prawie 0,0003; — dla minut więc np. 15 otrzymamy: $0{,}0003 \times 15 = 0{,}0045$ i t. d. Więc dla jednéj sekundy wypadnie długość łuku wyrażona w promieniu równym jedności 0,000005.

64. Elipsa. *a*) Linija krzywa zamknięta, którą Figura 24-ta przedstawia, nazywa się *Elipsą*. *Elipsa* jest to taka linija krzywa w któréj summa odległości każdego punktu na niéj wziętego od dwóch danych punktów, równa się danéj linii prostéj, t. j. $FL + LG = AB$. Dwie linije do siebie prostopadłe AB i CD, z których każda w punkcie O na dwie równe części podzielona, nazywają się *osiami* elipsy, a mianowicie: AB nazywa się osią *większą*, zaś CD osią *mniejszą*. Wziąwszy w cyrkiel połowę osi większéj OB i przecinając z punktu C lub D tą rozwartością cyrkla oś większą w punktach F i G, otrzymamy tym sposobem punkta które się *ogniskami* elipsy zowią, i z których to punktów obwód elipsy łatwo narysować się daje. Bierze się w tym celu nitkę albo sznurek długości równéj AB, na końcach téj nitki lub sznurka utwierdza się dwie szpilki lub sztyfty i zatyka się je tak, aby jeden koniec nitki znajdował się w punkcie F

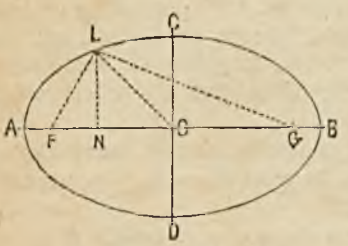


Fig. 24.

a drugi w punkcie G. Następnie wytęża się tę nitkę lub sznurek ołówkiem, tak aby ta nitka tworzyła dwa ramiona kąta FLG t. j. FL i LG i ołówkiem znajdującym się w L, dobrze i jednostajnie natężając nitkę, obwodzi się około punktu O, t. j. od A w kierunku ACB i od B w kierunku BDA; a linija tym sposobem nakreślona, będzie doskonałą elipsą. Linije FL i GL nazywają się *promieniami wodzącymi* albo promieniami palącymi elipsy, punkt zaś O zowie się jéj *środkiem*.

b) *Nakreślić elipsę gdy obie osie wielka i mała są dane.* Niechaj będzie O (Fig. 25) środkiem elipsy w którym się dwie osie przecinają ze sobą pod kątem prostym. Z punktu O zataczam dwa koła promieniami równymi połowie długości mniejszéj i większéj osi. Obwód koła większego dzielę na kilka lub kilkanaście części równych i punkta tych podziałów, p, p', p'' łączę z O t. j. środkiem elipsy. Linije te czyli promienie przetną obwód koła mniejszego w punktach q, q', q''. Z punktów p, p', p'' i t. d. prowadzę równoległe do osi DE, a z punktów q, q', q'' i t. d. równoległe od osi AB. Punkta przecięcia tych linii pionowych z poziomemi dadzą nam punkta m, m', m'' i t. d. przez które przechodzić będzie obwód elipsy $ADBE$. Chcąc znaleźć ogniska F i G bierze się w cyrkiel połowę długości osi wielkiéj i z punktu D tę odległość odcina się na osi wielkiéj AB z jednéj i z drugiéj strony punktu O; FM i MG są promieniami wodzącymi.

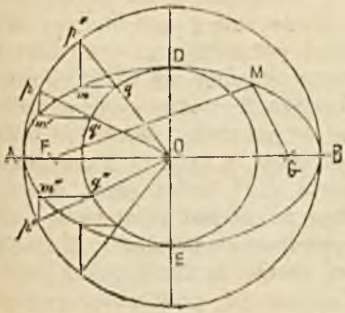


Fig. 25.

Jeżeli elipsa obróci się około swéj wielkiéj osi, to z tego obrotu utworzy się *elipsoid*. Jeżeli zwierciadło wklęsłe posiada formę elipsoidu, postawiwszy światło w jedném z jego ognisk, to promienie jego odbijając się od ścian owego zwierciadła, skoncentrują się w drugiem ognisku i utworzą w niém drugi punkt świecący.

c) *Konstrukcya elipsy za pomocą łuków, z dokładnością przybliżoną.* Niechaj będą: AB osią większą, a DE osią mniejszą szukanéj elipsy (Fig. 26). Zakreślam z punktu O promieniem OA łuk AF; dzielę DF na 3 równe części; jednę taką część odcinam od D ku G. Zakreślam promieniem OG, z punktu A i z punktu B dwa łuki, które przetną oś większą w punktach a i b; zataczam z punktów a i b dwa łuki przez A i B zkąd powstaną punkta przecięcia m, q, n, p; następnie zakreślam z punktu n promieniem nm łuk mr, to r będzie środkiem łuku mDn. Tymże samym promieniem zakreślam łuk qEp i tym sposobem otrzymujemy szukaną elipsę.

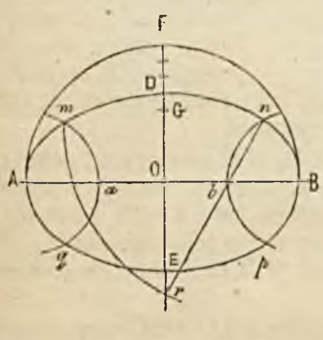


Fig. 26.

65. Parabola. Parabola jest to taka linija krzywa, na któréj każdy punkt obrany jest tak samo równo od danego punktu oddalony jak i od danéj linii prostéj.

Jeżeli A (Fig. 27) jest punktem danym, a BC liniją daną, to punkt M będzie leżał w paraboli, jeżeli prosta MA równa się prostopadłéj MQ. Dany punkt A zowie się *ogniskiem*, prosta BC *kierownicą* paraboli; prosta AM nazywa się *promieniem wodzącym* punktu M. Jeżeli z punktu A t. j. z ogniska paraboli spuścimy prostopadłą na kierownicę BC i jeżeli tę prostopadłą w punkcie O na dwie równe części podzielimy, to ten punkt O będzie równo oddalony tak od kierownicy jak i od ogniska A, będzie zatém punktem należącym do paraboli. Punkt O zowie się *wierzchołkiem*, a linija OX *osią* paraboli. Prosta EF, która przez ognisko przechodząc do osi jest prostopadłą: nazywa się *parametrem* paraboli. Możnaby z łatwością okazać, że każdy punkt wzięty zewnątrz paraboli, jest bardziéj oddalony od ogniska jak od kierownicy; i nawzajem, każdy punkt wewnątrz paraboli wzięty, leży bliżéj ogniska niż kierownicy.

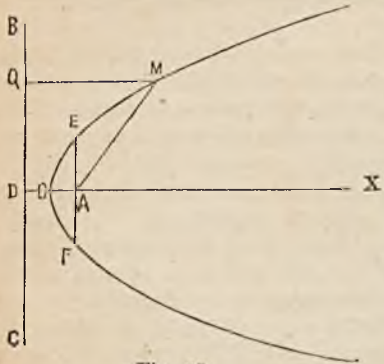


Fig. 27.

66. *Nakreślić parabolę, jeżeli są dane: kierunek jéj osi, wierzchołek i jeden z dalszych punktów tejże paraboli.* Niechaj B będzie wierzchołkiem, BD osią i A punktem danym (Fig. 28). Z punktu A spuszczam prostopadłą AD na BD i na téj ostatniéj wystawiam prostokąt $BDAE$, dzielę AE i BE na pewną liczbę części równych, prowadzę z B linije B. 1, B. 2, B. 3, i t. d., a z punktów podziału linii BE linije równoległe od osi BD, to punkta przecięcia G, m, n, A leżeć będą w paraboli.

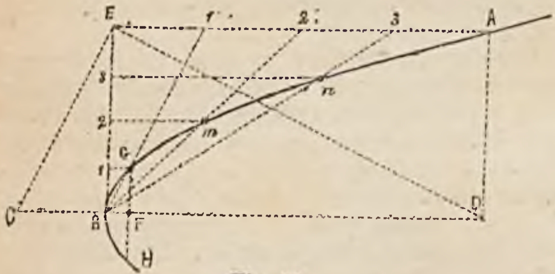


Fig. 28.

Poprowadziwszy EC prostopadle do ED i $^1/_4$ CB odcinając od punktu B na osi BD, to punkt F będzie ogniskiem paraboli. Jeżeli równoległe promienie światła padają na zwierciadło paraboliczne równoległe od osi tejże paraboli, to przez zwierciadło odbite promienie zbiorą się zawsze w jego ognisku F. Poprowadziwszy prostopadłą GH przez F do osi, to $GH = CB$ będzie długością parametru paraboli.

Powierzchnia BAD paraboli zawarta pomiędzy AD i BD oraz ramieniem paraboli $BGmnA$ równa się $^2/_3$ częściom opisanego równoległoboku $BDAE$.

W budownictwie i astronomii *elipsa* i *parabola* mają wielkie zastosowanie.

67. Cykloida. Cykloida (Fig. 29) jest to linija krzywa opisana punktem A koła AB, toczącego się po linii prostéj AC.

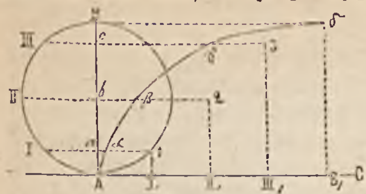


Fig. 29.

Chcąc wykreślić cykloidę, przenoszę półokręgu koła AB na linię prostą AC prostopadłą do średnicy AB. Półkole AB dzielę np. na 4 równe części, tak samo i liniję $AB_{,}$. Z punktów I, II, III i B prowadzę równoległe od AC, a z punktów $I_{,}$ $II_{,}$ $III_{,}$ $B_{,}$ prowadzę do AC prostopadłe; punkta $\alpha, \beta, \gamma, \vartheta$, będą punktami przecięcia. Biorę w cyrkiel a I i odcinam $1\,\alpha$, bII $= 2\,\beta$, cIII $= 3\,\gamma$; a przez punkta A, α, β, γ, ϑ przeprowadzona linija krzywa, będzie właśnie *cykloidą* szukaną.

Epicykloida jest to linija krzywa nakreślona punktem A, kiedy koło AB toczy się po zewnętr znym obwodzie drugiego koła.

Hypocykloida jest znowu liniją krzywą, nakreśloną punktem A kiedy koło AB toczy się wewnątrz obwodu innego koła.

Linije te używane są przy kreśleniu zębów w kołach trybowych.

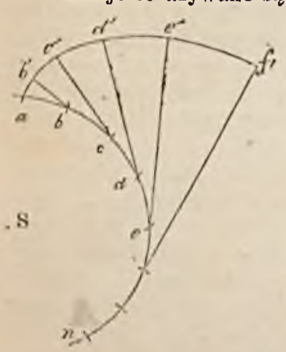


Fig. 30.

68. Nakreślić rozwijalną koła. Niechaj będzie $abcd \ldots n$ (Fig. 30) część okręgu koła. W punkcie n utwierdzam nitkę albo sznurek i nawijam takowy w stanie natężonym na okręgu koła tak, aby przeszedł przez punkta d, c, b i dosięgnął drugim końcem punktu a. Następnie odwijam powoli ten sznurek, aby w każdym punkcie b, c, $d \ldots$ stanowił styczne $b'b$, $c'c$, $d'd \ldots$ do okręgu koła. Styczna $b'b$ będzie równa łukowi $a\,b$, styczna $c'c$ będzie się równać łukowi ac, styczna $d'd$ będzie się równać łukowi ad i t. d. Przez to odwijanie nitki albo sznurka punkt a zakreśli linię krzywą $ab'c'd'e'f' \ldots$ która się *rozwijalną koła* nazywa. Punkt S jest środkiem koła. Taka linija krzywa używa się do kreślenia paluchów osadzonych na wałach drewnianych w kuźnicach żelaza, garbarniach i t. p.

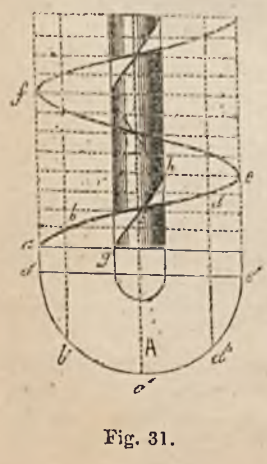


Fig. 31.

69. Nakreślić liniję i powierzchnię śrubową. Jeżeli jakiś punkt posuwa się po powierzchni walca w taki sposób, że się jednostajnie około cylindra obraca i jednostajnie równolegle z osią ciągle w górę postępuje, to punkt ten opisze *liniję śrubową* (Fig. 31). Skręt $a\,e\,f$ nazywa się *krokiem śruby*, a odległość $a\,f$ nazywa się *wysokością kroku.* Jeżeli więc podzielimy obwód walca A w rzucie poziomym, na 8 części równych, to punkt b o $^1/_8$, c o $^2/_8$, d o $^3/_8$, e o $^4/_8$ wysokości kroku, będą nad punkt a wyniesione.

Jeżeli zaś linija prosta stoi prostopadle lub ukośnie względem osi walca i jeżeli się przytém w taki sposób porusza, że się około osi obraca i jednocześnie podnosi się wzdłuż osi, wtedy linija taka opisze *powierzchnię śrubową*, również na Figurze 31-széj wyobrażoną. Granicę zewnętrzną téj powierzchni stanowi linija $abcde$, a wewnętrzną gch. Gwinty śrub zwyczajnych t. j. sworzni i muter, opatrzone są taką powierzchnią śrubową.

70. Obrachowanie powierzchni. Każdemu wiadomo, iż aby zmierzyć jakąś liniję pewnéj długości, należy do tego użyć miary podłużnéj. Tą miarą podłużną jest albo metr, łokieć, stopa, sążeń, wiorsta albo mila. Ponieważ zaś metr, łokieć, stopa lub mila, niczém inném nie są jak tylko linijami mającemi pewną długość, ztąd przeto wypływa, że linija tylko przez liniję wymierzoną być może. Mierzenie polega na tém, że liniję którą mamy zmierzyć, porównywamy z jednostką pewnéj miary długości. Jeżeli np. mówimy, że pewna linija ma długości 100 metrów lub łokci, to metr lub łokieć będą jednostkami miary i mówi się wtedy, że metr lub łokieć mieści się w linii mierzonéj 100 razy.

To samo należy rozumieć i o powierzchniach. Pewna nieznana powierzchnia, może być wymierzona przez inną powierzchnię, któréj wielkość jest znaną. Ta powierzchnia pewnéj wielkości, nazywa się jednostką miary powierzchni i jest albo metrem kwadratowym, łokciem kwadratowym, stopą kwadratową, sążniem kwadratowym albo milą kwadratową. Taką powierzchnię przedstawia Figura 32-ga, w któréj, jeżeli $AB = AD = 1$ metrowi, to $ABCD$ będzie metrem kwadratowym, jeżeli zaś $AB = AD = 1$ sążniowi, to powierzchnia $ABCD$ będzie sążniem kwadratowym.

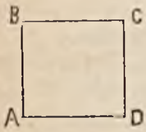


Fig. 32.

71. Powierzchnia równoległoboku. Każda taka figura nazywa się *równoległobokiem* w któréj boki naprzeciw siebie leżące nietylko są od siebie równoległe ale i sobie równe. Jeżeli wszystkie kąty równoległoboku są proste, równoległobok taki nazywa się *prostokątem* (Fig. 33). Jeżeli zaś nietylko kąty wszystkie są proste, ale i do tego boki równe, taka figura nazywa się *kwadratem* (Fig. 32). Jeżeli zaś czworobok ma dwa kąty ostre a dwa rozwarte, taka figura jest wtedy rzeczywistym *równoległobokiem* (Fig. 34).

Powierzchnia równoległoboku równa się iloczynowi z podstawy przez jego wysokość.

Aby tego dowieść, przypuśćmy że w równoległoboku $ABCD$ (Fig. 33) podstawa AD i wysokość AB są dane np. w metrach; niechaj $AB = AE + EB = 2$ metry, daléj $AD = Aa + ab + bc + cd + de + eD = 6$ metrów, poprowadziwszy EF równolegle do AD, i z punktów a, b, c, d, e poprowadziwszy równoległe od AB, tym sposobem utworzy się dwanaście powierzchni, z których każda równa się jednemu metrowi kwadratowemu, zatém cała powierzchnia równoległoboku $= 12$ metrów kwadratowych. Te dwanaście metrów kwadratowych otrzymać także można, jeżeli podstawę $AD = 6$ metrów, pomnożymy przez wysokość $AB = 2$ metry czyli $AD \times AB = 6 \times 2 = 12$ metrów kwadratowych.


Fig. 33.

To samo prawidło służy także i dla równoległoboku ukośnego $ABCD$ (Fig 34). Bo przedłużywszy bok AD i poprowadziwszy prostopadłe BE i CF utworzą się dwa trójkąty ABE i CDF któ-

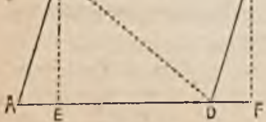


Fig. 34.

re sobie będą równe, można więc zamiast ABE podstawić trójkąt CDF, w skutek czego równoległobok ukośny $ABCD$ zamieni się na prostokąt $BEFC$. Powierzchnia tego ostatniego $= EF \times BE$, a ponieważ $EF = AD$ zatém i powierzchnia $ABCD = AD \times BE$. Zkąd widzimy, że powierzchnia równoległoboku ukośnego równa się również podstawie przez wysokość, ale tę wysokość BE wprzód wynaleźć należy. W każdym równoległoboku przekątnia BD dzieli takowy na dwa równe sobie trójkąty ADB i BDC.

72. Powierzchnia trójkąta. Niechaj będzie ABC (Fig. 35) trójkąt dany, którego mamy wynaleźć powierzchnię. Poprowadziwszy B D równolegle od AC i CD równolegle od AB, utworzy się tym sposobem równoległobok $ABDC$, którego powierzchnię podług powyższej reguły, znajdziemy mnożąc podstawę AC przez wysokość BE. Ponieważ zaś trójkąt ABC jest połową równoległoboku $ACDB$, przeto znajdziemy jego powierzchnię, jeżeli podstawę AC pomnożymy przez wysokość E B a iloczyn ztąd wypadający podzielimy przez 2. Zatém powierzchnia ABC

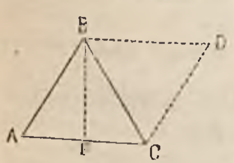


Fig. 35.

$$= \frac{AC \times BE}{2} = \frac{1}{2} AC \times BE = \frac{1}{2} BE \times AC.$$

Jeżeli trójkąt jest prostokątnym, w takim razie jeden jego bok będzie podstawą a drugi przyległy kątowi prostemu jego wysokością; należy więc w takim razie jeden bok rozmnożyć przez drugi i tego iloczynu wziąźć połowę, a iloraz będzie powierzchnią trójkąta.

Przykład. Podstawa trójkąta $= 20' 4''$, a wysokość $18' 3''$, jak wielka jest jego powierzchnia?

Ponieważ dane wymiary zawierają stopy i cale, należy więc cale zamienić na stopy w ułamku dziesiętnym, lub też stopy zamienić na cale, a po otrzymaniu powierzchni w calach kwadratowych, takowe zamienić napowrót na stopy kwadratowe. Ale dogodniejszy jest sposób pierwszy, więc go tu użyjemy. Cali $4 = \frac{4}{12}$ stopy $= 0{,}33$ stopy; cali $3 = \frac{3}{12}$ stopy $= \frac{1}{4}$ stopy $= 0{,}25$ st. Zatém powierzchnia trójkąta $= \frac{20{,}33 \times 18{,}25}{2} = \frac{371{,}0225}{2} = 185{,}5112 = 185\frac{1}{2}$ stóp kwadratowych.

73. Powierzchnia trapezu. Figura 36-ta $ABCD$ nazywa się w geometryi *trapezem*. Trapez więc jest to powierzchnia zamknięta czterema bokami, z których dwa są równoległe jak AD i BC a dwa nierównoległe jak AB i CD. Aby znaleźć powierzchnię takiej figury, prowadzę prostopadłą BE do AD, ta linija BE będzie wysokością trapezu. Prowadząc dalej BF równolegle od CD, podzielimy tym sposobem cały trapez na dwie części, z których jedna ABF będzie trójkątem, a druga $FBCD$ równoległobokiem. Powierzchnia trójkąta $ABF = \frac{AF \times BE}{2}$, a powierzchnia równoległoboku $BCDF = FD \times BE$, dodawszy do siebie te obie powierzchnie, utworzy się przez to powierzchnia trapezu:

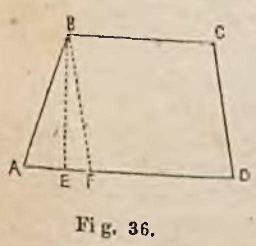


Fig. 36.

$$= \frac{AF \times BE}{2} + FD \times BE.$$

Wyrzuciwszy BE za nawias jako wspólnego czynnika w obudwóch wyrazach i sprowadziwszy oba wyrazy do wspólnego mianownika, otrzymamy:

$$BE\frac{(AF + 2FD)}{2} = BE\frac{(AF + FD + FD)}{2}.$$

Ponieważ zaś $AF + FD = AD$, a $FD = BC$, podstawiwszy zatém te wartości w powyższe wyrażenie, otrzymamy powierzchnię trapezu $ADCB = BE\frac{(AD + BC)}{2}$.

A zatém powierzchnia trapezu równa się połowie summy dwóch boków od siebie równoległych, pomnożonéj przez wysokość.

Przykład. Niechaj będzie trapez (Fig. 36) $ABCD$, w którym podstawa $AD = 25' \, 8''$, bok $BC = 15' \, 2''$, a wysokość jego $BE = 9' \, 7''$, to połowa summy boków równoległych $= \frac{25' \, 8'' + 15' \, 2''}{2} = 20' \, 5'' = 20,416$ stóp; wysokość $= 9,583$ stóp, zatém powierzchnia trapezu $= 20,416 \times 9,583 = 195,64$ stóp □.

74. Powierzchnia wielokąta regularnego. Spojrzawszy na sześciokąt $ABCDEF$ wpisany w koło (Fig. 15) widzimy, że przez przeprowadzenie promieni OA, OB, OC, OD i OF, może być takowy rozłożony na trójkąty równoboczne. Obliczywszy więc powierzchnię takiego trójkąta i pomnożywszy powierzchnię przez liczbę boków wielokąta, otrzymamy powierzchnię wielokąta regularnego. Poprowadziwszy prostopadłą ON do FE, otrzymamy powierzchnię trójkąta $FOE = \frac{FE \times ON}{2}$, następnie powierzchnia wielokąta regularnego $= 6 \, . \frac{FE \times ON}{2} = 3 \, FE \times ON$. Widzimy tutaj, że przy takiém obliczaniu powierzchni tak boki wielokąta, jako téż i promień koła muszą być wiadomo.

Przykład. Promień koła $= 8'$, mamy wynaleźć powierzchnię sześciokąta regularnego.

Ponieważ bok takiego sześciokąta równa się także stóp 8, należy więc tylko oznaczyć wysokość ON (Fig. 15), co otrzymamy z trójkąta prostokątnego FON.

$$FO^2 = FN^2 + NO^2 \quad \text{zkąd:}$$

$$NO^2 = FO^2 - FN^2, \quad \text{zatém} \quad NO = \sqrt{FO^2 - FN^2},$$

że zaś $FO = 8'$, a $FN = 4$, będziemy więc mieli:

$$NO = \sqrt{64 - 16} = \sqrt{48} = 4\sqrt{3} = 6,928,$$

zatém powierzchnia trójkąta $FON = 6,928 \times 4 = 27,712$,

a zatém powierzchnia całego wielokąta: $= 27,712 \times 6 = 166,272$ stóp □.

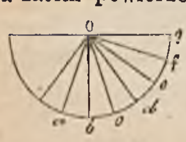


Fig. 37.

75. Powierzchnia koła. Podzieliwszy okrąg koła (Fig. 37) na tak drobne cząstki ab, bc, cd, de, ef, fg i t. d. aby każdą z nich można było uważać za linię prostą i poprowadziwszy promienie Oa, Ob, Oc, Od, Oe, Of i t. d. to ztąd utworzą się same prostokątne trójkąty, których wspólną wysokością będzie promień koła. Jeżeli więc zamiast Oa podstawimy r, to otrzymamy powierzchnie trójkątów w takim porządku: $\frac{ab}{2}.r$, $\frac{bc}{2}.r$, $\frac{cd}{2}.r$, $\frac{de}{2}.r$, $\frac{ef}{2}.r$, $\frac{fg}{2}.r$, i t. d. a dodawszy do siebie powierzchnie tych wszystkich trójkątów, otrzymamy tém samém powierzchnię całego koła:

$$\frac{r}{2}(ab + bc + cd + de + ef + fg + \ldots\ldots).$$

Widzimy tutaj, że czynnik zamknięty w nawiasie nic innego nie jest jak obwodem koła $= 2\pi r$; podstawiając więc tę wartość w powyższe wyrażenie, otrzymamy:

$$\frac{r}{2} \,.\, 2\pi r = \pi r^2 \,.\,.\,.\,.\,.\,. \quad (1)$$

to jest, że powierzchnia koła równa się kwadratowi z promienia pomnożonemu przez liczbę stałą $\pi = 3{,}1415$.

Jeżeli średnicę koła oznaczymy przez d, to $r = \frac{1}{2}d$, zatém $r^2 = \frac{d^2}{4}$, a zatém powierzchnia koła równa się także:

$$\pi r^2 = \frac{1}{4}\pi d^2 \,.\,.\,.\,.\,.\,. \quad (2)$$

Przykład. Koło ma 5 cali średnicy, jaka będzie jego powierzchnia?

Jeżeli użyjemy formuły 2-giéj, to $d = 5''$, zatém $d^2 = 25$, a $\frac{1}{4}\pi = 0{,}7853$, zatém szukana powierzchnia będzie $= 0{,}7853 \times 25 = 19{,}6325$ cali □.

Gdybyśmy użyli formuły 1-széj, to zamiast r należy podstawić $\frac{5}{2} = 2{,}5$, a ponieważ $2{,}5^2 = 6{,}25$, przeto szukana powierzchnia będzie $= 3{,}14 \times 6{,}25 = 19{,}625$ cali □ jak i poprzednio.

76. Częstokroć jest taki wypadek, że mając daną powierzchnię koła, potrzeba wynaleźć promień lub średnicę tegoż koła. W takim razie z formuł (1) i (2) możemy wynaleźć wartość na r lub d; i tak: jeżeli powierzchnię koła oznaczymy przez P, w pierwszym razie będzie:

$$r = \sqrt{\frac{P}{\pi}}, \quad \text{a w drugim razie:} \quad d = 2\sqrt{\frac{P}{\pi}}.$$

Przykład. Powierzchnia koła $= 9$ cali □, czemu się równa promień tegoż koła?

Podstawiając wartości w równanie pierwsze, będzie:

$$r = \sqrt{\frac{9}{\pi}} = 3\sqrt{\frac{1}{\pi}} = \frac{3}{\pi}\sqrt{\pi} = 1{,}69 \text{ cali},$$

a zatém średnica $d = 3{,}38$ cali.

77. Powierzchnia wycinka koła. Część powierzchni koła zamknięta dwoma promieniami AO i OB i łukiem ACB (Fig. 38) nazywa się *wycinkiem koła*. Jest tutaj widoczném, że powierzchnię wycinka można obliczyć podług tego samego prawidła, podług którego wynajduje się powierzchnia całego koła. Mówimy przeto, że powierzchnię wycinka $ACBO$ wynajdziemy, jeżeli połowę długości łuku ACB pomnożymy przez promień. Oznaczywszy przeto łuk ACB lub kąt należący do niego AOB w częściach dziesiętnych promienia przez φ, to będzie długość łuku $ACB = \varphi r$, następnie powierzchnia wycinka $= \frac{1}{2}\varphi r \,.\, r = \frac{1}{2}\varphi r^2$.

Fig. 38.

Przykład. Łuk $ACB = \varphi$, w stopniach $= 4^0$, a promień koła $r = 24$ cali, mamy znaleźć powierzchnię wycinka 45^0. Przedewszystkiém należy oznaczyć łuk 45^0 w częściach dziesiętnych promienia 1, zatém będzie:

$$\frac{\pi}{4} = \frac{3,1415}{4} = 0,7853\,.$$

a zatém powierzchnia wycinka będzie:

$$\frac{1}{2} \times 0,7853 \times 24^2 = 226,16 \text{ cali } \square\,.$$

78. **Powierzchnia odcinka koła.** Część powierzchni koła ABC (Fig. 38) zamknięta cięciwą AB i łukiem ACB nazywa się *odcinkiem* koła. Powierzchnię owego odcinka znajdziemy, jeżeli od powierzchni wycinka odejmiemy powierzchnię trójkąta równoramiennego ABO. Ponieważ powierzchnia wycinka $= \frac{1}{2}\varphi r^2$, a powierzchnia trójkąta $ABO = \frac{AB \times OD}{2}$ zatém powierzchnia odcinka będzie $= \frac{1}{2}\varphi r^2 - \frac{AB \times OD}{2}$.

Przykład. Mamy znaleźć powierzchnię odcinka zamkniętego łukiem 60^0, kiedy promień koła $= 24$ cali, to wtedy cięciwa $= r$, a $OD = \frac{r}{2}\sqrt{3}$, nakoniec $\varphi = \frac{3,1415}{3} = 1,047$; podstawiwszy te wartości w powyższą formułę, znajdziemy powierzchnię $ABC = \frac{r^2}{4}(2\varphi - \sqrt{3}) = \frac{r^2}{4} \times 0,362 = 0,09 \times r^2$; a ponieważ $r = 24$, więc powierzchnia odcinka ABC będzie

$$= 0,09 \times 24^2 = 0,09 \times 576 = 51,84 \text{ cali } \square\,.$$

79. *Znaleźć powierzchnię pierścienia zawartego między obwodami dwóch kół.*

Niechaj będą dwa koła zatoczone promieniami SB i SA (Fig. 39); przestrzeń zawarta między kołem większém a mniejszém stanowi pierścień czyli obręcz szerokości AB. Mamy znaleźć powierzchnię takiego pierścienia. Uczyniwszy promień $SB = R$, a promień $SA = r$, to powierzchnia koła większego będzie jak nam już wiadomo $= \pi R^2$, a koła mniejszego $= \pi r^2$. Że zaś powierzchnia pierścienia, jak widzimy na figurze równa się różnicy powierzchni tych kół, przeto oznaczywszy powierzchnię pierścienia przez p, będzie:


Fig. 39.

$$p = \pi R^2 - \pi r^2 = \pi(R^2 - r^2)\,.$$

To jest, że powierzchnia pierścienia równa się różnicy kwadratów z promieni, rozmnożonéj przez liczbę stałą $\pi = 3,1415$.

80. *Znaleźć powierzchnię figury ograniczonéj z jednéj strony liniją krzywą.*

Niechaj będzie (Figura 40) $ABCD$, któréj potrzeba obrachować powierzchnię. Przypuszczamy szczególny przypadek, że bok AB równoległy jest od CD, a AC prostopadły do nich; bok BD jest liniją krzywą wklęsłą, zatém figura ta nie może być uważana jako trapez, jest bowiem widocznie od niego mniejszą. W takim razie bok AC który jest zarazem wysokością téj figury, dzielę na pewną liczbę części równych, np. jak w tym wypadku na 5, tak, aby części krzywéj $Bf, fh\ldots\ldots$ uważane być mogły za linije proste. Przez punkta podziałów, prowadzę linije ef, gh, ik, lm równolegle od AB, przez co utworzy się 5 trapezów, których powierzchnię obliczam, następnie wszystkie te powierzchnie do siebie dodaję i tym sposobem otrzymam powierzchnię całéj figury $ABCD$.

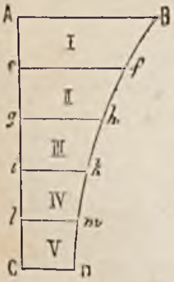


Fig. 40.

Powierzchnia figury $\mathrm{I} = Ae\left(\frac{AB+ef}{2}\right)$

„ „ $\mathrm{II} = eg\left(\frac{ef+gh}{2}\right)$

„ „ $\mathrm{III} = gi\left(\frac{gh+ik}{2}\right)$

„ „ $\mathrm{IV} = il\left(\frac{ik+lm}{2}\right)$

„ „ $\mathrm{V} = lC\left(\frac{lm+CD}{2}\right)$

Ponieważ $Ae = eg = gi = il = lC = \frac{1}{5}AC$, i mianownik 2 jest wspólny, więc $\frac{1}{5}AC$ i mianownik 2, wyrzucam za nawias, będzie więc powierzchnia figury $ABCD = \frac{AC}{10}(AB+ef+ef+gh+gh+ik+ik+lm+lm+CD)$ czyli

$$\frac{AC}{10}(2ef+2gh+2ik+2lm+AB+CD)$$

$$\frac{AC}{10}\left\{2(ef+gh+ik+lm)+AB+CD\right)$$

$$\frac{AC}{5}\left\{\left(\frac{AB+CD}{2}\right)+(ef+gh+ik+lm\right\}.$$

Powierzchnia więc téj figury równa się połowie summy dwóch boków od siebie równoległych AB i CD, zwiększonéj summą boków pośrednich ef, $gh\ldots\ldots$ i rozmnożonéj przez $\frac{1}{5}$ część wysokości AC, albowiem na 5 części podzieliliśmy ową wysokość.

81. Powierzchnia elipsy. Linija krzywa przedstawiona na Figurze 24-tej nazywa się elipsą. $AO = a$ jest połową osi większéj, $OC = b$ jest połową osi mniejszéj. Powierzchnia zamknięta tą liniją krzywą, może być łatwo znalezioną, jeżeli iloczyn z obu połów osi, pomnożymy przez liczbę stałą $\pi = 3,1415$. Zatém powierzchnia elipsy $= \pi \,.\, a\,b$.

Przykład. Jeżeli $a = 2'$, $b = 1,5'$, to powierzchnia elipsy będzie $= 3,1415 \times 2 \times 1,5 = 9,4245$ stóp □.

Powierzchnia BOC (Fig. 24) nazywa się wycinkiem elipsy i wynajduje się za pomocą następującéj formuły:

$$BOC = \frac{ab}{2} \text{ łuk wst } \frac{x}{a},$$

gdzie x liniję ON wyraża. Jeżeli $a = 2'$, $b = \frac{3}{2}$, a biorąc $x = 1$, to powierzchnia wycinka $BOC = \frac{3}{2}$ łuk wst $\frac{1}{2}$, ponieważ zaś łuk wst $\frac{1}{2} = \frac{\pi}{6}$, a $\frac{\pi}{6} = 0,5235$, zatém powierzchnia będzie $= \frac{3}{2} \times 0,5235 = 0,7852$ stóp □.

ROZDZIAŁ III.

ZASADY SOLIDOMETRYI.

---

82. Wyobraziwszy sobie płaszczyznę, przedstawiającą wielokąt o dowolnéj liczbie boków, posuwającą się w takim kierunku .że z pierwotném położeniem utworzy kąt prosty lub ostry, to taka płaszczyzna utworzy bryłę, nazywającą się w geometryi *graniastosłupem*; w pierwszym razie będzie graniastosłup *prosty*, a w drugim *ukośny*. Graniastosłup mający za podstawę trójkąt, zowie się trójboczny; mający za podstawę czworobok, nazywa się czworoboczny: mający za podstawę wielokąt, nazywa się wieloboczny. Płaszczyzny ograniczające graniastosłup nazywają się ścianami, a ściany zakończające równolegle do siebie graniastosłupy, nazywają się podstawami albo dnami. Graniastosłupy zowią się foremne, gdy stoją na wielobokach foremnych. Graniastosłup stojący na równoległoboku, zowie się równoległościanem. Przecinając graniastosłup lub równoległościan w kierunku podstawy płaszczyzną nierównoległą, będzie wtedy graniastosłup lub równoległościan krzywościęty. Wysokością graniastosłupa lub równoległościanu będzie linija mierząca odległość dwóch podstaw od siebie.

Równoległościan prosty, mający kwadrat za podstawę i wysokość równą z bokami podstawy, zowie się *sześcianem* (cubus).

Wszystkie krawędzie w graniastosłupie są od siebie równoodległe; jeżeli zatém jest jedna prostopadła do podstawy, to wszystkie są prostopadłe, a graniastosłup wtedy jest prostokątny; jeżeli jedna stoi do podstawy pochyło, wszystkie są pochyło.

W graniastosłupie prostym każda krawędź jest jego wysokością; w ukośnym wysokość jest liniją krótszą od każdéj krawędzi.

W graniastosłupie boki czyli ściany są równoległobokami; w graniastosłupie prostym są prostokątami, w krzywo ściętym trapezami.

W graniastosłupie prostym wszystkie ściany stoją na dnach prostopadle.

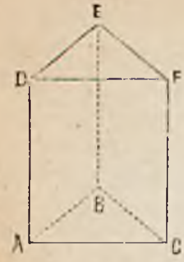


Fig. 41.

83. Graniastosłup trójścienny prosty, przedstawia (Fig. 41). Trójkąty ABC i DEF od siebie równoległe, nazywają się podstawami jego. Linija pionowa $EB = DA = FC$ zowie się wysokością graniastosłupa. Prócz tego widzimy, że graniastosłup tyle ścian posiada, ile podstawa ma boków, i że te ściany są równoległobokami.

Powierzchnia tego graniastosłupa składa się z dwóch podstaw ABC i DEF i trzech ścian bocznych $ABED$, $EBCF$ i $DFCA$. Obliczywszy więc podług powyższych prawideł powierzchnie tych pięciu figur i dodawszy je do siebie, otrzymamy powierzchnię całego graniastosłupa.

Co się zaś objętości graniastosłupa dotyczy, należy powierzchnię podstawy ABC pomnożyć przez wysokość BE, a iloczyn ztąd wypadający będzie jego objętością.

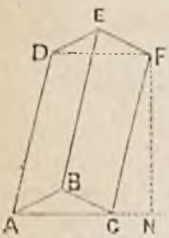


Fig. 42.

Przykład. Podstawa $ABC = 24{,}57$ cali □, wysokość zaś $EB = 34{,}5$, znaleźć objętość graniastosłupa.

Podług tego cośmy wyżéj powiedzieli, będzie:

$$24{,}57 \times 34{,}5 = 847{,}665 \text{ cali sześciennych.}$$

Graniastosłup trójścienny ukośny, przedstawia (Fig. 42), ponieważ linije AD, BE i CF z podstawą ABC tworzą kąt ostry. Jego powierzchnia równa się także iloczynowi z podstawy przez wysokość. W trójkącie ABC przedłużam bok AC, z punktu F spuszczam prostopadłą do AC, a linija FN będzie wysokością graniastosłupa. Zatém powierzchnia graniastosłupa $= ABC. \times FN$.

84. Graniastosłup czworościenny czyli równoległościan przedstawiony jest na (Figurach 43 i 44), a mianowicie (Fig. 43) przedstawia równoległościan prosty, a (Fig. 44) równoległościan ukośny. $ABCD$ i $EFGH$ są podstawami obudwóch równoległościanów; na (Figurze 43) $AE = FB$, a na (Fig. 44) GL są wysokościami równoległościanu.

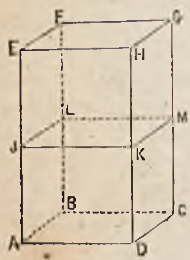


Fig. 43.

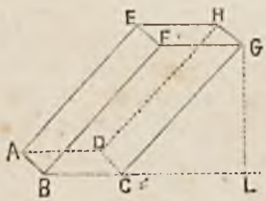


Fig. 44.

Jeżeli w równoległościanie (Fig. 43) wszystkie kąty są proste i wszystkie ściany sobie równe, to taki równoległościan $ADCBJKML$ nazywa się *sześcianem* (cubus).

Tak powierzchnia jak i objętość rzeczonych równoległościanów, wynajduje się w sposób dla graniastosłupów podany.

85. Powierzchnia i objętość walca. Wyobraźmy sobie powierzchnię kołową posuwającą się raz w kierunku prostym a drugi raz w kierunku ukośnym, w pierwszym razie utworzy się walec prosty, a w drugim razie ukośny.

Figura 45-ta przedstawia cylinder prosty, którego podstawy od siebie równoodległe AB i DE są kołami. Połączywszy środki podstaw F i C liniją prostą, to linija ta nazywa się osią walca, która to oś jest zarazem wysokością walca. Powierzchnia takiego walca składa się z dwóch podstaw i płaszcza otaczającego walec. Jeżeli promień $AC = r$, to powierzchnia koła $AB = \pi r^2$, zatém powierzchnia obudwóch podstaw $= 2\pi r^2$.

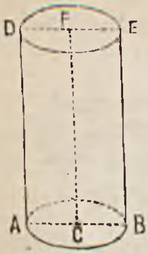


Fig. 45.

Aby powierzchnię okrągłą otaczającą walec wynaleźć, należy najprzód obliczyć obwód podstawy, który jak wiemy $= 2\pi r$; obwód ten pomnożywszy przez wysokość walca $AD = CF = w$ otrzymamy powierzchnię płaszcza danego walca $= 2\pi r \cdot w$. Powierzchnia więc całego walca będzie $= 2\pi r^2 + 2\pi r \cdot w = 2\pi r\,(r + w)$.

Przykład. Promień podstawy walca $r = 3{,}5$ cala, wysokość walca $w = 5$ stóp, obliczyć całkowitą powierzchnię walca.

Podstawiwszy te wartości w powyższą formułę, otrzymamy:

$$2 \times 3{,}14 \times 3{,}5\,(3{,}5 + 60) = 1395{,}73 \text{ cali kwadr.}$$

Objętość walca wynajduje się, mnożąc podstawę $= \pi r^2$, przez jego wysokość $CF = w$. Oznaczywszy tę objętość przez O, otrzymamy:

$$O = \pi r^2 w.$$

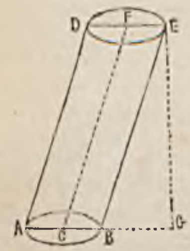


Fig. 46.

Przykład. Promień walca $= 3{,}5''$, wysokość $w = 4$ stopy, jaka jest jego objętość?

Podstawiając te wartości w powyższą formułę, otrzymamy:

$O = 3{,}14 \times 3{,}5^2 \times 48 = 1846{,}32$ cali sześciennych.

Powierzchnia i objętość walca ukośnego (Fig. 46) wynajduje się w taki sam sposób jak i walca prostego, z tą tylko różnicą, że tutaj wysokością walca nie jest jego oś CF, ale linija EG prostopadła spuszczona z jednéj podstawy DE na drugą przedłużoną AB. W takim więc przypadku oś walca CF z jego wysokością niema nic wspólnego.

86. Ostrosłup albo piramida. Ostrosłupy są to bryły mające za podstawę wielokąt, a których wierzchołki zakończają się ostro. (Fig. 47) jest piramidą trójścienną, ponieważ ma za podstawę trójkąt ABC; jeżeli ma za podstawę czworobok nazywa się piramidą czworościenną; jeżeli ma za podstawę pięciokąt, piramida nazywa się wtedy pięciościenną i t. d. Chcąc obliczyć całkowitą powierzchnię takiéj piramidy, należy obliczyć po szczególe sposobem wiadomym powierzchnię każdéj jego ściany, następnie dodać te powierzchnie do siebie.

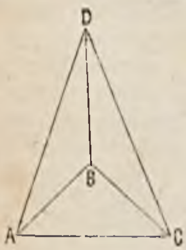


Fig. 47.

Co się objętości dotyczy, postępowanie jest następujące: Spuszcza się z wierzchołka ostrosłupa linię prostopadłą na podstawę, linija ta będzie jego wysokością. Wynajduje się powierzchnię podstawy, tę powierzchnię należy przez wysokość pomnożyć i ten iloczyn podzielić przez 3, a iloraz będzie objętością piramidy, ponieważ ostrosłup mający tę samą podstawę i tę samą wysokość co i graniastosłup, jest $\frac{1}{3}$ częścią tegoż graniastosłupa co do objętości.

Jeżeli podstawa ostrosłupa $= p$, jego wysokość $= w$, a objętość $= O$, będzie:

$$O = \frac{1}{3} p.\ w.$$

Przykład. Podstawa piramidy w Egipcie $p = 1600$ sążni □, wysokość 360 stóp $= w = 60$ sążni, jaka jest objętość owéj piramidy? Podstawiając te wartości w powyższą formułę, otrzymamy:

$$O = \frac{1}{3} \times 1600 \times 60 = 32000 \text{ sążni kubicz.}$$

87. Ostrosłup albo piramida ścięta. Jeżeli ostrosłup zetniemy w pewnéj wysokości i równolegle od jego podstawy, utworzy się przezto bryła, która się ostrosłupem ściętym nazywa. Taką bryłę przedstawia nam (Fig. 48). Ma ona przeto dwie podstawy od siebie równoległe *ABCD* i *EHGF* z których górna jest mniejszą od dolnéj. Linija prostopadła *IK* spuszczona z górnéj na dolną podstawę, jest wysokością téj bryły.

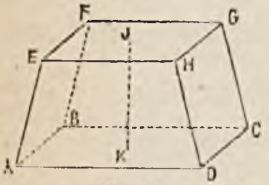


Fig. 48.

Objętość ostrosłupa ściętego wynajduje się w sposób następujący: do pierwiastku z iloczynu obydwóch powierzchni podstaw dodaje się summę powierzchni tych podstaw; tę summę dzieli się przez 3, a przez wysokość ostrosłupa mnoży. Jeżeli przeto podstawa dolna $= P$, górna $= p$, a wysokość $IK = w$, to podług tego cośmy wyżéj powiedzieli objętość ostrosłupa ściętego będzie:

$$O = \frac{w}{3} (P + p + \sqrt{P p}).$$

Przykład. Niechaj P podstawa dolna ostrosłupa ściętego $= 6$ stóp □, p podstawa górna $= 3'$ □, a w wysokość ostrosłupa $= 5$ stóp, to objętość jego będzie:

$$O = \frac{5}{3} (6 + 3 + \sqrt{6 \times 3}) = \frac{5}{3} (9 + 4{,}2426) = 22{,}071 \text{ stóp kub.}$$

88. Ostrokręg czyli stożek. Ostrokręg czyli stożek zalicza się do rzędu piramid czyli ostrosłupów, chociaż ma za podstawę powierzchnię koła. (Figura 49) przedstawia nam ostrokręg prosty, albowiem linija *D C* spuszczona prostopadle z wierzchołka *D* na podstawę *A B* trafia w jéj środek *C* i czyni z nią kąty proste. Linija ta *D C* nazywa się osią ostrokręgu i jest zarazem jego wysokością. Ponieważ podstawa *A B* jest kołem, przeto jéj powierzchnia jest znaną. Powierzchnia płaszcza ostrokręgu *A B D* dochodzi się w taki sposób, że mnoży się obwód podstawy przez długość krawędzi *A D*, a iloczyn dzieli się przez 2. Jeżeli więc promień podstawy $= r$, to jéj obwód $= 2 \pi r$, a jeżeli *AD* uczynimy $= w$, to powierzchnia całego ostrokręgu wraz z podstawą będzie:

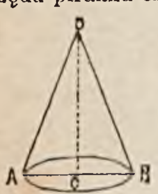


Fig. 49.

$$P = \frac{2 \pi r . w}{2} + \pi r^2 = \pi r w + \pi r^2 = \pi r (w + r).$$

Przykład. Promień podstawy ostrokręgu $= r = 5$ cali, linija boczna $AD = w = 15$ cali, jaka jest całkowita powierzchnia takiego ostrokręgu? Wstawiając wartości we wzór powyższy, będzie:

$$P = 3{,}14 \times 5 (15 + 5) = 314 \text{ cali □}.$$

Objętość ostrokręgu równa się iloczynowi z powierzchni podstawy przez wysokość, podzielonemu przez 3.

Jeżeli zatém wysokość CD (Fig. 48) oznaczymy przez w, promień podstawy przez r, a objętość przez O, otrzymamy:

$$O = \pi r^2 \frac{w}{3} = \frac{1}{3} \pi r^2 w.$$

Przykład. Wysokość ostrokręgu $w = 60$ stóp, promień podstawy $r = 5$ stóp, jaka jest jego objętość?

Podług powyższéj formuły mamy:

$$O = \frac{1}{3} \times 3{,}14 \times 5^2 \times 60 = \frac{1}{3} \times 3{,}14 \times 25 \times 60 = 1570 \text{ stóp kub.}$$

89. Ostrokręg czyli stożek ścięty. Jeżeli ostrokręg prosty w pewnéj wysokości od podstawy, zetniemy płaszczyzną równoległą od podstawy, utworzy się bryła nazywająca się *ostrokręgiem ściętym*. Taki ostrokręg przedstawia nam (Fig. 50). Linija EF spuszczona z jednéj podstawy na drugą, nazywa się wysokością tego ostrokręgu.

Fig. 50.

Powierzchnia płaszcza $ABDC$ równa się połowie summy obwodów obydwóch podstaw, rozmnożonéj przez krawędź DB. Jeżeli więc $DB = h$, $AF = R$, $CE = r$, to powierzchnia płaszcza będzie:

$$P = \pi (R + r) h.$$

Objętość ostrokręgu ściętego oblicza się zupełnie tak samo jak objętość ostrosłupa ściętego. Ponieważ powierzchnia podstawy dolnéj stożka ściętego $= \pi R^2$, powierzchnia podstawy górnéj $= \pi r^2$, zatém średnia proporcyonalna będzie $= \sqrt{\pi R^2 . \pi r^2} = \pi R r$, a zatém $O = \frac{h}{3} \pi (R^2 + R r + r^2)$,

Przykład. Gdy $h = 8$ stóp, $R = 3$ stopy, $r = 1{,}5$ stopy, jaka jest objętość stożka ściętego?

$$O = \frac{8 \times 3{,}14}{3} (9 + 4{,}5 + 2{,}25) = 131{,}88 \text{ stóp kub.}$$

90. Kula. *Wiadomości ogólne.* Obracając półkole ABC około średnicy AB nieruchoméj (Fig. 51), aż póki nie powróci do pierwszego swego położenia, takowe półkole zakreśli w przestrzeni powierzchnię krzywą, która się *kula* nazywa.

Fig. 51.

Środek półkola O jest zarazem środkiem kuli. Końce osi A i B zowią się *biegunami* kuli. Linije ze środka kuli do krzywéj powierzchni poprowadzone są *promieniami;* łączące dwa punkta powierzchni i przechodzące przez środek są *średnicami* albo *osiami*; nie przechodzące przez środek zowią się *cięciwami.*

Z linii za kulą są *sieczne* i *styczne* w podobném znaczeniu jak w kole. Każda część kuli odcięta płaszczyzną, przechodzącą przez cięciwę, zowie się *odcinkiem kuli*; a powierzchnia krzywa odcinka kuli, zowie się *pokrywą* albo *jarmułką* (Calotte). Część kuli zawarta między płaszczyznami przecinającemi się w środku kuli, i odcięta powierzchnią kuli, zowie się *wycinkiem* kuli. Koła przechodzące przez środek kuli, zowią się *kołami wielkiemi.* Wszystkie koła wielkie są sobie równe. Każde koło wielkie dzieli kulę na dwie półkule równe i przystające do siebie. Linija wyprowadzona ze środka koła wielkiego do jego płaszczyzny, przedłużona w obie strony, jest prostopadłą do wszystkich kół równoległych od koła wielkiego i przechodzi przez ich środki. Koła takie zowią się *równoleżnikami*. Dwa koła mniejsze równo oddalone od środka kuli są sobie równe i przeciwnie. Z nierówno oddalonych bliższe jest większe, dalsze mniejsze i przeciwnie.

Przecinając kulę równoleżnikami i prowadząc przez oś przechodzącą przez ich środki koła wielkie, to takowe nazywają się kołami *południkowemi*, a łuki półkolne idące od bieguna do bieguna, zowią się *południkami*. Koło wielkie do którego równoleżniki są poprowadzone i na którém koła południkowe stoją prostopadle, zowie się *równikiem* (Aequator). Powierzchnia kuli między dwoma równoleżnikami zawarta, zowie się *strefą* (Zone).

91. Jeżeli promień lub średnica kuli są wiadome, to w każdym razie łatwo jest obliczyć powierzchnię wypukłą kuli i jéj objętość. A mianowicie, powierzchnia kuli wynajduje się w sposób następujący: Szuka się powierzchni koła, którego promień równa się promieniowi kuli i bierze się tę powierzchnię *cztery razy*, a iloczyn da powierzchnię kuli. Jeżeli promień kuli $= r$, to powierzchnia koła tym promieniem zatoczonego $= \pi r^2$ a zatém powierzchnia kuli $= 4\pi r^2$. Gdyby jednak nie promień lecz średnica kuli była daną, to należy $\frac{d}{2}$ zamiast r podstawić, a tém samém zamiast $r^2 = \frac{d^2}{4}$, a zatém powierzchnia kuli $= \frac{d^2}{4} \cdot 4\pi = \pi d^2$. To jest powierzchnia kuli równa się kwadratowi z średnicy, rozmnożonemu przez liczbę stałą $\pi = 3{,}1415 = \frac{22}{7}$.

Przykład. Jeżeli średnica kuli $d = 30$ cali, jak wielka jest jéj powierzchnia?

Podług poprzedniéj formuły powierzchnia kuli $= 30^2 \times \frac{22}{7}$, lub $900 \times \frac{22}{7} = 2726$ cali $\square$. Co się zaś objętości kuli dotyczy, to ta wynajduje się w sposób następujący: Mnoży się powierzchnię kuli przez $\frac{1}{3}$ część promienia téj kuli, a iloczyn równa się objętości kuli. Jeżeli przeto r jest promieniem kuli, to jéj powierzchnia $= 4\pi r^2$, a zatém objętość podług wyżéj podanéj reguły $= 4\pi r^2 \cdot \frac{r}{3} = \frac{4}{3}\pi r^3$. Że zaś $\frac{4}{3}\pi = \frac{4}{3} \cdot 3{,}1415 = 4{,}188$, przeto objętość kuli $= 4{,}188 \cdot r^3$; t. j. objętość kuli równa się sześcianowi z jéj promienia, rozmnożonemu przez liczbę stałą 4,188.

Przykład. Promień kuli $r = 10$ cali, jaka jest objętość kuli?

$r^3 = 10 \cdot 10 \cdot 10 = 1000$, zatém objętość kuli $= 1000 \times 4{,}188 = 4188$ cali sześciennych.

Przykład. Koło wielkie czyli *równik* kuli ziemskiéj, podzielony jest na 360 stopni, każdy stopień $= 15$ mil geograficznych, czyli cały obwód kuli ziemskiéj na równiku $= 5400$ mil geograficznych; jaki jest promień kuli ziemskiéj, jéj powierzchnia i objętość?

Wynajdziemy promień z formuły $2\pi r = 5400$; zkąd $r = \frac{5400}{2\pi} = \frac{5400}{6{,}28} = 860$ mil geograficznych. Mając promień, łatwo jest wynaleźć powierzchnię i objętość kuli ziemskiéj w milach geograficznych.

$P = \pi d^2 = 3{,}14 \times 1720^2 = 3{,}14 \times 2958400 = 9{,}289{,}376$ mil □ (Powierzchnia).

$O = 4{,}188 \,.\, r^3 = 4{,}188 \times 860^3 = 4{,}188 \times 636056000 = 2{,}663{,}802{,}528$ mil sześciennych (Objętość kuli ziemskiéj).

92. Objętość kuli wewnątrz pustéj. Przekrój pionowy kuli wewnątrz pustéj, przedstawia nam (Figura 52). Niechaj $On = R$ promieniowi zewnętrznemu, a $Om = r$ promieniowi wewnętrznemu czyli promieniowi przestrzeni pustéj albo wydrążonéj.

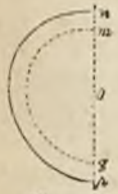


Fig. 52.

Objętość kuli pełnéj $= \frac{4}{3}\pi R^3$, a objętość kuli pustéj $\frac{4}{3}\pi r^3$, odejmując kulę pustą od pełnéj, otrzymamy objętość kuli wewnątrz pustéj:

$$= \frac{4}{3}\pi R^3 - \frac{4}{3}\pi r^3 = \frac{4}{3}\pi (R^3 - r^3).$$

Ponieważ zaś $R^3 - r^3 = (R^2 + Rr + r^2)(R - r)$, a że $R - r = d$ czyli grubości skorupy, przeto objętość jéj będzie jeszcze

$$= \frac{4}{3}\pi d (R^2 + Rr + r^2) = \frac{d}{3}(4\pi R^2 + 4\pi Rr + 4\pi r^2).$$

Ponieważ czynnik $\frac{4\pi R^2 + 4\pi Rr + 4\pi r^2}{3}$ przedstawia średnio proporcyonalną powierzchnię kuli, przeto wyciągnąć można ztąd taką regułę: Wynajduje się objętość kuli wewnątrz pustéj, mnożąc średnio proporcyonalną powierzchnię kuli przez grubość skorupy; to jest objętość pustéj kuli

$$= d\left(\frac{4\pi R^2 + 4\pi Rr + 4\pi r^2}{3}\right).$$

Przykład. Przy bombie 60 funtowéj znaleziono: że $R = 10''$, $r = 9''$, $d = 1''$; jak wielką była objętość téj kuli? Ponieważ $4\pi = 12{,}57$, przeto: $R^2 + Rr + r^2 = 100 + 90 + 81 = 271$, a zatém objętość była: $12{,}57 \,.\, 271 = 3406{;}47$ cali sześciennych.

Objętość odcinka kuli DCB (Figura 51) będzie:

$$O = \pi \,.\, w^2 \left(r - \frac{1}{3} w\right),$$

gdzie w oznacza BE t. j. wysokość odcinka DBC.

Objętość wycinka kuli DOC (Fig. 51), będzie:

$O = \frac{2}{3} r^3 \pi \,.\, w.$; gdzie w oznacza wysokość BD pokrywy DCB.

93. Objętość rury czyli walca wewnątrz pustego. Taką rurę czyli walec wewnątrz pusty, przedstawia (Figura 53), gdzie $Ob = R$ promieniowi zewn., $Oa = r$ promieniowi wewn., a $ba = g = R - r$ czyli grubości ściany danego walca; w końcu $bF = d$ długości rury czyli walca, Objętość téj rury znajdziemy, jeżeli jéj przekrój pionowy pomnożymy przez długość. Aby zaś przekrój pionowy obliczyć, należy powierzchnię koła mniejszego o promieniu Oa, odjąć od powierzchni koła większego o promieniu Ob, a zatém będzie:

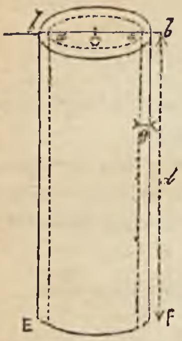


Fig. 53.

$$\pi R^2 - \pi r^2 = \pi (R^2 - r^2).$$

Jeżeli zaś ten przekrój pomnożymy przez d, to jest przez długość rury, otrzymamy jéj objętość:

$$O = \pi (R^2 - r^2) d,$$

że zaś $(R^2 - r^2) = (R + r)(R - r)$, a $(R - r) = g$ otrzymamy więc ostatecznie objętość rury:

$$O = \pi \,.\, g \,.\, d\,(R + r).$$

Przykład. Rura żelazna ma promień zewnętrzny $R = 6''$, wewnętrzny $r = 5{,}5''$, długość zaś $d = 5'$. Jaka będzie jéj objętość?

$g = R - r = 0{,}5$ cala, więc objętość będzie:

$O = 3{,}141 \times 0{,}5 \times 60 \times 11{,}5 = 1083{,}3$ cali sześc.

94. Objętość beczek. Uważając beczkę jako walec, którego średnica D jest wartością średnią między największą i najmniejszą średnicą beczki, to jest d' i d, to objętość jéj będzie

$O = \frac{\pi}{4} D^2 \,.\, W$, gdzie W oznacza wysokość beczki zaś $\frac{\pi}{4} = 0{,}7854$.

Jeżeli wypukłość beczki jest wielka, wtedy $D = d + 0{,}67\,(d' - d)$
„ „ „ średnia, wtedy $D = d + 0{,}60\,(d' - d)$
„ „ „ mała wtedy $D = d + 0{,}55\,(d' - d)$.

Przykład. Jaka jest objętość beczki, w któréj średnica dna dolnego $d = 0{,}5$ metra, średnica w środku $d' = 0{,}55$ m. a wysokość $W = 0{,}6$ m.?

$D = 0{,}5 + 0{,}67\,(0{,}55 - 0{,}5) = 0{,}5335$ m. Zatém:

$O = 0{,}7854 \times (0{,}5335)^2 \times 0{,}6 = 0{,}13413$ metra sześciennego.

95. Największe i najmniejsze wartości *(maxima i minima).* Pomiędzy wszystkiemi prostokątami o téj saméj powierzchni, kwadrat ma najmniejszy obwód. Pomiędzy wszystkiemi figurami płaskiemi, ten sam obwód mającemi, koło zawiera największą powierzchnię.

Pomiędzy wszystkiemi graniastosłupami prostokątnymi o jednakiéj powierzchni, sześcian czyli kostka, zawiera największą objętość. Pomiędzy wszystkiemi bryłami tejże saméj objętości, kula ma najmniejszą powierzchnię. Pomiędzy wszystkiemi walcami tejże saméj objętości, ten ma najmniejszą powierzchnię, którego wysokość i średnica są sobie równe.

ROZDZIAŁ IV.

ZASADY TRYGONOMETRYI PŁASKIÉJ.

---

96. Zadanie téj nauki. Wyraz *Trigon* oznacza trójkąt, a zatém *Trygonometrya* znaczy *mierzenie trójkątów*. Każdemu wiadomo, że trójkąt złożony jest z sześciu części, to jest z trzech boków i trzech kątów. Jeżeli z tych sześciu części są trzy wiadomemi, to drugie trzy niewiadome, dadzą się zawsze wynaleźć za pomocą rachunku. Sposób w jaki się tego rodzaju rachunek odbywa, podaje Trygonometrya. Należy nadmienić, że pomiędzy trzema wiadomemi częściami, przynajmniéj jeden bok musi być dany, gdyż trzy kąty same wyrażają nie jeden ale nieskończenie wielką ilość trójkątów.

Jeżeli chcemy z trzech wiadomych części, trzy niewiadome obliczyć, musimy do tego rachunku wprowadzić trzy owe wiadome części; ponieważ zaś takowe są częścią bokami a częścią kątami, zatém ilościami niepodobnemi, konieczną przeto jest rzeczą uczynić te ilości przedewszystkiem podobnemi, co zaś uskutecznić się daje, za pomocą tak zwanych *funkcyi trygonometrycznych*. Funkcya zaś trygonometryczna niczém inném nie jest, jak tylko liniją prostą miejsce kąta zastępującą, jak to niżéj obaczymy.

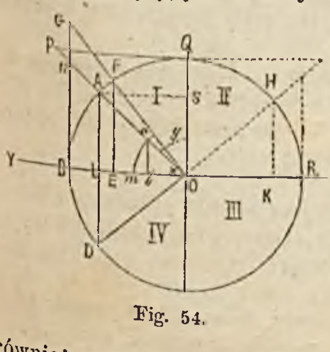


Fig. 54.

97. W tym celu biérzemy dowolny kąt $POY = x$ (Figura 54) i na ramieniu PO bierzemy również dowolny punkt A, z którego spuszczamy prostopadłą AL na drugie ramię YO. Z punktu O jako ze środka zatoczmy łuk AB promieniem AO, to łuk AB będzie miarą kąta x. Widzimy tutaj, że długość linii AL zależy od wielkości kąta x; jeżeli bowiem przypatrzymy się dobrze kątowi większemu FOB, uczyniwszy $OF = OA$, zatoczywszy łuk FB i spuściwszy prostopadłą FE, widzimy, że taż prostopadła FE jest większą od AL, ponieważ kąt FOB jest również większy od kąta AOB. Ta więc linija prostopadła zależną jest od wielkości kąta, a zatém jest jego *funkcyą*, i linija ta zastąpić może miejsce kąta naprzeciwko niéj leżącego.

Widzimy daléj, że linija prostopadła AL stanowi pewną część promienia AO. Jeżeli więc ten stosunek $\frac{AL}{AO}$ nazwiemy *wstawą* (sinus) kąta x, to w takim razie otrzymamy: $\frac{AL}{AO} = \text{wst}\, x$.

Jeżeli znowu na ramieniu OP weźmiemy inny punkt a, promieniem Oa zatoczymy łuk am, i z punktu a spuścimy prostopadłą al, to również otrzymamy: $\frac{al}{aO} = \text{wst}\, x$,

dla tego, że trójkąty ALO i alO są sobie podobne. Ponieważ tutaj widzimy, że ten stosunek nie jest od wielkości promienia zależnym, bo jakkolwiek będzie on wielkim, stosunek ten pozostaje niezmiennym, będzie przeto najkorzystniéj uczynić ten promień $AO = 1$, a w takim razie powyższe wyrażenie zamieni się na następujące: $AL = \text{wst}\, x$,
to jest jeżeli z wierzchołka O danego kąta, promieniem AO zatoczymy łuk AB. z punktu A spuścimy prostopadłą AL na drugie ramię tegoż kąta, to ta prostopadła nazywać się będzie wstawą kąta x albo łuku AB i ta prostopadła musi być zawsze ułamkiem właściwym, ponieważ $AO = 1$. Przedłużając łuk AB oraz prostopadłą AL dopóki się z sobą nie spotkają w punkcie D, to cięciwa $AD = 2AL$, zatém $AL = \frac{AD}{2}$, a kąt $AOD = 2AOB = 2x$, zkąd $x = \frac{AOD}{2}$, t. j. wstawa równa się połowie cięciwy łuku dwa razy większego.

98. Już eśmy to wyżéj widzieli, że linija prostopadła AL, czyli co na jedno wychodzi, że wstawa kąta x od wielkości łuku AB zawisła; jeżeli zatém ten łuk się zmienia, musi się zmieniać i wstawa doń należąca; jeżeli zatém łuk $AB = x$ maleje, to i jego wstawa maleć musi, a jeżeli łuk AB zupełnie znika, musi także zniknąć i wstawa do niego należąca. Mamy więc:

$$\text{wst}\, 0 = 0.$$

Jeżeli zaś zwiększa się łuk AB, widocznėm jest, że i jego wstawa rosnąć musi, wszelako to zwiększanie się wstawy w punkcie Q ma swoją granicę, gdzie $BQ = 90^0$, a wtedy wstawa równa się linii QO, czyli promieniowi, a zatém:

$$\text{wst}\, 90^0 = 1,$$

to jest wstawa kąta prostego, równa się promieniowi. Jeżeli łuk zwiększa się ciągle i przechodzi za punkt Q t. j. po za 90^0 i dosięgnie np. punktu H, wtedy jego wstawa $= HK$, zkąd się pokazuje, że wstawa przeszedłszy 90^0 maleje, a w punkcie R t. j. przy 180^0 znowu znika, mamy więc:

$$\text{wst}\, 180^0 = 0.$$

99. Linija LO (Fig. 54), która również jest częścią promienia i któréj długość zależną jest również od wielkości kąta x, stanowi także funkcyę trygonometryczną i linija ta nazywa się *dostawą* (cosinus). Dostawa więc kąta albo łuku zawarta jest między wstawą i środkiem koła.

Jeżeli głębiéj zastanowimy się nad naszą figurą, dostrzeżemy znowu, że ta funkcya nietylko nie zwiększa się z łukiem, ale przeciwnie maleje, a ze zmniejszaniem się łuku dostawa się zwiększa. Jeżeli więc łuk zupełnie znika, wtedy dostawa staje się promieniem czyli $OB = 1$, a tém samém mamy:

$$\text{dos}\, 0 = 1.$$

Jeżeli łuk zwiększy się aż do 90^0, wtedy jego dostawa znika, a w $90^0 = 0$; mamy więc:

$$\text{dos } 90^0 = 0.$$

Jeżeli łuk zwiększa się po za 90^0, zwiększa się i jego dostawa, a przy 180^0 będzie równą promieniowi, ale ze znakiem ujemnym, albowiem promień OR na którym liczą się dostawy, w kierunku OB ma położenie przeciwne. Będzie więc:

$$\text{dos } 180^0 = -1.$$

Jeżeli jest daną wstawa jakiegokolwiek kąta albo łuku, łatwo jest wynaleźć rachunkiem dostawę owego kąta. Gdyż w trójkącie prostokątnym ALO (Fig. 54) na zasadzie twierdzenia *Pytagorasa* mamy $AO^2 = AL^2 + LO^2$. Że zaś $AL = \text{wst } x$, $LO = \text{dos } x$, a $AO = 1$, przeto:

$$(1) \qquad 1^2 = \text{wst}^2 x + \text{dos}^2 x.$$

to jest kwadrat z wstawy, więcéj kwadratem z dostawy tego samego kąta, jest zawsze równy kwadratowi z promienia. Z tego ostatniego równania, możemy otrzymać dwa następujące:

$$(2) \qquad \text{wst } x = \sqrt{1 - \text{dos}^2 x} \quad \text{i}$$

$$(3) \qquad \text{dos } x = \sqrt{1 - \text{wst}^2 x}.$$

Z tych formuł widzimy, że jeżeli jedna z funkcyi wstawa lub dostawa jest dana, druga z łatwością przez rachunek wynalezioną być może.

Przykład. Wiadomo nam z geometryi, że cięciwa 60 stopni równa się promieniowi, to jest $= 1$; a podług powyższéj definicyi wiemy, że wstawa jako równa połowie promienia, będzie wstawą 30^0; będzie więc:

$$\text{wst } 30^0 = \frac{1}{2} = 0,5.$$

Chcąc zaś dostawę 30^0 wynaleźć, należy tylko w równanie (3) podstawić zamiast wstawy jéj wartość, będzie więc:

$$\text{dos } 30^0 = \sqrt{1 - \frac{1}{4}} = \sqrt{\frac{3}{4}} = \frac{1}{2}\sqrt{3} = 0,866;$$

to jest, dostawa 30^0 jest częścią promienia, równą ułamkowi 0,866.

Wiemy również z geometryi, że cięciwa $90^0 = \sqrt{2}$, połowa więc tego pierwiastku musi się równać wstawie 45^0, mamy więc: $\text{wst } 45^0 = \frac{1}{2}\sqrt{2} = 0,7071$, a wstawiając tę wartość w powyższą formułę (3), otrzymamy, że:

$$\text{dos } 45^0 = \frac{1}{2}\sqrt{2} = 0,7071,$$

to jest, że wstawa i dostawa kąta 45^0 są sobie równe, i że są częściami promienia, równemi ułamkowi 0,7071.

100. Styczne i sieczne. Pod temi nazwami rozumieją się również dwie trygonometryczne funkcye, grające bardzo ważną rolę przy obliczaniu trójkątów. Jeżeli przez punkt B łuku $AB = x$ (Fig. 54) poprowadzimy styczną BC, i przedłużywszy promień OA aby przeszedł przez drugi koniec łuku i przeciął styczną w punkcie N, to linija BN będzie *trygonometryczną styczną* łuku AB czyli kąta x, a linija ON będzie *trygonometryczną sieczną* tegoż samego kąta. Będzie więc:

$$BN = \text{sty } x, \quad \text{i} \quad NO = \text{siecz } x.$$

Widzimy tutaj, że ze zmniejszaniem się łuku AB, zmniejszają się także styczna i sieczna: a jeźli łuk znika, znika także i styczna, sieczna jednak wtedy równa się promieniowi. Będzie zatém:

$$\text{sty } 0 = 0\,, \text{ a siecz } 0 = 1\,.$$

Jeżeli zaś łuk AB rośnie, rosną także styczna i sieczna; a jeżeli łuk $AB = 90^0$, wtedy styczna i sieczna staną się ilościami nieskończenie wielkiemi; będzie więc: $\text{sty } 90^0 = \infty$, i $\text{siecz } 90^0 = \infty$.

Jeżeli jednak ten łuk przejdzie po za granicę 90^0, to znowu styczna i sieczna maleją, aż kiedy łuk stanie się $= 180^0$, styczna całkiem znika, a sieczna staje się równą promieniowi, ale ze znakiem ujemnym. Czyli będzie:

$$\text{sty } 180^0 = 0\,, \quad \text{a siecz } 180^0 = -1\,.$$

101. Tak styczne jako i sieczne zawisły od wstaw i dostaw i dadzą się zawsze wyrazić przez te dwie funkcye, gdyż z dwóch trójkątów podobnych możemy otrzymać następujące dwie proporcye:

$$AL : LO = NB : BO \quad \text{i}$$
$$LO : AO = BO : NO\,.$$

Wstawiając w te proporcye trygonometryczne wartości, otrzymamy:

$$\text{wst } x : \text{dos } x = \text{sty } x : 1\,, \quad \text{i}$$
$$\text{dos } x : 1 = 1 : \text{siecz } x\,,$$

zkąd otrzymamy dwa następujące równania:

$$(4) \qquad \text{sty } x = \frac{\text{wst } x}{\text{dos } x}\,, \quad \text{i}$$

$$(5) \qquad \text{siecz } x = \frac{1}{\text{dos } x}\,;$$

zkąd wypływa, że jeżeli jakiego kąta znamy wstawę i dostawę, łatwo jest styczną i sieczną tegoż kąta wynaleźć. I tak dla kąta 30^0 mamy:

$$\text{wst } 30^0 = \frac{1}{2}\,, \quad \text{a dos } 30^0 = \frac{1}{2}\sqrt{3}\,,$$

wstawiając te wartości w powyższe równania (4) i (5), otrzymamy:

$$\text{sty } 30^0 = \frac{\frac{1}{2}}{\frac{1}{2}\sqrt{3}} = \frac{1}{\sqrt{3}} = \frac{1}{3}\sqrt{3} = 0{,}577\,,$$

jak również znajdziemy, że

$$\text{siecz } 30^0 = \frac{1}{\frac{1}{2}\sqrt{3}} = \frac{2}{\sqrt{3}} = \frac{2}{3}\sqrt{3} = 1{,}154\,.$$

102. Część BL promienia BO między wstawą i łukiem zawarta, nazywa się *wstawą zwrotną* (sinus versus) i stanowi również funkcyę trygonometryczną. Widzimy, że ta funkcya zależną jest od wielkości dostawy, gdyż:

$$BL = BO - LO\,, \quad \text{lub}$$
$$\text{wst zwr. } x = 1 - \text{dos } x\,;$$

to jest wstawę zwrotną łatwo wynajdziemy, odejmując od promienia dostawę.

Oprócz pięciu funkcyi trygonometrycznych, o których mówiliśmy dotąd, są jeszcze trzy inne, mianowicie: *dostyczna* czyli *dotyczna* (cotangens) PQ, *dosieczna* (cosecans) OP i *dostawa zwrotna* (cosinus versus) QS (Figura 54). Funkcye te zależne są jak widzimy wyłącznie od łuków BA i AQ, które się dopełniają wzajemnie do 90^0, dla tego też takie łuki nazywają się *dopełniają-*

cymi, a kąty x i y są kątami dopełniającymi się wzajemnie do kąta prostego. Z figury tej widzimy, że linija PQ będąca dotyczną kąta x, jest styczną kąta dopełniającego y; linija OP dosieczna kąta x jest sieczną kąta y, a dostawa zwrotna SQ kąta x jest zarazem wstawą zwrotną kąta y, to jest:

$$\text{dos zwr. } x = 1 - \text{wst } x\,;$$

ponieważ $SQ = OQ - SO = 1 - AL = 1 - \text{wst } x$ jak poprzednio.

Z figury téj widzimy, że jeżeli łuk $AB = x$ rośnie, to łuk AQ czyli jego dopełnienie zmniejszać się musi; i odwrotnie, jeżeli łuk AB maleje, to jego dopełnienie, to jest łuk AQ rośnie. Ztąd wypływa:

$$\text{dot } 0^0 = \infty, \quad \text{a dosie } 0^0 = \infty$$
$$\text{dot } 90^0 = 0, \quad \text{a dosie } 90^0 = 1$$
$$\text{dot } 180^0 = \infty, \quad \text{a dosie } 180^0 = \infty.$$

Nakoniec widzimy, że tak dotyczna, sieczna jako i dostawa zwrotna są zależnemi od wstawy i dostawy kąta x, a zależność tę można łatwo z formuły (4) i (5) wykazać, należy tylko zamiast x podstawić kąt y czyli jemu równy $(90 - x)$; otrzymamy więc:

$$\text{sty}\,(90 - x) = \frac{\text{wst}\,(90 - x)}{\text{dos}\,(90 - x)}, \quad \text{a}$$

$$\text{siecz}\,(90 - x) = \frac{1}{\text{dos}\,(90 - x)}; \quad \text{że zaś:}$$

$$\text{sty}\,(90 - x) = \text{dot } x, \quad \text{wst}\,(90 - x) = \text{dos } x,$$
$$\text{dos}\,(90 - x) = \text{wst } x, \quad \text{tudzież:}$$
$$\text{siecz}\,(90 - x) = \text{dosie } x, \quad \text{zkąd wypada, że}$$

$$\text{dot } x = \frac{\text{dos } x}{\text{wst } x}, \quad \text{i dosie } x = \frac{1}{\text{wst } x}.$$

Tym sposobem wszystkie ośm funkcyi trygonometrycznych, są nam obecnie wiadome.

103. **Rozwiązywanie trójkątów.** Rozwiązać trójkąt oznacza, wynalezienie w nim trzech części nieznanych, kiedy trzy inne są dane.

Nim jednak przystąpimy do rozwiązywania trójkątów, musimy przedewszystkiem dowieźć tę zasadę, że *w każdym trójkącie mają się boki do siebie jak wstawy kątów, naprzeciwko tych boków leżących.*

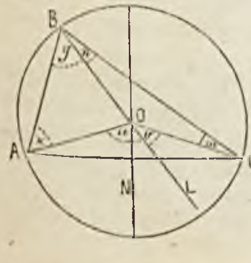


Fig. 55.

Aby to okazać, niechaj będzie trójkąt dany ABC (Figura 55). Na tym trójkącie opisuję koło i naznaczam środek tego koła w punkcie O, następnie prowadzę promienie OA, AB i OC; należy okazać, że kąt $B = \frac{1}{2} AOC$. W tym celu przedłużam promień BO do L, przez co utworzy się kąt zewnętrzny v równy dwom kątom wewnętrznym naprzeciwko niego leżącym w trójkącie BOC; mamy więc: $v = m + n$; że zaś BOC jest trójkątem równoramiennym, przeto kąt $m = n$, dla czego zatém $v = 2n$, a $n = \frac{v}{2}$. Widzimy również, że kąt u ze względu na trójkąt BOA jest kątem zewnętrznym, będzie więc: $u = x + y$; że zaś w trójkącie równoramiennym BOA kąt $x = y$, więc $u = 2y$, a zatém

$y = \frac{u}{2}$. Mamy więc: $n = \frac{v}{2}$, i $y = \frac{u}{2}$. Dodawszy te dwa równania do siebie, będzie:
$$n + y = \frac{u + v}{2}.$$
Że zaś $n + y = B$, a $u + v = AOC$, przeto:
$$B = \frac{AOC}{2},$$ to jest, że kąt B jest połową kąta środkowego AOC.

Tym samym sposobem można dowieść, że kąt C jest połową kąta BOA, a kąt A jest połową kąta BOC. Poprowadziwszy teraz przez punkt O liniję prostopadłą ON do AC, to w taki sposób kąt AOC podzieli się na dwie części równe, czyli że $NOC = B$; że zaś $NC = \frac{1}{2} AC$ czyli wstawie kąta NOC, przeto NC będzie oczywiście wstawą kąta B; zkąd wypada, że połowa boku AC jest wstawą kąta B naprzeciwko niego leżącego. Tym samym sposobem możnaby okazać, że połowa boku BC jest wstawą kąta A, i połowa boku AB jest wstawą kąta C. Z tego cośmy tutaj powiedzieli, wypływa następujące ogólne prawidło: że w każdym trójkącie połowy boków są *wstawami kątów naprzeciwko nich leżących*, a ponieważ połówki boków mają się do siebie jak ich całości, będzie więc:
$$AC : AB = \frac{1}{2} AC : \frac{1}{2} AB.$$
Że zaś $\frac{1}{2} AC = \text{wst}\, B$, $\frac{1}{2} AB = \text{wst}\, C$, będzie więc:
$$AC : AB = \text{wst}\, B : \text{wst}\, C.$$
Co było do okazania.

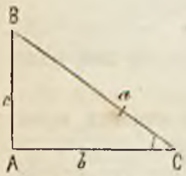


Fig. 56.

104. Trójkąty prostokątne. Przy rozwiązywaniu trójkątów prostokątnych, mogą zajść cztery następujące przypadki:

(I) Gdy w trójkącie prostokątnym ABC (Fig. 56) przeciwprostokątnia a i kąt ostry C są dane, a szukamy drugiego kąta ostrego B i dwóch boków przyległych kątowi prostemu.

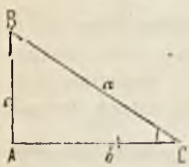


Fig. 57.

(II) Gdy w trójkącie ABC (Fig. 57) bok przyległy kątowi prostemu b i kąt ostry C są dane, a szukamy przeciwprostokątni a, boku przyległego c i kąta ostrego B.

(III) Gdy w trójkącie ABC (Fig. 58) oba boki przyległe kątowi prostemu b i c (wraz z kątem prostym) są dane, a szukamy przeciwprostokątni i dwóch kątów ostrych.

(IV) Gdy w trójkącie prostokątnym przeciwprostokątnia a i jeden z boków przyległych kątowi prostemu b lub c są dane, a szukamy drugiego boku przyległego i dwóch kątów ostrych.

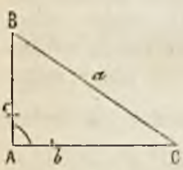


Fig. 58.

105. *Rozwiązanie w I-szym przypadku.* Jeżeli przeciwprostokątnia a i kąt ostry C (Fig. 56) są dane, to drugi kąt ostry B znajdziemy z następującego równania:
$$B = 90^0 - C.$$

Aby zaś boki b i c oznaczyć, korzystamy z twierdzenia pod (103) dowiedzionego, przyczém należy pamiętać, że wst $90^0 = 1$, a otrzymamy dwie następne proporcye:

$$b : a = \text{wst}\, B : \text{wst}\, 90^0, \quad \text{i}$$
$$c : a = \text{wst}\, C : \text{wst}\, 90^0.$$

Że zaś wst $90^0 = 1$, powyższe więc proporcye można także w taki sposób napisać:

$$b : a = \text{wst}\, B : 1 \quad \text{i}$$
$$c : a = \text{wst}\, C : 1 \quad \text{zkąd otrzymamy:}$$
$$b = a \,.\, \text{wst}\, B \quad \text{i} \quad c = a \,.\, \text{wst}\, C.$$

Tym więc sposobem trójkąt został rozwiązanym.

Przykład. Niechaj przeciwprostokątnia $a = 20$ stóp, kąt $C = 30^0$, to kąt $B = 90 - 30 = 60^0$; wstawiając te wartości w dwie ostatnie formuły, otrzymamy:

$$b = 20 \,.\, \text{wst}\, 60^0, \quad \text{a} \quad c = 20 \,.\, \text{wst}\, 30^0.$$

Ponieważ zaś wst $30^0 = \frac{1}{2}$, a wst $60^0 = \text{dos}\, 30^0 = \frac{1}{2}\sqrt{3} = 0{,}866$, będzie więc:

$$b = 20 \,.\, 0{,}866 = 17{,}32 \text{ stóp}; \quad \text{a} \quad c = 20 \,.\, \frac{1}{2} = 10 \text{ stóp}.$$

106. *Rozwiązanie w II-gim przypadku.* Jeżeli bok b i kąt ostry C są dane (Fig. 57), to kąt ostry $B = 90 - C$, aby więc boki a i c wynaleźć, użyjemy twierdzenia (103).

$$b : a = \text{wst}\, B : 1 \quad \text{i}$$
$$b : c = \text{wst}\, B : \text{wst}\, C, \quad \text{zkąd}$$
$$a = \frac{b}{\text{wst} B}, \quad \text{i} \quad c = b \,.\, \frac{\text{wst}\, C}{\text{wst}\, B}.$$

Że zaś jak wiadomo wst $B = \text{wst}\,(90 - C) = \text{dos}\, C$, przeto i

$$c = b \,.\, \frac{\text{wst}\, C}{\text{dos}\, C} = b \,.\, \text{sty}\, C.$$

Przykład. Niechaj bok $b = 16$ stóp, a kąt $C = 30^0$, to kąt $B = 60^0$, a wst $B = \text{wst}\, 60^0 = 0{,}866$; następnie sty $C = \text{st}\, 30^0 = \frac{1}{2}\sqrt{3} = 0{,}577$,

a zatém: $$a = \frac{16}{0{,}866} = 18{,}46 \text{ stóp}, \quad \text{zaś}$$
$$c = 16 \,.\, 0{,}577 = 9{,}232 \text{ stóp}.$$

107. *Rozwiązanie w III-cim przypadku.* Jeżeli w trójkącie ABC (Fig. 58) są dane dwa boki b i c, to na zasadzie twierdzenia *Pytagorasa* znajdziemy przeciwprostokątnię:

$$a = \sqrt{b^2 + c^2}.$$

Ponieważ zaś a zostało wynalezioném, przeto szukamy teraz kątów B i C podług powyższéj reguły (103), zkąd mamy następującą proporcyę:

$$b : a = \text{wst}\, B : 1, \quad \text{zkąd}$$
$$\text{wst}\, B = \frac{b}{a}.$$

to jest wstawę kąta B znajdziemy, jeżeli bok przeciwny kątowi B a przyległy kątowi prostemu, podzielimy przez przeciwprostokątnię. Jeżeli mamy kąt B, to kąt $C = 90^0 - B$.

Przykład. Niechaj bok $b = 16$ stóp, a bok przyległy kątowi prostemu $c = 12$ stóp, to przeciwprostokątnia będzie:

$$a = \sqrt{144 + 256} = \sqrt{400} = 20 \text{ stóp}.$$

Aby zaś kąt B wynaleźć, tak postępujemy:

$$\text{wst} B = \frac{16}{20} = \frac{4}{5} = 0{,}8.$$

Téj wstawic odpowiada podług tablicy trygonometrycznéj kąt $B = 53^0\ 7'\ 40''$.

108. *Rozwiązanie w IV-tym przypadku.* Jeżeli w trójkącie prostokątnym przeciwprostokątnia a i bok przyległy kątowi prostemu b są danemi, to podług twierdzenia *Pytagorasa* znajdziemy drugi bok przyległy kątowi prostemu: $c^2 = a^2 - b^2$ czyli

$c = \sqrt{(a + b)\ (a - b)}$. Zaś dla znalezienia jednego kąta ostrego, użyjemy znanego nam twierdzenia (103):

$$a : b = 1 : \text{wst} B, \quad \text{więc}$$

$$\text{wst} B = \frac{b}{a}.$$

Przykład. Droga idąca pod górę na 142 metrów długości, ma 8,5 metrów spadku; jak wielki jest kąt pochyłości A? (Fig. 58). W tym przykładzie bok $a = 142^m$, a bok $c = 8{,}5^m$. Będzie więc:

$$\text{wst} A = \frac{a}{c} = 0{,}0598.$$

W tablicy trygonometrycznéj znajdujemy dla wst $3^0 = 0{,}00523$, a dla wst $3^0\ 30' = 0{,}0611$, będzie zatém w przybliżeniu $0{,}0598 = \text{wst}\ 3^0\ 25'$; czyli $A = 3^0\ 25'$.

109. Rozwiązanie trójkąta równoramiennego. Taki trójkąt przedstawia nam (Fig. 59), w którym boki AB i BC oraz kąty A i C są sobie równe. Oznaczywszy $AB = BC$ przez a, podstawę AC przez c, przy rozwiązywaniu trójkąta ABC mogą trzy przypadki mieć miejsce:

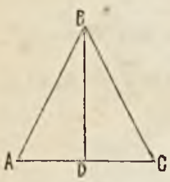


Fig. 59.

(I) Że jest dana podstawa $AC = c$ i kąt B, a mamy znaleźć boki AB i BC, tudzież kąty A i C.

(II) Że jest dany bok $AB = BC = a$ i kąt B a mamy znaleźć podstawę AC.

(III) Że jest dana podstawa $AC = c$ i bok $AB = a$, a mamy wynaleźć kąty.

Wszystkie te przypadki dadzą się rozwiązać za pomocą proporcyi. Spuszczając bowiem prostopadłą BD na AC, podzielimy tak kąt B jako i bok AC na dwie równe części, przez co utworzą się dwa równe i prostokątne trójkąty: ABD i DBC, w których, na zasadzie twierdzenia (103) mamy proporcyę następującą:

$$\frac{1}{2}c : a = \text{wst} \frac{1}{2}B : 1, \quad \text{zkąd:}$$

$$\frac{1}{2}c = a \cdot \text{wst} \frac{1}{2}B, \quad \text{zatém} \quad c = 2a \cdot \text{wst} \frac{1}{2}B \ldots\ldots (n).$$

Do tego równania przybywa jeszcze następne:

$$2A + B = 180^0, \quad \text{zkąd} \quad A = 90^0 - \frac{1}{2}B,$$

i tym sposobem pierwszy przypadek został już rozwiązany.

Ze zrównania (n) otrzymujemy jeszcze dwie następujące wartości:

$$(2) \qquad a = \frac{c}{2 \text{ wst} \frac{1}{2}B} \quad \text{i} \quad \text{wst} \frac{1}{2}B = \frac{c}{2a}.$$

Przykład. Mamy daną podstawę $AC = c = 32$ stóp, i kąt $B = 40^0$, przeto kąt $A = C = 90 - \frac{1}{2}B = 90 - 20 = 70^0$. Aby zaś wynaleźć bok a, w równanie (2) wstawiamy dane wartości, przez co otrzymamy:

$$a = \frac{32}{2 \cdot \text{wst } 20^0} = \frac{16}{0,342} = 47 \text{ stóp}.$$

110. Rozwiązywanie trójkątów ostrokątnych. Również przy rozwiązywaniu takich trójkątów, twierdzenie (103) oddaje nam wielkie usługi. Może się tu zdarzyć wiele przypadków, z których główniejsze pod uwagę weźmiemy. Nadmieniamy tutaj, że w trójkącie ABC (Fig. 60) kąty nazwiemy wielkiemi głoskami A, B, C, a boki im odpowiadające małemi głoskami a, b, c.

(I-szy przypadek). W trójkącie ABC (Fig. 60) dany jest bok $AC = b$ i kąty przyległe A i C, mamy znaleźć trzeci kąt B i dwa pozostałe boki a i c.

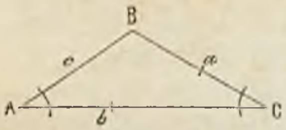


Fig. 60.

Kąt B znajdziemy z następującego równania:

$$B = 180^0 - (A + C).$$

Niewiadome zaś boki a i c znajdziemy z następujących proporcyi:

$$a : b = \text{wst} A : \text{wst} B.$$
$$c : b = \text{wst} C : \text{wst} B.$$

zkąd wynajdziemy:

$$a = \frac{b \cdot \text{wst} A}{\text{wst} B}, \quad \text{i} \quad c = \frac{b \cdot \text{wst} C}{\text{wst} B},$$

przez co niewiadome boki wynalezione zostaną.

Przykład 1-szy. Jeżeli są dane: $b = 85$ stóp, kąt $A = 42^0\,30'$ i kąt $C = 25^0\,10'$, to kąt $B = 180^0 - 67^0 40' = 112^0 20'$; a ponieważ wst $42^0\,30' = 0,6755$; wst $112^0\,20' = 0,9249$, a wst $25^0\,10' = 0,4252$ to podług powyższych formuł otrzymamy:

$$a = \frac{85 \cdot 0,6755}{0,9249} = 62,09 \text{ stóp}, \quad \text{a}$$

$$c = \frac{85 \cdot 0,4252}{0,9249} = 39,07 \text{ stóp}.$$

Przykład 2-gi. Mamy wynaleźć szerokość rzeki BC (Fig. 60) mając wymierzone: podstawę obserwacyjną $AB = 250$ metrów, kąt $A = 63^0$ i kąt $B = 85^0$.

$$\text{Kąt } C = B - 180^0 - (63^0 + 85^0) = 32^0.$$

Z proporcyi zaś: $BC : 250^m = \text{wst } 63^0 : \text{wst } 32^0$, otrzymamy:

$$BC = 250 \times \frac{\text{wst } 63^0}{\text{wst } 32^0} = 250 \times \frac{0,8910}{0,5299} = 420,4^m.$$

(II-gi przypadek). W trójkącie ABC (Fig. 61) są danymi boki b i a oraz kąt B naprzeciwko boku AC leżący; a szukamy reszty niewiadomych części: A, C, c. I tu użyjemy ogólnego prawidła (103), przedewszystkiem jednak musimy znaleźć jeden z niewiadomych kątów z proporcyi następującéj:

$$a : b = \text{wst}\, A : \text{wst}\, B, \quad \text{zkąd}$$

$$\text{wst}\, A = \frac{a \,\text{wst}\, B}{b}.$$

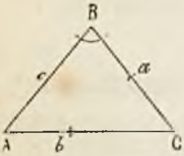


Fig. 61.

Kiedyśmy już kąt A znaleźli, znajdziemy łatwo i kąt $C = 180^0 - (A + B)$; mamy więc wszystkie trzy kąty wiadome, a bok c wynajdziemy z proporcyi następującéj:

$$c : b = \text{wst}\, C : \text{wst}\, B.$$

$$c = \frac{b \,.\, \text{wst}\, C}{\text{wst}\, B}.$$

(III-ci przypadek). W trójkącie ABC (Fig. 62) dane są dwa boki a i b wraz z kątem pomiędzy niemi zawartym C; mamy znaleźć trzeci bok c.

W tym celu spuszczamy z wierzchołka kąta B prostopadłą BD na bok AC, skutkiem czego utworzą się dwa trójkąty prostokątne ADB i BDC.

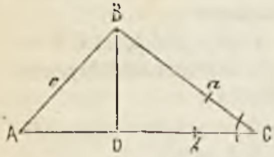


Fig. 62.

Z trójkąta ADB, w którym mieści się bok niewiadomy c, podług *Pytagorasa* mamy:

$$(1) \qquad c^2 = BD^2 + AD^2,$$

pozostaje tylko części BD i AD wyrazić przez ilości znane, do czego używamy trójkąta BDC, z którego otrzymujemy proporcyę następującą:

$$BD : a = \text{wst}\, C : 1 \quad \text{i}$$

$$DC : a = \text{dos}\, C : 1 \quad \text{zkąd:}$$

$$BD = a \,\text{wst}\, C, \quad \text{i} \quad DC = a \,\text{dos}\, C.$$

Daléj widzimy, że $AD = AC - DC = b - a \,\text{dos}\, C$; wstawiwszy teraz wynalezione wartości na BD i AD w równanie (1), otrzymamy:

$$c^2 = a^2 \,\text{wst}^2\, C + b^2 - 2ab \,\text{dos}\, C + a^2 \,\text{dos}^2\, C.$$

Że zaś $\text{wst}^2\, C + \text{dos}^2\, C = 1$, zatém wyraz pierwszy i ostatni na drugiéj stronie równania $= a^2$; w skutek czego mamy: $c^2 = a^2 + b^2 - 2ab \,.\, \text{dos}\, C$, a wyciągnąwszy pierwiastek kwadratowy, otrzymamy:

$$(2) \qquad c = \sqrt{a^2 + b^2 - 2ab \,.\, \text{dos}\, C},$$

zkąd otrzymujemy następującą regułę dla znalezienia trzeciego boku w trójkącie: *Aby wynaleźć bok trzeci, dodają się do siebie kwadraty z dwóch danych boków i odejmuje się od téj summy podwójny iloczyn z tychże dwóch boków, pomnożony przez dostawę kąta C, a z tego iloczynu wyciąga się pierwiastek kwadratowy.*

Przykład. Niechaj $a = 40$ stóp, $b = 60$ stóp, a kąt $C = 30^0$, będziemy więc mieli podług formuły (2) co następuje:

$$c = \sqrt{1600 + 36000 - 4800 \,.\, \tfrac{1}{2}\sqrt{3}} =$$

$$= \sqrt{5200 - 2400\sqrt{3}} = 10\sqrt{52 - 24\sqrt{3}} = 104,32 \text{ stóp}.$$

Jeżeli zaś kąt objęty dwoma bokami danymi, jest kątem rozwartym, to jego dostawa będzie dodatnią, a powyższa formuła (2) przedstawi się jak następuje:

$$c = \sqrt{a^2 + b^2 + 2ab \,\text{dos}\, C},$$

przez co bok c przeciwny kątowi C znakomicie większą wartość otrzyma.

Otrzymawszy wartość na c, w trójkącie ABC są teraz wszystkie trzy boki i kąt wiadomymi; pozostałe dwa kąty na zasadzie twierdzenia (103) łatwo także wynaleźć.

(IV-ty przypadek). W trójkącie są wszystkie trzy boki a, b, c wiadome, mamy znaleźć kąty. W tym celu używamy równania (2), które podniesione do kwadratu daje:

$$c^2 = a^2 + b^2 - 2ab \operatorname{dos} C, \quad \text{zkąd otrzymujemy:}$$

$$\operatorname{dos} C = \frac{a^2 + b^2 - c^2}{2ab}.$$

to jest: *jeżeli w trójkącie wszystkie boki są wiadomymi, to dostawę któregokolwiek bądź kąta znajdziemy, jeżeli dodamy do siebie kwadraty z boków obejmujących kąt szukany, od tej summy odejmiemy kwadrat z boku trzeciego, a tę różnicę podzielimy przez podwójny iloczyn z boków przyległych kątowi szukanemu.*

Przykład. Niechaj $a = 50$ stóp, $b = 70$ stóp, $c = 40$ stóp, to za pomocą powyższej formuły znajdziemy:

$$\operatorname{dos} C = \frac{2500 + 4900 - 1600}{7000} = \frac{58}{70} = 0,8285.$$

Szukając w tablicy trygonometrycznej dostawy 0,8285 znajdziemy, iż ta liczba odpowiada kątowi $34^0\ 4'\ 42''$. Podług tego prawidła da się każdy inny kąt wynaleźć.

111. Obliczanie wielokątów regularnych. Jeżeli mamy obliczać wielokąty nieregularne, w takim razie winniśmy takowe podzielić przedewszystkiém na trójkąty, a następnie te trójkąty obliczyć sposobami wyżéj podanymi. Inaczéj ma się rzecz z wielokątami regularnymi, na obliczenie takowych trygonometrya podaje następujące formuły:

Jeżeli w wielokącie regularnym P oznacza powierzchnię, O obwód, a bok, r promień koła opisującego, a R promień koła wpisanego, n liczbę boków wielokąta, to mamy:

1) $$P = \frac{n}{4} a^2 \operatorname{dot} \frac{\pi}{n} = \frac{n}{2} r^2 \operatorname{wst} \frac{2\pi}{n} = n R^2 \operatorname{sty} \frac{\pi}{n}.$$

2) $$O = n \cdot a = 2nr \cdot \operatorname{wst} \frac{\pi}{n} = 2nR \operatorname{sty} \frac{\pi}{n}.$$

3) *Tablica.*

n	P (powierzchnia)	r	a
3	0,4330 a^2 = 1,2993 r^2	0,5774 a	1,73205 r
4	1,0000 a^2 = 2,0000 r^2	0,7071 a	1,41421 r
5	1,7205 a^2 = 2,3776 r^2	0,8507 a	1,17557 r
6	2,5981 a^2 = 2,5981 r^2	1,0000 a	1,00000 r
7	3,6339 a^2 = 2,7364 r^2	1,1524 a	0,86777 r
8	4,8284 a^2 = 2,8284 r^2	1,3066 a	0,76537 r
9	6,1818 a^2 = 2,8925 r^2	1,4619 a	0,68404 r
10	7,6942 a^2 = 2,9389 r^2	1,6180 a	0,61803 r
11	9,3656 a^2 = 2,9735 r^2	1,7747 a	0,56347 r
12	11,1962 a^2 = 3,0000 r^2	1,9319 a	0,51764 r
13	13,1858 a^2 = 3,0207 r^2	2,0893 a	0,47863 r
14	15,3345 a^2 = 3,0371 r^2	2,2470 a	0,44504 r
15	17,6424 a^2 = 3,0505 r^2	2,4049 a	0,41582 r
16	20,1094 a^2 = 3,0615 r^2	2,5629 a	0,39018 r

112. *Z jednéj funkcyi kąta, można zawsze resztę funkcyi otrzymać.*

1) Jeżeli *wst* α jest dana, wtedy:

$$\text{dos}\,\alpha = \sqrt{1 - \text{wst}^2\,\alpha}$$

$$\text{sty}\,\alpha = \frac{\text{wst}\,\alpha}{\sqrt{1 - \text{wst}^2\,\alpha}}$$

$$\text{dot}\,\alpha = \frac{\sqrt{1 - \text{wst}^2\,\alpha}}{\text{wst}\,\alpha}$$

$$\text{siecz}\,\alpha = \frac{1}{\sqrt{1 - \text{wst}^2\,\alpha}}$$

$$\text{dosie}\,\alpha = \frac{1}{\text{wst}\,\alpha}.$$

2) Gdy jest *dos* α dana:

$$\text{wst}\,\alpha = \sqrt{1 - \text{dos}^2\,\alpha}$$

$$\text{sty}\,\alpha = \frac{\sqrt{1 - \text{dos}^2\,\alpha}}{\text{dos}\,\alpha}$$

$$\text{dot}\,\alpha = \frac{\text{dos}\,\alpha}{\sqrt{1 - \text{dos}^2}}$$

$$\text{siecz}\,\alpha = \frac{1}{\text{dos}\,\alpha}$$

$$\text{dosie}\,\alpha = \frac{1}{\sqrt{1 - \text{dos}^2\,\alpha}}.$$

3) Gdy jest *sty* α dana:

$$\text{wst}\,\alpha = \frac{\text{sty}\,\alpha}{\sqrt{1 + \text{sty}^2\,\alpha}}$$

$$\text{dos}\,\alpha = \frac{1}{\sqrt{1 + \text{sty}^2\,\alpha}}$$

$$\text{dot}\,\alpha = \frac{1}{\text{sty}\,\alpha}$$

$$\text{siecz}\,\alpha = \sqrt{1 + \text{sty}^2\,\alpha}$$

$$\text{dosie}\,\alpha = \frac{\sqrt{1 + \text{sty}^2\,\alpha}}{\text{sty}\,\alpha}.$$

4) Gdy *dot* α jest dana:

$$\text{wst} = \frac{1}{\sqrt{1 + \text{dot}^2\,\alpha}}$$

$$\text{dos}\,\alpha = \frac{\text{dot}\,\alpha}{\sqrt{1 + \text{dot}^2\,\alpha}}$$

$$\text{sty}\,\alpha = \frac{1}{\text{dot}\,\alpha}$$

$$\text{siecz}\,\alpha = \frac{\sqrt{1 + \text{dot}^2\,\alpha}}{\text{dot}\,\alpha}$$

$$\text{dosie}\,\alpha = \sqrt{1 + \text{dot}^2\,\alpha}.$$

5) Gdy *siecz* α jest dana:

$$\text{wst}\,\alpha = \text{sty}\,\alpha\,.\,\text{dos}\,\alpha = \frac{\sqrt{\text{siecz}^2\,\alpha - 1}}{\text{siecz}\,\alpha}$$

$$\text{dos}\,\alpha = \frac{1}{\text{siecz}\,\alpha}$$

$$\text{sty}\,\alpha = \sqrt{\text{siecz}^2\,\alpha - 1}$$

$$\text{dot}\,\alpha = \frac{1}{\sqrt{\text{siecz}^2\,\alpha - 1}}$$

$$\text{dosie}\,\alpha = \frac{\text{siecz}\,\alpha}{\sqrt{\text{siecz}^2\,\alpha - 1}}.$$

6) Gdy nakoniec *dosie* α jest dana:

$$\text{wst}\,\alpha = \frac{1}{\text{dos}\,\alpha}$$

$$\text{dos}\,\alpha = \text{dot}\,\alpha\,.\,\text{wst}\,\alpha = \frac{\sqrt{\text{dos}^2\,\alpha - 1}}{\text{dosie}\,\alpha}$$

$$\text{dot}\,\alpha = \sqrt{\text{dosie}^2\,\alpha - 1}$$

$$\text{sty}\,\alpha = \frac{1}{\text{dot}\,\alpha} = \frac{1}{\sqrt{\text{dosie}^2\,\alpha - 1}}$$

$$\text{siecz}\,\alpha = \frac{1}{\text{dos}\,\alpha} = \frac{\text{dosie}\,\alpha}{\sqrt{\text{dosie}^2\,\alpha - 1}}.$$

113. Jeżeli funkcye trygonometryczne uważać będziemy w czterech ćwiartkach koła (Fig. 54), to ich wartości w różnych ćwiartkach wypadać będą z rozmaitymi znakami, jak to dwie poniższe tablice wskazują. Oczywiście w I-éj ćwiartce, wszystkie funkcye będą ze znakami dodatnymi.

TABLICA I-sza.

1) wst $0^0 = 0$ (*)	16) dot $0^0 = \infty$ (*)
2) wst $90^0 = 1$	17) dot $90^0 = 0$
3) wst $180^0 = 0$	18) dot $180^0 = -\infty$
4) wst $270^0 = -1$	19) dot $270^0 = 0$
5) wst $360^0 = -0 = 0$	20) dot $360^0 = -\infty = \infty$
6) dos $0^0 = 1$	21) siecz $0^0 = 1$
7) dos $90^0 = 0$	22) siecz $90^0 = \infty$
8) dos $180^0 = -1$	23) siecz $180^0 = -1$
9) dos $270^0 = -0 = 0$	24) siecz $270^0 = -\infty$
10) dos $360^0 = 1$	25) siecz $360^0 = 1$
11) sty $0^0 = 0$	26) dosie $0^0 = \infty$
12) sty $90^0 = \infty$	27) dosie $90^0 = 1$
13) sty $180^0 = -0 = 0$	28) dosie $180^0 = \infty$
14) sty $270^0 = \infty$	29) dosie $270^0 = -1$
15) sty $360^0 = -0 = 0$	30) dosie $360^0 = -\infty = \infty$
(*) 0 (zero) = 0 oznacza ilość nieskończenie małą.	(*) ∞ oznacza ilość nieskończenie wielką.

TABLICA II-ga.

FUNKCYE	ĆWIARTKA			
	I.	II.	III.	IV.
Wstawa (sinus)	+	+	—	—
Dostawa (cosinus)	+	—	—	+
Styczna (tangens)	+	—	+	—
Dotyczna (cotangens)	+	—	+	—
Sieczna (secans).	+	—	—	+
Dosieczna (cosecans)	+	+	—	—
Wstawa zwrotna (sinus versus) . .	+	+	+	+
Dostawa zwrotna (cosinus versus) .	+	+	+	+

Obie ostatnie funkcye: wstawa zwrotna i dostawa zwrotna są ilościami zawsze dodatnemi, gdyż zawsze dostawa < 1 i wstawa < 1, a zatem też *1 — dos* i *1 — wst* zawsze wypadają ilościami dodatnemi.

114. Tabela trygonometryczna używana przy obliczaniu trójkątów.

Stopni	Minut	wst.	dos.	sty.	dot.		
0	0	0,00000	1,00000	0,00000	∞	0	90
	10	0,00291	0,99999	0,00291	343,77371	50	
	20	0,00582	0,99998	0,00582	171,88540	40	
	30	0,00873	0,99996	0,00873	114,58865	30	
	40	0,01164	0,99993	0,01164	85,93979	20	
	50	0,01454	0,99989	0,01455	68,75009	10	
1	0	0,01745	0,99985	0,01746	57,28996	0	89
	10	0,02036	0,99979	0,02036	49,10388	50	
	20	0,02327	0,99973	0,02328	42,96408	40	
	30	0,02618	0,99966	0,02619	38,18846	30	
	40	0,02908	0,99958	0,02910	34,36777	20	
	50	0,03199	0,99949	0,03201	31,24158	10	
2	0	0,03490	0,99939	0,03492	28,63625	0	88
	10	0,03781	0,99929	0,03783	26,43160	50	
	20	0,04071	0,99917	0,04075	24,54176	40	
	30	0,04362	0,99905	0,04366	22,90376	30	
	40	0,04653	0,99892	0,04658	21,47040	20	
	50	0,04943	0,99878	0,04949	20,20555	10	
3	0	0,05234	0,99863	0,05241	19,08114	0	87
	10	0,05524	0,99847	0,05533	18,07498	50	
	20	0,05814	0,99831	0,05824	17,16934	40	
	30	0,06105	0,99813	0,06116	16,34985	30	
	40	0,06395	0,99795	0,06408	15,60478	20	
	50	0,06685	0,99776	0,06700	14,92442	10	
4	0	0,06976	0,99756	0,06993	14,30067	0	86
	10	0,07266	0,99736	0,07285	13,72674	50	
	20	0,07556	0,99714	0,07578	13,19688	40	
	30	0,07846	0,99692	0,07870	12,70620	30	
	40	0,08136	0,99668	0,08163	12,25050	20	
	50	0,08426	0,99644	0,08456	11,82617	10	
5	0	0,08716	0,99619	0,08749	11,43005	0	85
	10	0,09005	0,99594	0,09042	11,05943	50	
	20	0,09295	0,99567	0,09335	10,71191	40	
	30	0,09585	0,99540	0,09629	10,38540	30	
	40	0,09874	0,99511	0,09923	10,07803	20	
	50	0,10164	0,99482	0,10216	9,78817	10	
6	0	0,10453	0,99452	0,10510	9,51436	0	84
	10	0,10742	0,99421	0,10805	9,25530	50	
	20	0,11031	0,99390	0,11099	9,00983	40	
	30	0,11320	0,99357	0,11394	8,77689	30	
	40	0,11609	0,99324	0,11688	8,55555	20	
	50	0,11898	0,99290	0,11983	8,34496	10	
7	0	0,12187	0,99255	0,12278	8,14435	0	83
	10	0,12476	0,99219	0,12574	7,95302	50	
	20	0,12764	0,99182	0,12869	7,77035	40	
	30	0,13053	0,99144	0,13165	7,59575	30	
	40	0,13341	0,99106	0,13461	7,42871	20	
	50	0,13629	0,99067	0,13758	7,26873	10	
		dos.	wst.	dot.	sty.	Minut	Stopni

Stopni	Minut	wst.	dos.	sty.	dot.		
8	0	0,13917	0,99027	0,14054	7,11537	0	82
	10	0,14205	0,98986	0,14351	6,96823	50	
	20	0,14493	0,98944	0,14648	6,82694	40	
	30	0,14781	0,98902	0,14945	6,69116	30	
	40	0,15069	0,98858	0,15243	6,56055	20	
	50	0,15356	0,98814	0,15540	6,43484	10	
9	0	0,15643	0,98769	0,15838	6,31375	0	81
	10	0,15931	0,98723	0,16137	6,19703	50	
	20	0,16218	0,98676	0,16435	6,08444	40	
	30	0,16505	0,98629	0,16734	5,97576	30	
	40	0,16792	0,98580	0,17033	5,87080	20	
	50	0,17078	0,98531	0,17333	5,76937	10	
10	0	0,17365	0,98481	0,17633	5,67128	0	80
	10	0,17651	0,98430	0,17933	5,57638	50	
	20	0,17937	0,98378	0,18233	5,48451	40	
	30	0,18224	0,98325	0,18534	5,39552	30	
	40	0,18509	0,98272	0,18835	5,30928	20	
	50	0,18795	0,98218	0,19136	5,22566	10	
11	0	0,19081	0,98163	0,19438	5,14455	0	79
	10	0,19366	0,98107	0,19740	5,06584	50	
	20	0,19652	0,98050	0,20042	4,98940	40	
	30	0,19937	0,97992	0,20345	4,91516	30	
	40	0,20222	0,97934	0,20648	4,84300	20	
	50	0,20507	0,97875	0,20952	4,77286	10	
12	0	0,20791	0,97815	0,21256	4,70463	0	78
	10	0,21076	0,97754	0,21560	4,63825	50	
	20	0,21360	0,97692	0,21864	4,57363	40	
	30	0,21644	0,97630	0,22169	4,51071	30	
	40	0,21928	0,97566	0,22475	4,44942	20	
	50	0,22212	0,97502	0,22781	4,38970	10	
13	0	0,22495	0,97437	0,23087	4,33148	0	77
	10	0,22778	0,97371	0,23393	4,27471	50	
	20	0,23062	0,97304	0,23708	4,21933	40	
	30	0,23345	0,97237	0,24006	4,16530	30	
	40	0,23627	0,97169	0,24316	4,11256	20	
	50	0,23910	0,97100	0,24624	4,06107	10	
14	0	0,24192	0,97030	0,24933	4,01078	0	76
	10	0,24474	0,96959	0,25242	3,96165	50	
	20	0,24756	0,96887	0,25552	3,91364	40	
	30	0,25038	0,96815	0,25862	3,86671	30	
	40	0,25320	0,96742	0,26172	3,82083	20	
	50	0,25601	0,96667	0,26483	3,77595	10	
15	0	0,25882	0,96593	0,26795	3,73205	0	75
	10	0,26163	0,96517	0,27107	3,68909	50	
	20	0,26443	0,96440	0,27419	3,64705	40	
	30	0,26724	0,96363	0,27732	8,60588	30	
	40	0,27004	0,96285	0,28046	3,56557	20	
	50	0,27284	0,96206	0,28360	3,52609	10	
		dos.	wst.	dot.	sty.	Minut	Stopni

Stopni	Minut	wst.	dos.	sty.	dot.		
16	0	0,27564	0,96126	0,28675	3,48741	0	74
	10	0,27843	0,96046	0,28990	3,44951	50	
	20	0,28123	0,95964	0,29305	3,41236	40	
	30	0,28402	0,95882	0,29621	3,37594	30	
	40	0,28680	0,95799	0,29938	3,34023	20	
	50	0,28959	0,95715	0,30255	3,30521	10	
17	0	0,29237	0,95630	0,30573	3,27085	0	73
	10	0,29515	0,95545	0,30891	3,23714	50	
	20	0,29793	0,95459	0,31210	3,20406	40	
	30	0,30071	0,95372	0,31530	3,17159	30	
	40	0,30348	0,95284	0,31850	3,13972	20	
	50	0,30625	0,95195	0,32171	3,10842	10	
18	0	0.30902	0,95106	0,32492	3,07768	0	72
	10	0,31178	0,95015	0,32814	3,04749	50	
	20	0,31454	0,94924	0,33136	3,01783	40	
	30	0,31730	0,94832	0,33460	2,98868	30	
	40	0,32006	0,94740	0,33783	2,96004	20	
	50	0,32282	0,94646	0,34108	2,93189	10	
19	0	0,32557	0,94552	0,34433	2,90421	0	71
	10	0,32932	0,94457	0,34758	2,87700	50	
	20	0,33106	0,94361	0,35085	2,85023	40	
	30	0,33381	0,94264	0,35412	2,82391	30	
	40	0,33655	0,94167	0,35740	2,79802	20	
	50	0,33929	0,94068	0,36068	2,77254	10	
20	0	0,34202	0,93969	0,36397	2,74748	0	70
	10	0,34475	0,93869	0,36727	2,72281	50	
	20	0,34748	0,93769	0,37057	2,69853	40	
	30	0,35021	0,93667	0,37388	2,67462	30	
	40	0,35293	0,93565	0,37720	2,65109	20	
	50	0,35565	0,93462	0,38053	2,62791	10	
21	0	0,35837	0,93358	0,38386	2,60509	0	69
	10	0,36108	0,93253	0,38721	2,58261	50	
	20	0,36379	0,93148	0,39055	2,56046	40	
	30	0,36650	0,93042	0,39391	2,53865	30	
	40	0,36921	0,92935	0,39727	2,51715	20	
	50	0,37191	0,92827	0,40065	2,49597	10	
22	0	0,37461	0,92718	0,40403	2,47509	0	68
	10	0,37730	0,92609	0,40741	2,45451	50	
	20	0,37999	0,92499	0,41081	2,43422	40	
	30	0,38268	0,92388	0,41421	2,41421	30	
	40	0,38537	0,92276	0,41763	2,39449	20	
	50	0,38805	0,92164	0,42105	2,37504	10	
23	0	0,39073	0,92050	0,42447	2,35585	0	67
	10	0,39341	0,91936	0,42791	2,33693	50	
	20	0,39608	0,91822	0,43136	2,31826	40	
	30	0,39875	0,91706	0,43481	2,29984	30	
	40	0,40141	0,91590	0,43828	2,28167	20	
	50	0,40408	0,91472	0,44175	2,26374	10	
24	0	0,40674	0,91355	0,44523	2,24604	0	66
	10	0,40939	0,91236	0,44872	2,22857	50	
	20	0,41204	0,91116	0,45222	2,21132	40	
		dos.	wst.	dot.	sty.	Minut	Stopni

Stopni	Minut	wst.	.dos.	sty.	dot.		
	30	0.41469	0.90996	0.45573	2.19430	30	
	40	0.41734	0.90875	0.45924	2.17749	20	
	50	0.41998	0.90753	0.46277	2.16090	10	
25	0	0.42262	0.90631	0.46631	2.14451	0	65
	10	0.42525	0.90507	0.46985	2.12832	50	
	20	0.42788	0.90383	0.47341	2.11233	40	
	30	0.43051	0.90259	0.47698	2.09654	30	
	40	0.43313	0.90133	0.48055	2.08094	20	
	50	0.43575	0.90007	0.48414	2.06553	10	
26	0	0.43837	0.89879	0.48773	2.05030	0	64
	10	0.44098	0.89752	0.49134	2.03526	50	
	20	0.44359	0.89623	0.49495	2.02039	40	
	30	0.44620	0.89493	0.49858	2 00569	30	
	40	0.44880	0.89363	0.50222	1.99116	20	
	50	0.45140	0.89232	0.50587	1.97680	10	
27	0	0.45399	0.89101	0.50953	1.96261	0	63
	10	0.45658	0.88968	0.51319	1.94858	50	
	20	0.45917	0.88835	0.51688	1.93470	40	
	30	0.46175	0.88701	0.52057	1.92098	30	
	40	0.46433	0.88566	0.52427	1.90741	20	
	50	0.46690	0.88431	0.52798	1.89400	10	
28	0	0 46947	0.88295	0.53171	1.88073	0	62
	10	0.47204	0.88158	0.53545	1.86760	50	
	20	0.47460	0.88020	0.53920	1.85462	40	
	30	0.47716	0.87882	0.54296	1.84177	30	
	40	0.47971	0.87743	0.54673	1.82906	20	
	50	0.48226	0.87603	0.55051	1.81649	10	
29	0	0.48481	0.87462	0·55431	1.80405	0	61
	10	0.48735	0.87321	0·55812	1.79174	50	
	20	0.48989	0.87178	0·56194	1.77955	40	
	30	0.49242	0.87036	0·56577	1.76749	30	
	40	0.49495	0.86892	0·56962	1.75556	20	
	50	0.49748	0.86748	0·57348	1.74375	10	
30	0	0.50000	0.86603	0·57735	1.73205	0	60
	10	0.50252	0.86457	0·58124	1.72047	50	
	20	0.50503	0.86310	0·58513	1.70901	40	
	30	0.50754	0.86163	0·58904	1.69766	30	
	40	0.51004	0.86015	0·59297	1.68643	20	
	50	0.51254	0.85866	0·59691	1,67530	10	
31	0	0.51504	0.85717	0·60086	1,66428	0	59
	10	0.51753	0.85567	0·60483	1.65337	50	
	20	0.52002	0.85416	0·60881	1.64256	40	
	30	0.52250	0.85264	0·61280	1,63185	30	
	40	0.52498	0.85112	0·61681	1.62125	20	
	50	0.52745	0.84959	0·62083	1.61074	10	
32	0	0.52992	0.84805	0.62487	1.60033	0	58
	10	0.53238	0.84650	0.62892	1.59002	50	
	20	0.53384	0.84495	0.63299	1.57981	40	
	30	0.53730	0.84339	0.63707	1.56969	30	
	40	0.53975	0.84182	0.64117	1.55966	20	
	50	0.54220	0.84025	0.64528	1.54972	10	
		dos.	wst.	dot.	sty.	Minut	Stopni

Stopni	Minut	wst.	dos.	sty.	dot.		
33	0	0.54464	0.83867	0.64941	1.63986	0	57
	10	0.54708	0.83708	0.65355	1.53010	50	
	20	0.54951	0.83549	0.65771	1.52043	40	
	30	0.55194	0.83389	0.66189	1.51084	30	
	40	0.55436	0.83228	0.66608	1.50133	20	
	50	0.55678	0.83066	0.67028	1.49190	10	
34	0	0.55919	0.82904	0.67451	1.48256	0	56
	10	0.56160	0.82741	0.67875	1.47330	50	
	20	0.56401	0.82577	0.68301	1.46411	40	
	30	0.56641	0.82413	0.68728	1.45501	30	
	40	0.56880	0.82248	0.69157	1.44598	20	
	50	0.57119	0.82082	0.69588	1.43703	10	
35	0	0.57358	0.81915	0.70021	1.42815	0	55
	10	0.57596	0.81748	0.70455	1.41934	50	
	20	0.57833	0.81580	0.70891	1.41061	40	
	30	0.58070	0.81412	0.71329	1.40195	30	
	40	0.58307	0.81242	0.71769	1.39336	20	
	50	0.58543	0.81072	0.72211	1.38484	10	
36	0	0.58779	0.80902	0.72654	1.37638	0	54
	10	0.59014	0.80730	0.73100	1.36800	50	
	20	0.59248	0.80558	0.73547	1.35968	40	
	30	0.59482	0.80386	0.73996	1.35142	30	
	40	0.59716	0.80212	0.74447	1.34323	20	
	50	0.59949	0.80038	0.74900	1.33511	10	
37	0	0.60181	0.79864	0.75355	1.32704	0	53
	10	0.60414	0.79688	0.75812	1.31904	50	
	20	0.60645	0.79512	0.76272	1.31110	40	
	30	0.60876	0.79335	0.76733	1.30323	30	
	40	0.61107	0.79159	0.77196	1.29541	20	
	50	0.61337	0.78980	0.77661	1.28764	10	
38	0	0.61566	0.78801	0.78129	1.27994	0	52
	10	0.61795	0.78622	0.78598	1.27230	50	
	20	0.62024	0.78442	0.79070	1.26471	40	
	30	0.62251	0.78261	0.79544	1.25717	30	
	40	0.62479	0.78079	0.80020	1.24969	20	
	50	0.62706	0.77897	0.80498	1.24227	10	
		dos.	wst.	dot.	sty.	Minut	Stopni

Stopni	Minut	wst.	dos.	sty.	dot.		
39	0	0.62932	0.77715	0.80978	1.33490	0	51
	10	0.63158	0.77531	0.81461	1.22758	50	
	20	0.63383	0.77347	0.81946	1.22031	40	
	30	0.63608	0.77162	0.82434	1.21310	30	
	40	0.63832	0.76977	0.82923	1.20593	20	
	50	0.64056	0.76791	0.83415	1.19882	10	
40	0	0.64279	0.76604	0.83910	1.19175	0	50
	10	0.64501	0.76417	0.84407	1.18474	50	
	20	0.64723	0.76229	0.84906	1.17777	40	
	30	0.64945	0.76041	0.85408	1.17085	30	
	40	0.65166	0.75851	0.85912	1.16398	20	
	50	0.65386	0.75661	0.86419	1.15715	10	
41	0	0.65606	0.75471	0.86929	1.15037	0	49
	10	0.65825	0.75280	0.87441	1.14363	50	
	20	0.66044	0.75088	0.87955	1.13694	40	
	30	0.66262	0.74896	0.88472	1.13029	30	
	40	0.66480	0.74703	0.88992	1.12369	20	
	50	0.66697	0.74509	0.89515	1.11713	10	
42	0	0.66913	0.74314	0.90040	1.11061	0	48
	10	0.67129	0.74120	0.90969	1.10414	50	
	20	0.67344	0.73924	0.91099	1.09770	40	
	30	0.67559	0.73728	0.91633	1.09131	30	
	40	0.67773	0.73531	0.92170	1.08496	20	
	50	0.67987	0.73333	0.92709	1.07864	10	
43	0	0.68200	0.73135	0.93252	1.07237	0	47
	10	0.68412	0.72937	0.93797	1.06613	50	
	20	0.68624	0.72737	0.94345	1.05994	40	
	30	0.68835	0.72537	0.94896	1.05378	30	
	40	0.69046	0.72337	0.95451	1.04766	20	
	50	0.69256	0.72136	0.96008	1.04158	10	
44	0	0.69466	0.71934	0.96569	1.03553	0	46
	10	0.69675	0.71732	0.97133	1.02952	50	
	20	0.69883	0.71529	0.97700	1.02355	40	
	30	0.70091	0.71325	0.98270	1.01761	30	
	40	0.70298	0.71121	0.98843	1.01170	20	
	50	0.70505	0.70916	0.99420	1.00583	10	
45	0	0.70711	0.70711	1.00000	1.00000	0	45
		dos.	wst.	dot.	sty.	Minut	Stopni

ROZDZIAŁ V.

MIARY I WAGI.

115. Miary i wagi same w sobie uważane zupełnie są dowolne, dla tego też prawie każdy kraj używa odmiennych miar długości, powierzchni, objętości oraz wag. Łatwo pojąć, że powszechna miara i waga, przyczyniłaby się nie mało do ułatwienia handlu i rachunkowości między narodami i do zbliżenia ich pomiędzy sobą, pod względem naukowym i przemysłowym.

Starano się usilnie wynaleźć powszechną miarę, którąby oparta na stałych zjawiskach przyrody, była niezmienną i wolną od zagłady.

W tym celu akademija Paryzka nauk r. 1790 wyznaczyła komisyę złożoną z pp. *Bordy*, *Lagranża* i *Kondorseta*, która zgodziła się wymierzyć część południka ziemskiego przechodzącego przez Paryż, pomiędzy Dunkierką a Barceloną z jak największą ścisłością. Jedna dziesięciomilionowa cząstka czwartéj części tego południka, lub jedna czterdziestomilionowa cząstka obwodu ziemi, zmierzona na południku przechodzącym przez Paryż nazwana *metrem*, stała się jednostką zasadniczą miar długości we Francyi i w całym świecie naukowym, a dziś przyjętą została i w cesarstwie Niemieckiem. Wszelkie inne miary używane przez różne narody, jako nie mające żadnéj pewnéj podstawy, zaginąć mogą, w skutek np. wielkich wojen, przewrotów politycznych i upadku oświaty; jak zniknęły miary dawnych Greków, Rzymian i Hebrajczyków, których słabe tylko znajdujemy dziś ślady; ale miara metryczna nigdy już zaginąć nie może, jako na stałéj podstawie t. j. na przyrodzie oparta.

Sposobem drugim wzięcia od przyrody jednostki miary, przez Anglików przyjętym, jest długość wahadła sekundowego, pod pewną szerokością geograficzną.

Z postaci kulistéj ziemi i siły odśrodkowéj przez obrot wirowy dzienny zrządzonéj wynika, że siła ciężkości większą jest przy biegunach jak na równiku i stosunkowo zmniejsza się od biegunów ku równikowi. Poruszenia więc wahadła pewnéj długości będą przy biegunie prędszemi, w miarę zaś zbliżania się ku równikowi, powolniejszemi. Chcąc zatém jednostajne wymierzać czasy, np. sekundy średniego czasu, należy powiększać długość wahadła, w miarę zbliżania się ku biegunowi. *Bouger*, *La Caille* i *Borda*, robili ściste doświadczenia z wahadłem; ten ostatni znalazł pod szerokością Paryża, długość sekundowego wahadła równą 440,5593 linii paryzkich, czyli 0,99385 metra, które w 24 godzinach robi 86400 kołysań. A że długości dwóch wahadeł są w stosunku odwrotnym kwadratów z liczby kołysań w jednymże czasie, przeto jeden metr zrobiłby na 24 godzin $86140\frac{1}{2}$ kołysań. Dla wynalezienia wahadła sekundowego w jakiemkolwiek miejscu *Laplace* w dziele: *Connaissance des temps pour 1820*, sprowadził doświadczenia p. *Bordy* i poszukiwania p. *Mathieu* do formuły ogólnéj:

$$0^{m},990787 + 0^{m},0053982 \text{ wst }^{2} \text{ szer. geogr.}$$

Długość przeto wahadła będzie doskonałym wzorem i najstosowniejszym praktycznym środkiem do utworzenia metra, gdyby takowy kiedyś zaginął lub stał się wątpliwym [1]).

I. Miary długości.

Podział tak większych jak mniejszych części miary francuzkiéj jest dziesiętnym. Większe od metra części nazwano z greckiego 10 *deca*, 100 *hecto*, 1000 *kilio*, 10,000 *myria*; mniejsze zaś z łacińskiego $^{1}/_{10}$ *deci*, $^{1}/_{100}$ *centi*, $^{1}/_{1000}$ *milli*. I tak: czwarta część południka ziemskiego = 100 stopni (dégrés), 1 dégré = 10 myriametres; 1 myriametre = 10 kilometres; 1 kilometre = 10 hectometres;

1 hectometre = 10 decametres

Decametre =	10	metrów.
Hectometre =	100	
Kilometre =	1000	
Myriametre =	10000	

Decimetre	jest	częścią	10	metra
Centimetre	„	„	100	
Millimetre	„	„	1000	
Dix-millimetre	„	„	10000	

---

[1]) Z powyższej formuły obrachowaną została następująca tablica:

Miejsce	Stopnie szerokości geograficznej	Długość wahadła	
		w metrach	w calach pols.
Obserwatoryum paryzkie	48° 50′ 13″	0,993846	41,4102
Kraków, obserw. . . .	50° 3′ 38″	0,993960	41,4150
Londyn, Ś-ty Paweł . .	51° 30′ 49″	0,994094	41,4205
Warszawa, obserw. . .	52° 14′ 28″	0,994159	41,42329
Wilno, obserw. . . .	54° 41′ 2″	0,994381	41,4325
Petersburg, obserw. . .	59° 56′ 23″	0,994833	41,4513
Przy biegunie	90° 0′ 0″	0,996185	41,5077.

Jedna mila francuzka (lieue) równa się 4444,4444 metrów (= 2572,016 sąż. pols.); 25 *lieue* idzie na 1 stopień $\left(\frac{1}{360}{}^{\circ}\right)$ geogr.). Jedna mila morska (lieue-marine) = 5555,5556 metrów (20 na 1 stopień $\left(\frac{1}{360}{}^{\circ}\right)$ geograf.) 19 *lieues-marines* = 5 *myriametres.*

II. Miary powierzchni.

Jednostką téj miary jest *are*, równający się kwadratowi mającemu za boki po 10 metrów, czyli 100 metrów □ (= 5,3583 prętów □ polskich. 1 Morg pols. = 300 prętów).

Hectare = 100 ares.

Centiare = $\frac{1}{100}$ ara.

III. Miary objętości.

Jednostką téj miary jest metr sześcienny, który Francuzi nazywają *Stère*, a który służy do mierzenia drzewa opałowego. Tysiączna część metra sześciennego nazywa się *decimetrem* sześciennym, który równa się jednemu *litrowi* (1 litr = 1 kwarcie polskiéj, a 1 litr wody waży 1 kilogram czyli funtów polskich 2,466).

Decalitre	= 10	litrów.
Hectolitre	= 100	
Kilolitre	= 1000	
Myrialitre	= 10000	

Decilitre	jest częścią	10	litra.
Centilitre	„ „	100	
Millilitre	„ „	1000	
Dix-millilitre	„ „	10000	

IV. Miary ciężarów.

Jednostką zasadniczą tych miar jest *gramm* równający się wadze 1-go centimetra sześciennego wody dystyllowanéj, temperatury + 4° C. zważonéj w próżni.

Decagramme	= 10	grammów.
Hectogramme	= 100	
Kilogramme	= 1000	
Myriagramme	= 10000	

Decigramme	jest częścią	10	gramma.
Centigramme	„ „	100	
Milligramme	„ „	1000	
Dix-milligramme	„ „	10000	

Jedna *tonna* = 1000 kilogramów, jest to waga jednego metra sześciennego wody.

116. Nowe polskie miary długości. Nazwiska miar długości prawie wszystkich krajów są: cale, stopy, łokcie, sążnie, pręty i mile. Używa się ich w handlu, leśnictwie, w fabrykach i rękodzielniach; pręta zaś używa się w miernictwie. Geometrowie praktyczni, dla ułatwienia sobie rachunku, dzielą pręt na 10 stóp, stopy na 10 cali, cale na 10 linii. U nas stopy dziesiętne nazywają się pręcikami, a cale ławkami.

Jednostką miar nowych polskich podług postanowienia księcia Namiestnika *Zajączka* z dnia 13 czerwca 1818 r. (Obacz *Miary* i *Wagi* Kolberga z r. 1838 str. 5) jest łokieć zawierający dwie stopy.

Podział łokcia.

Łokieć	Stóp	Ćwierci	Cali	Linii	Millimetrów
1	2	4	24	288	576
	1	2	12	144	288
		1	6	72	144
			1	12	24
				1	2

Polskie millimetry są zupełnie równe millimetrom francuzkim, zatém
1 łokieć nowopolski = 0,576 metra.
= 255,338459136 linii francuzkich dawnych.
= 0,967191133 łokcia polskiego dawnego.
= 0,886592 łokcia litewskiego.
= 0,8099134 arszynów rossyjskich.
= 0,863647 (Elle) łokcia pruskiego.
= 0,739218 (Elle) łokcia austryackiego.
= 0,484666 (Aune) łokcia francuzkiego dawnego.
= 0,480000 (Aune) łokcia francuzkiego nowego.
= 0,629932 Yarda angielskiego.
1 stopa nowopolska = 0,288 metra.
= 127,6692295680 linii francuzkich dawnych.
= 0,967191133 stóp polskich dawnych.
= 0,8865918720 stóp litewskich i francuz. (pied du roi).
= 0,944899 stóp rossyjskich i angielskich (foot).
= 0,9176254 (Fuss) stóp reńskich v. pruskich.
= 0,911097 (Fuss) stóp wiedeńskich.

1 Sążeń = 3 łokciom = 6 stóp = 72 cali = 864 linii = 1728 millimetrów; zatém:
1 Sążeń nowopolski = 1,728 metrów.
= 0,88659187 toise francuzkich dawnych.
= 0,8099134 sażeni rossyjskich.
= 0,9176254 klafter pruskich.
= 0,911097 klafter wiedeńskich.
= 1,889798 yard angielskich.
1 Sznur mierniczy = 10 prętów.

1 Pręt = 7 $^1/_2$ łokci = 10 pręcików czyli stóp geometrycznych = 100 ławek = 180 cali = 2160 linii = 4320 millimetrów.

117. Miary drożne. 1 mila polska = 2 pół mili = 4 ćwierć mili = 8 staj = 1481 łokci 12 cali 3,74 linii = 8534311,48952 millimetrów.

Na traktach pocztowych Królestwa liczą na 1 milę *siedm* werst; mila taka krótszą jest od mili polskiéj prawnéj i zawiera tylko 12964 łokci 8 cali 4,54 linij.

Mila polska = 8 werst = 8,534311 kilometrów francuzkich.
= 1,920237 lieue francuzkich.
= 1,13380 meile pruskich.
= 1,12516 meile austryackich.
= 5,30365 miles angielskich.

Wyraz *mila* od łacińskiego *miliare* wskazuje, że miara ta od Rzymian do nas przyszła; u nich mila składała się z ośmiu staj (*stadium*) po 125 kroków (krok = 5 stóp rzymskich) = 1000 kroków czyli = 1473,098 metrów = 1611 yardów angielskich.

Najdogodniéj jest porównać mile pomiędzy sobą, jeżeli wiemy jaka ich liczba idzie na stopień południka. Mili geograficznéj i niemieckiéj naznaczono długość = $\frac{1}{15}$ stopnia południka ziemskiego. Podług wymiarów francuzkich, długość czwartéj części południka = 5130740 *toises* franc. daw. = 10,000,000 metrów = 5787038 sążni now. pols., przeto 90-ta część 4-éj części południka t. j:

1 stopień szerokości = 57008 toises francuz. = 1,111,111 metrów = 64300,427 sążni polskich.

1 mila geogr. = 3800½ toises francuz. = 74074 metrów = 4286,695 sążni polskich.

118. Miary górnicze. W górnictwie używają miar długości zwanych *lachtrami*. Lachtry dzielone są powszechnie na ośm części zwanych *achtlami*, każda ósma część na 10 części zwanych *calami*, cal zaś na 10 *prym*, a pryma na 10 *sekund*.

Podział lachtra.

Lachter	Achtel	Cali	Prym	Sekund
1	8	80	800	8000

Lachtry polskie dzielą się na 10 stóp lachtrowych, 100 cali lachtrowych, 1000 prym czyli linij lachtrowych.

Lachter polski	= 84 cali zwycz.	= 2016 millim.	= 7 stóp. zwycz.
Stopa lachtrowa	= 8,4 „	= 201,6 „	
Cal lachtrowy	= 0,84 „	= 20,16 „	
Pryma	= 0,084 „	= 2,016 „	

Zamiana rozmaitych lachtrów na millimetry.

Miejsce	Millim.	Miejsce	Millim.
Dania lachtr .	2011	Palatynat . .	2126
Eisleben . .	2018	Polska . . .	2016
Freyberg . .	1985	Prussy . . .	2092
Idrya . . .	1957	Saksonia . .	1977
Joachimsthal .	1956	Szemnic . .	2025
Klausthal . .	1924	Szlązk . . .	1920
Oberharz . .	1925	Szwecya . .	1781

119. Porównanie miar długości. Aby nabrać rzetelnego pojęcia o długości stopy rozmaitych narodów, potrzeba stopy innych narodów porównać ze stopą francuzką. Ta ostatnia ma 144 linij francuzkich, a przez porównanie znaleziono, że takich linij zawiera:

Stopa wiedeńska . . .	140,126
„ pruska	139,13
„ angielska i rossyjska	135,114
„ bawarska. . . .	129,38.

Te liczby służą do porównania stóp tych krajów pomiędzy sobą i do redukowania jednych na drugie. Zwracamy jeszcze uwagę, że jeden metr zawiera 443,29 linij paryzkich.

Przykład 1. Zamienić stopy wiedeńskie na paryzkie i nawzajem paryzkie na wiedeńskie. Oznaczywszy stopy paryzkie przez P, a wiedeńskie przez W, to musimy użyć proporcyi następującéj:

$$P : W = 140{,}126 : 144.$$

zkąd otrzymamy dwa następujące równania:

$$P = \frac{140{,}126}{144} . W \text{ i } W = \frac{144}{140{,}126} . P.$$

Wykonawszy naznaczone działanie, otrzymamy:

$$(1) \quad P = 0{,}973 . W \text{ i } (2) \quad W = 1{,}0276 . P.$$

Z pomocą równania (1) można daną liczbę stóp wiedeńskich zamienić na stopy paryzkie; a za pomocą równania (2) daną liczbę stóp paryzkich zamienić na stopy wiedeńskie.

Weźmy np. 100 stóp wiedeńskich, ile uczynią stóp paryzkich?

Wstawiwszy 100 zamiast W w równanie (1) otrzymamy:

$$P = 97{,}3;$$

t. j. 100 stóp wiedeńskich czynią 97,3 stóp paryzkich.

Daléj, 100 stóp paryzkich, ile czynią stóp wiedeńskich?

Wstawiwszy 100 za P w równanie (2), otrzymamy:

$$W = 102{,}76$$

t. j. 100 stóp wiedeńskich czynią 102,76 stóp paryzkich.

Przykład 2. Mamy zamienić stopy wiedeńskie na angielskie i nawzajem. Oznaczywszy stopy wiedeńskie przez W, a angielskie (vel rossyjskie) przez A, otrzymamy równanie: $140{,}126 . W = 135{,}114 . A$. zkąd:

$$W = \frac{135{,}114 . A}{140{,}126}, \text{ i } A = \frac{140{,}126}{135{,}114} W.$$

Wykonawszy dzielenie, otrzymamy:

$$W = 0{,}964\ A \text{ ; i } A = 1{,}037 .\ W.$$

Pierwsze równanie zamienia stopy angielskie (vel rossyjskie) na wiedeńskie, a drugie stopy wiedeńskie na angielskie (vel rossyjskie).

Np. 80 stóp angielskich, ile czynią stóp wiedeńskich?

Wstawiając 80 zamiast A w równanie pierwsze otrzymamy:

$$W = 77{,}12.$$

t. j. 80 stóp angielskich, czynią 77,12 stóp wiedeńskich.

Jeżeli się zaś pytamy ile 80 stóp wiedeńskich uczynią angielskich? to zamiast W w równanie drugie wstawiamy liczbę 80, zkąd otrzymamy:

$$A = 82{,}96;$$

t. j. 80 stóp wiedeńskich czynią 82,96 stóp angielskich.

120. Miary powierzchni. Jednostką miar powierzchni, jak to już powiedzieliśmy wyżéj, jest *kwadrat*, zwany według długości boku: *calem*, *stopą*, *metrem*, *sążniem*, *prętem* kwadratowym i t. p.

Przy rozmiarach, oprócz kwadratu służącego za jednostkę, używaną jest pewna gruntowa miara nosząca nazwy: *włóka*, *mórg* i t. p., która z pewnéj liczby jednostek kwadratowych się składa, i tak *mórg polski* zawiera 300 prętów □ polskich.

I. *Podział łokcia* □.

Łokieć □	Stóp □	Ćwierci □	Cali □	Linij □	Millimetrów □
1	4	16	576	82944	331776
	1	4	144	20736	82944
		1	36	5184	20736
			1	144	576
				1	4

II. *Podział sążnia* □.

Sążeń □	Stóp □	Cali □	Linij □	Millimetrów □
1	36	5184	746496	2985984
	1	144	20736	82944
		1	144	576
			1	4

III. *Podział sznura* □.

Sznur □	Prętów □	Łokci □	Pręcików kw. czyli stóp geometrycz.	Ławek □	Cali □	Linij □	Millimetrów □
1	100	5625	10000	1000000	3240000	466560000	1866240000
	1	$56\frac{1}{4}$	100	10000	32400	4665600	18662400
		1	$1\frac{7}{9}$	$177\frac{7}{9}$	576	82944	331776
			1	100	324	46656	186624
				1	3,24	466,56	1866,24
					1	144	576
						1	4

IV. *Podział włóki.*

Włóka	Morgów	Sznurów □	Prętów □	Łokci □	Pręcików □	Ławek □
1	30	90	9000	506250	900000	90000000
	1	3	300	16875	30000	3000000
		1	100	5625	10000	1000000
			1	$56\frac{1}{4}$	100	10000
				1	$1\frac{7}{9}$	$177\frac{7}{9}$
					1	100

Włóki, morgi, sznury □, pręty □, pręciki □, ławki □, są miarami geometrycznemi, używanemi przy pomiarach gruntów; inne zaś są miarami zwyczajnemi.

Jednostką miar powierzchni jest *pręt* □ = 18,66240 metrów □ = 176,86 stóp franc. daw. □.
= 4,09980 sażeni □ rossyjskich.
= 1,31570 □ ruthe pruskich.
= 5,18826 □ klafter wiedeńskich.
= 0,18662 are francuzkich.
= 0,73788 pole angielskich.

Mórg polski = 300 prętów = 5598,7200 metrów □.
= 0,51247 dziesięcin ross. (po 2400 saż. □).
= 2,19210 morgów pruskich (po 180 ruthen □).
= 0,97279 joch wiedeńskich (po 1600 klafter □).
= 55,98720 are franc. (po 100 metrów □).
= 1,38353 acre ang. (po 160 poles □).

121. Porównanie miar powierzchni. Wiadomo, że powierzchnię niewiadomą, tylko przez inną powierzchnię wiadomą wymierzyć można. Ta druga miara wzięta za jednostkę, może być stopą □, metrem □, sążniem □ etc. Ponieważ stopy u różnych narodów są różnéj długości, przeto i stopy □, muszą wielką pomiędzy sobą stanowić różnicę. Podanie więc sposobu redukowania jednych miar na drugie, będzie tu na swojém miejscu.

Przypuśćmy, że mamy pewną liczbę stóp □ wiedeńskich zredukować na stopy paryzkie, lub też odwrotnie — w takim razie należy pamiętać, że jedna stopa □ paryzka ma $(144)^2$ linij kwadr. paryzkich, a jedna stopa □ wiedeńska, równa się $(140{,}126)^2$ linij kwadr. paryzkich.

Jeżeli więc W oznacza pewną liczbę stóp □ wiedeńskich, a P odpowiednią liczbę stóp □ paryzkich, to otrzymamy równanie:

$$(144)^2\, P = (140{,}126)^2\, W, \text{ zkąd:}$$

$$P = \frac{(140,\ 126)^2 .\ W}{(144)^2},\ \text{a}\ W = \frac{(144)^2\ .\ P}{(140{,}126)^2}.$$

Jeżeli wykonamy naznaczone działanie, to otrzymamy dwa bardzo proste równania:

$$P = 0{,}9469 \,.\, W, \text{ i } W = 1{,}056 \,.\, P.$$

Równanie pierwsze redukuje wiedeńskie, a drugie stopy kwadratowe paryzkie. Zachodzi np. pytanie, ile 500 stóp kwadr. wiedeńskich, czynią stóp □ paryzkich? Jeżeli wstawimy 500 za W w równanie pierwsze, to znajdziemy:

$$P = 473{,}45 \text{ stóp □ paryzkich.}$$

Jeżeli teraz na odwrót pytamy się, ile 500 stóp □ paryzkich, czynią stóp □ wiedeńskich, to wtedy wstawiamy 500 za P w równanie drugie, i otrzymamy:

$$W = 528 \text{ stóp wiedeńskich.}$$

Z tych przykładów łatwo się nauczyć, jak się zamieniają stopy □ jednego kraju, na stopy □ drugiego kraju.

122. **Miary objętości czyli sześcienne.** W ogóle miary sześcienne podzielić można na miary *bryłowatości* (*mesures de solidité*) i na miary *objętości* czyli *miąższości* (*mesures de capacité*); do wyrażenia pierwszych, używanych w mechanice, budownictwie i t. p. jednostką jest sześcian z jednostki miary podłużnéj, np. cala, stopy, metra, ztąd cal sześcienny, stopa sześcienna, metr sześcienny; drugim zaś używanym w handlu, służy za jednostkę miara, pewną liczbę jednostek sześciennych w sobie zawierająca, która osobną ma nazwę: *kwarty*, *litra* i t. p.

Miary sześcienne pierwszego rodzaju, są do siebie w stosunku sześcianów z miar długości, służących im za podstawę.

Miary zaś objętości czyli miąższości są dwojakie:

a) Miary rzeczy sypkich, stałych, np. zbóż, owoców.

b) Miary płynów, np. wina, wódki, piwa etc.

Częstokroć miary obu tych gatunków, polegają na różnych jednostkach; czasem zaś mają jednostkę wspólną, t. j. że jednostka miar sypkich, jest także jednostką miar płynów.

Francuzi sześcian z dziesiątej części metra, czyli jeden decimetr sześcienny, przyjęli za jednostkę miar objętości, nazywając go *litrem*; tęż samą jednostkę w r. 1818 przyjęto u nas i do miar polskich i nazwano *kwartą*, która jest zupełnie równa jednemu *litrowi* czyli sześciennemu *decimetrowi*.

I. *Podział łokcia sześciennego.* (△)

Łokieć △	Stóp △	Ćwierci △	Cali △	Linij △	Millimetrów △
1	8	64	13824	23887872	191102976
	1	8	1728	2985984	23887872
		1	216	373248	2985984
			1	1728	13824
				1	8

II. *Podział sążnia sześciennego.*

Sążeń △	Stóp △	Cali △	Linij △	Millimetrów △
1	216	373248	644972544	5159780352
	1	1728	2985984	23887872
		1	1728	13824
			1	8

III. *Podział korca.*

Korzec	Półkorcówka	Ćwierci	Garncy	Kwart	Kwaterek	Cali △	Linij △	Milimetrów △
1	2	4	32	128	512	$9259\,{}^{7}/_{27}$	16000000	128000000
	1	2	16	64	256	$4629\,{}^{17}/_{27}$	8000000	64000000
		1	8	32	128	$2314\,{}^{22}/_{27}$	4000000	32000000
			1	4	16	$289\,{}^{19}/_{54}$	500000	4000000
				1	4	$72\,{}^{73}/_{216}$	125000	100000
					1	$18\,{}^{73}/_{864}$	31250	250000
						1	1728	13824
							1	8

Wspólną jednostką miar objętości do rzeczy sypkich i płynów, jest kwarta równa *litrowi* francuzkiemu. Kwart 4 idzie na garniec.

Garniec = $289\frac{19}{54}$ cali sześciennych nowopolskich.
= 201,649664 cali sześciennych francuzkich dawnych
= 4,0 litrów francuzkich.
= 1,061314 garncy dawnych polskich.
= 1,416830 „ litewskich.
= 1,2205406 „ rossyjskich.
= 1,1644535 metzen pruskich.
= 1,040662 massel wiedeńskich.
= 0,880666 gallon angielskich.

Do towarów sypkich używa się korzec = 4 ćwierci = 32 garncy.

Korzec = 128,00 . . . litrów francuzkich.
= 1,061314 korcy dawnych polskich.
= 0,314852 beczek litewskich.
= 0,6102703 czetwerti rossyjskich.
= 2,328907 scheffel pruskich.
= 2,081324 metzen wiedeńskich.
= 0,440333 quarter angielskich.
= 10,24 . . . boisseau francuzkich.

Ten sam garniec służy i do płynów, zatém:

Garniec pols. = 4,0 . . . litrów francuzkich.
= 1,061314 garncy dawnych polskich.
= 1,416830 garncy litewskich.
= 0,3254775 wiader rossyjskich.
= 0,05822267 eimer pruskich.
= 0,06894712 eimer wiedeńskich.
= 0,88066573 gallon angielskich.
= 4,00 . . . . pintes francuzkich.

W postanowieniu z r. 1818 nic nie powiedziano o wielkości beczek polskich, jednakże późniéj Komisya rządowa spraw wewnętrznych, wielkość beczki na 25 garncy czyli 100 kwart ustanowiła.

123. Porównanie miar objętości. Wiadomo, że jedna bryła niewiadoméj objętości, przez drugą bryłę wymierzoną być może. Ta bryła służąca za miarę innego ciała, nazywa się jednostką objętości, a tą jest stopa sześcienna czyli kubiczna. Redukcya stóp kubicznych rozmaitych krajów, jest bardzo łatwą. Jeżeli np. mamy pełną liczbę stóp kubicznych wiedeńskich na stopy paryzkie lub przeciwnie zredukować, to należy tylko wiedzieć że jedna stopa sześcienna paryzka zawiera w sobie $(144)^3$ linij sześcien.; zaś stopa sześcienna wiedeńska zawiera takichże linij sześciennych $(140{,}126)^3$. Jeżeli zatem W oznacza pewną liczbę stóp kub. wiedeńskich; a P odpowiednią liczbę stóp kub. paryzkich, to otrzymamy równanie:

$$(144)^3\,P = (140{,}126)^3 .\,W, \text{ zkąd}$$

$$P = \frac{(140{,}126)^3 .\,W}{(144)^3}, \text{ a } W = \frac{(144)^3}{(140{,}126)^3} .\,P.$$

Wykonawszy naznaczone działanie, otrzymamy dwa równania:

$$P = 0{,}9214 .\,W, \text{ a } W = 1{,}085 .\,P.$$

Stóp sześciennych wiedeńskich 30, ile czynią stóp sześciennych paryzkich? Wstawiwszy 30 za W w równanie pierwsze, otrzymamy:

$$P = 27{,}642 \text{ stóp kubicznych paryzkich.}$$

Chcemy teraz wiedzieć, ile 30 stóp kubicznych paryzkich, czynią stóp kubicznych wiedeńskich? Wstawiamy więc 30 za P w równanie drugie, a otrzymamy równanie:

$$W = 1{,}085 \times 30 = 32{,}55 \text{ stóp kubicznych wiedeńskich.}$$

124. Co się francuzkich miar powierzchni dotyczy, to jednostką takowych jest *metr kwadratowy*, zawierający w sobie 100 decimetrów kwadratowych, a 10000 centimetrów kwadratowych. Powierzchnia, tworząca zupełny kwadrat, którego boki równają się 10 metrów, zawierająca więc w sobie 100 metrów □, nazywa się *Are*, jak to już na początku tego rozdziału powiedzieliśmy i służy do mierzenia pól, tak samo jak nasza morga.

Częstokroć jest mowa o sążniu francuzkim, *Toise* nazywanym, mającym za długość 6 stóp paryzkich. Ponieważ metr = 3,0784 stóp paryzkich, przeto metr □ $(3,0784)^2 = 9,4768$ stóp □ paryzkich. Ponieważ jeden sążeń □ (Toise) = 36 stóp □ paryzkich, przeto jeden metr □ jest prawie $\frac{1}{4}$ częścią sążnia francuzkiego □ (Toise).

Ze względu zaś na miary objętości, to we Francyi jednostką takowych jest metr sześcienny, który Francuzi nazywają *Stére*. Ten metr sześcienny zawiera w sobie 29,173 stóp sześciennych paryzkich. Tysiączna część metra sześciennego nazywa się *litrem*, jest to decimetr sześcienny i równa się naszéj polskiéj kwarcie, jak nam to wiadomo.

125. O miarach ciężkości czyli wagach. Wypadkowa sił działających ku środkowi ziemi, przez wszystkie atomy ciała będącego w spoczynku, zowie się jego *ciężarem*. Mierzenie tego ciężaru *ważeniem*, jednostkę zaś téj miary nazywamy *wagą*.

Ciężar ciał uważa się dwojako: *ciężar bezwzględny* (bez względu na objętość ciała), i *ciężar gatunkowy* (waga ciał rozmaitych przy jednakiéj objętości). Waga podobnie jak i inne miary wziętą jest z miary długości. We Francyi wzięto za jednostkę wagi: ciężar *centimetra sześciennego* wody dystylowanéj, ważonéj w próżni przy temperaturze 4-ch stopni termometru stustopniowego czyli *Celsiusza* ($= 3\frac{1}{2}$°R). i tę jednostkę wagi nazwano *gramme*.

Anglicy ciężar jednego cala sześciennego wody dystylowanéj ważonéj w powietrzu w temperaturze 62° termometru *Fahrenheita* przy 30 calach wysokości barometru przyjęli równy $252\frac{458}{1000}$ jednostek czyli *grains*. Miary ciężkości innych krajów i miast zwykle do tych wag są porównane, lub do grzywny holenderskiéj, zawierającéj 5120 *assów* równéj 246,0839 *grammów* francuzkich.

Doświadczenia czynione w mennicach londyńskiéj i paryzkiéj, staraniem lorda *Castlereagh* i hr. *Siméon* r. 1820 i 1821 wykazały, że *kilogram* francuzki = 15434 *grains* angielskich i że funt *troy* angielski = 373,202 grammów francuzkich.

W każdém prawie kraju jest kilka rodzajów wagi, odpowiednich różnym gałęziom przemysłu i handlu. Podzielić je można na wagi handlowe, wagi menniczne, wagi aptekarskie, wagi złota i srebra, wagi pereł i drogich kamieni.

Od zaprowadzenia r. 1819 nowych miar i wag w Królestwie Polskiem, funt nowy mało różniący się od dawnego i podobnie dzielony, został porównany dokładnie z miarami francuzkiemi. Jak przy miarach długości millimetry polskie z francuzkich są wzięte, tak również dla najdrobniejszych części *funta* użyto ciężaru równego *milligramom* francuzkim, i zatrzymano to nazwanie.

Funt handlowy polski ma podział następujący:

Funt	Uncyj	Łutów	Drachm	Skrupułów	Granów	Graników	Milligramów
1	16	32	128	384	9216	50688	405504
	1	2	8	24	576	3168	25344
		1	4	12	288	1584	12672
			1	3	72	396	3168
				1	24	132	1056
					1	$5\frac{1}{2}$	44
						1	8

Centnar = 4 kamieniom = 100 funtom.
1 kamień = 25 funtom.

Funt polski = 405,504 gramów francuzkich.
= 1,000680 funtów dawnych koron. polskich.
= 1,081840 funtów dawnych litewskich.
= 0,990513 funta rossyjskiego.
= 0,866996 funta pruskiego.
= 0,724099 funta wiedeńskiego.
= 1,086554 *pound troy* angielskich.
= 0,894079 *pound avoir-dupois* angielskich.

Funt rossyjski dzieli się na 32 *łuty*, albo 96 *zołotników*, *zołotnik* na 96 *doley*.

Berkowiec = 10 pudów = 400 funtów.
1 pud = 40 funtów.
1 funt ross. = 409,3880 gramów francuzkich.
= 1,009578 funtów polskich.
= 0,875401 funtów pruskich.
= 0,731034 funtów wiedeńskich.
= 1,096961 *troy pound* ang.
= 0,902642 *avoir dupois pound* ang.

Kilogram = 2,466066 funtów polskich.
= 2,442670 „ rossyjskich.
= 2,138071 „ pruskich.
= 2.00.... „ celnych vel niemieckich.
= 1,785676 „ wiedeńskich.
= 2,679514 *troy pounds* ang.
= 2,204857 *avoir dupois pounds* ang.
= 2,..... *livres usuelles* franc.

126. Zamiana wag jednych na drugie. Zwykłą jednostką wagi jest funt podzielony na 32 łuty. Sto funtów czynią jeden centnar. Ale we wszystkich krajach ludzie uczeni, już dawno przyjęli funt francuzki nazywany *kilogra-*

mem. Chcąc kilogramy zamienić na funty, centnary etc. i odwrotnie — postępuje się w taki sposób:

Przypuszczam, że mamy pewną ilość kilogramów zamienić na funty wiedeńskie, to do tego potrzebuję wiedzieć, że jeden kilogram = 1,7856 funtów wiedeńskich. Ponieważ kilogram znaczy 1000 gramów, przeto jeden *gram* jest jednostką *kilogramu*. Chcąc wiedzieć jaką częścią jest gram funta wiedeńskiego, należy liczbę 1,7856 podzielić przez 1000, przez co otrzymamy:

0,00178 funtów wiedeńskich = 0,0569 łutów.

Jeżeli mamy większą ilość kilogramów zamienić na funty wiedeńskie, należy tylko daną liczbę kilogramów pomnożyć przez liczbę 1,7856.

Zamieńmy 60 kilogramów na funty wiedeńskie.

$60 \times 1{,}7856 = 107{,}136$ funtów wiedeńskich.

Zamieńmy znowu odwrotnie 60 funtów wiedeńskich na kilogramy; w takim razie należy 60 podzielić przez 1,7856:

$$\frac{60}{1{,}7856} = 33{,}6 \text{ kilogramów.}$$

Również znajdziemy, kiedy 100 funtów wied. = 1 centnarowi wiedeńskiemu, że

$$\frac{100}{1{,}7856} = 56 \text{ kilogramów.}$$

Tym sposobem możemy także większą ilość kilogramów zamienić na centnary wiedeńskie i inne.

Funt angielski (*Avoir dupois*) używany bardzo często przy obrachowaniach technicznych, jest cokolwiek większy od $^1/_2$ kilogramu — albowiem 1 kilogram = 2,2 angielskich funtów.

Zatem 1 funt angielski = 0,4545 kilograma.

Ponieważ zaś jeden kilogram = 1,7856 funtów wiedeńskich, przeto 1 funt angielski:

$= 1{,}7856 \times 0{,}4545 = 0{,}8115$ funtów wiedeńskich.

Tym sposobem funty wiedeńskie na angielskie i odwrotnie redukować można.

Ile 100 funtów wiedeńskich uczynią funtów angielskich?

Podzieliwszy 100 przez 0,8115, znajdziemy, że:

$$\frac{100}{0{,}8115} = 123{,}22 \text{ funtów angielskich.}$$

Jeżeli się zaś pytamy ile 100 funtów angielskich uczyni funtów wiedeńskich? to wtedy należy liczbę 100 przez 0,8115 pomnożyć a znajdziemy, że:

$0{,}8115 \times 100 = 81{,}15$ funtów wiedeńskich i t. d.

127. Ciężar gatunkowy rozmaitych ciał. Uważając różne ciała pod tą samą objętością, np. jeden cal sześcienny ciał następujących: wody, drzewa, żelaza, ołowiu, rtęci, złota i t. d., to każdemu jest wiadomo, że te wszystkie ciała, jakkolwiek mają jednaką objętość, wszelako co do swojego ciężaru bardzo się od siebie różnią. Wagę owych ciał przy jednakiéj objętości, nazywać zwykliśmy ich *ciężkością* lub *ciężarem gatunkowym*.

Aby ciężar gatunkowy każdego ciała naznaczyć, musimy ciężar jakiegoś ciała, pewnéj objętości przyjąć jako *jednostkę ciężaru gatunkowego* dla porównania go z innemi ciałami takiéj saméj objętości; albowiem ciężar gatunkowy jakiegość ciała, jest stosunkiem jego gęstości do gęstości innego ciała wziętego za jedność.

Woda, jako mająca w téj saméj temperaturze wszędzie taką samą gęstość i w którą wszędzie obfituje natura, bierze się zwykle za miarę przy porównaniu ciężaru gatunkowego ciał.

Millimetr sześcienny dystylowanéj wody, w temperaturze $3\frac{1}{2}$ stopni termometru Réaumura (4,375 stopni Celsiusza) waży *jeden milligram*, że zaś polska stopa sześcienna = 23887872 millimetrów sześciennych, przeto tyleż *milligramów* czyli 58,9090909 funtów nowych polskich ważyć powinna. Wziąwszy za zasadę tablice *Eitelweina*, obliczone dla ciężaru stopy sześciennéj pruskiéj, znajdziemy dla stopy *polskiéj* następującą tablicę:

Ciężar polskiéj stopy sześciennéj wody dystylowanéj w różnéj temperaturze.

Stopnie Réaumura	Stopnie Celsiusza	Stopa sześcienna polska waży		Stopnie Réaumura	Stopnie Celsiusza	Stopa sześcienna polska waży	
		Funtów polsk.	Grammów francuzkich			Funtów polskich	Grammów francuzkich
0	0	58,9022	23885,005	10	12,5	58,8778	23875,211
1	1,25	58,9061	23886,677	12	15	58,8584	23867,328
2	2,50	58,9078	23887,358	14	17,5	58,8336	23857,296
$3\frac{1}{2}$	**4,375**	**58,90909**	**23887,872**	15	18,75	58,8197	23851,634
4	5	58,9085	23887,633	16	20	58,8054	23845,829
6	7,5	58,9031	23885,483	18	22,5	58,7724	23832,452
8	10	58,8937	23881,661	20	25	58,7371	23818,134

Mówi się więc, że ciężar gatunkowy wody = 1, gdy ciężar bezwzględny jednéj polskiéj stopy sześciennéj wody = 58,90909 funtów polskich. Jeżeli zatém powiemy, że ciężar gatunkowy rtęci = 14, to należy wiedzieć, że stopa sześcienna rtęci jest 14 razy cięższą od jednéj stopy sześciennéj wody.

To samo należy rozumieć, kiedy się mówi, że ciężar gatunkowy złota = 19, żelaza = 7,8, drzewa = $\frac{1}{2}$, $\frac{2}{3}$ lub $\frac{3}{4}$.

Oznaczywszy ciężar gatunkowy jakiegobądź ciała w ogólności przez n, to stopa jego sześcienna będzie ważyć n. 58,9 funtów. Jeżeli jego objętość = K, i jego ciężar bezwzględny = Q, to otrzymamy następujące równanie:

$$Q = n\,.\,58{,}9\,.\,K.$$

$$\text{zkąd:}\quad n = \frac{Q}{58{,}9\,.\,K}.$$

Mianownik 58,9. K oznacza stratę ciężaru tegoż ciała w wodzie, którą również znaleźć można przez bezpośrednie zważenie ciała zanurzonego w wodzie. Jeżeli W znaczy ciężar czyli wagę ciała zanurzonego w wodzie, to strata ciężaru wyniesie 58,9. $K = Q - W$; a zatém powyższą formułę można również tak napisać:

$$n = \frac{Q}{Q - W}.$$

Przykład. Kawałek *marmuru* zważono w powietrzu, a ciężar jego był = 4 łuty; następnie ten sam kawałek marmuru zważono w wodzie, a wtedy ciężar jego okazał się = 2,5 łutów, przeto $Q = 4$, a $W = 2{,}5$; podstawiwszy te wartości w powyższe równanie, otrzymamy:

$$n = \frac{4}{4 - 2{,}5} = 2{,}667,$$

t. j. że ciężar gatunkowy marmuru jest 2,667, a zatém stopa sześcienna marmuru waży $58{,}9 \times 2{,}667 = 157{,}086$ funtów polskich.

Przykład. Kawałek *ołowiu* waży w powietrzu 17 łutów, a w wodzie 15,5 łutów; jaki jest jego ciężar gatunkowy? Podług formuły wypada:

$$n = \frac{17}{17 - 15{,}5} = 11{,}33;$$

zatém stopa polska sześcienna ołowiu będzie ważyć:

$$58{,}9 \times 11{,}33 = 667{,}337 \text{ funtów polskich.}$$

Przykład. Kawałek *żelaza lanego* waży na powietrzu 5 funtów, a w wodzie 4,305 funtów; jaki jest jego ciężar gatunkowy? Podług naszéj formuły będzie:

$$n = \frac{5}{5 - 4{,}305} = 7{,}2;$$

a zatém polska stopa sześcienna żelaza lanego ważyć będzie:

$$58{,}9 \times 7{,}2 = 424{,}08 \text{ funtów polskich.}$$

128. **Ciężar gatunkowy drzewa.** Chcąc oznaczyć ciężar gatunkowy rozmaitego drzewa, najdogodniéj będzie porobić sobie z rozmaitych jego gatunków wziętych do doświadczeń, równoległościany, takowe w wodzie zanurzać i notować głębokości zanurzenia, przez co znaleźć się daje z łatwością ciężar gatunkowy jak następuje:

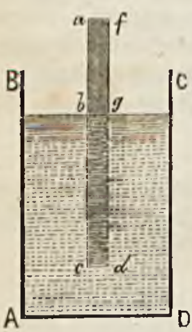


Fig. 63.

Niechaj będzie ad (Fig. 63) taki równoległościan, który wstawiony do wody zanurzy się po linię bg, więc bc będzie głębokością jego zanurzalności, którą należy jak najdokładniéj wymierzyć. Jest rzeczą widoczną, że woda zawarta w przestrzeni bd i wypchnięta przez część równoległościanu $bgdc$ musi ważyć tyle ile cały równoległościan drewniany $afdc$ waży. Jeżeli więc p oznacza przekrój równoległościanu, a n jego ciężar gatunkowy, to otrzymamy następujące równanie:

$$n \,.\, 58{,}9 \,.\, p \,.\, ac = 58{,}9 \,.\, p \,.\, bc \text{; zkąd}$$

$$n = \frac{bc}{ac};$$

t. j. znajdziemy zawsze ciężar gatunkowy drzewa, jeżeli głębokość zanurzenia, podzielimy przez całkowitą długość równoległościanu.

Przykład. Równoległościan *dębowy* 12 cali długości = ac, zanurza się w wodzie 9 cali, jaki jest jego ciężar gatunkowy? Podług powyższéj formuły będzie:

$$n = \frac{9}{12} = \frac{3}{4} = 0{,}75.$$

Przeto stopa sześcienna takiego drzewa dębowego ważyłaby:

$$58{,}9 \times 0{,}75 = 44{,}175 \text{ funtów polskich.}$$

Przykład. Jeden litr czyli decimetr sześcienny wody waży 1 kilogram czyli 1000 gramów; sześcian drewniany takiej samej objętości, a zatem mający boki po 10 centimetrów długie niechaj waży 740 gramów; to ciężar gatunkowy tego drzewa będzie $\frac{740}{1000} = 0{,}74$.

Przykład. Woda w napełnionej flaszy waży 500 grammów. Jeżeli teraz napełnimy tę flaszę owocem i odważymy ją, to waga owocu będzie 350 grammów wynosić; ciężar więc gatunkowy owocu $= \frac{350}{500} = \frac{35}{50} = 0{,}70$.

Jeżeli tę samą flaszę napełnimy olejem, który waży 460 gramów, to ciężar gatunkowy oleju $= \frac{460}{500} = 0{,}92$.

Przykład. Metr sześcienny powietrza atmosferycznego 0° C. pod ciśnieniem 76 centimetrów wysokości merkuryalnej waży 1,293 kilogramów. Podobnaż ilość wody waży 1000 kilogramów; będzie więc ciężar gatunkowy powietrza $= \frac{1{,}295}{1000} = 0{,}001293 = \frac{1}{773}$.

Przy dochodzeniu ciężaru gatunkowego ciał lotnych i parowych, bierze się zwykle ciężar atmosferycznego powietrza za jedność w temperaturze 0° C. pod ciśnieniem barometru 76 centimetrów.

Sposobem podanym w § 127 i 128 wynaleziono ciężary gatunkowe rozmaitych ciał stałych, płynnych i gazowych, które obejmuje następująca tablica:

129. Tablica ciężaru gatunkowego rozmaitych ciał.

I. *Ciała stałe.*

Alabaster	2,70	Drzewo jodłowe	0,49 do 0,75
Ałun	1,7 do 1,8	„ lipowe	0,559 — 0,604
Antracyt	1,4 — 1,48	„ mahoniowe	0,563 — 1,063
Antymon	6,65 — 6,72	„ wiśniowe	0,577 — 0,715
Arszenik	5,63 — 5,96	„ brzozowe	0,60 — 0,80
Azbest	2,10 — 2,80	„ dębowe	0,62 — 0,85
Asfalt	1,07 — 1,16	„ bukowe	0,63 — 0,85
Bazalt	2,72 — 2,86	„ jabłoń	0,67 — 0,79
Bursztyn	1,06 — 1,09	„ orzechowe	0,660
Białokrusz (Bleiglätte)	9,3 — 9,5	„ klonowe	0,65 — 0,69
Bronz	8,67 — 8,95	„ gruszkowe	0,65 — 0,73
Cegła zwyczajna	1,40 — 2,20	„ grabowe	0,769
Cynk lany	6,86 — 7,22	„ hebanowe zielone	1,210
„ walcowany	7,19 — 7,86	„ hebanowe czarne	1,180
Cyna	7,29 — 7,47	„ bukszpanowe	0,942
Ciało ludzkie	1,07 — 1,11	„ francuzkie guajak	1,33
Drzewo korkowe	0,240	„ liściaste suche średnio-nasycone wodą	0,659 i 0,110
„ sosnowe	0,38 — 0,79		
„ olszowe	0,42 — 0,68		

Drzewo iglaste suche średnio - nasycone wodą	0,453	i 0,839
Galena (kruszec ołowiany)	7,4	do 7,6
Gips lany i wyschnięty	0,973	
Gnejs	2,50	— 3,05
Glina	1,52	— 2,85
Jęczmień	1,278	
Kamień budowlany	2,5	
Kauczuk	0,925	— 0,934
Kość słoniowa	1,80	— 1,92
Kamień wapienny	2,46	— 2,84
Krzemień zwyczajny	2,3	— 2,7
Koks	0,40	
Kreda biała	1,8	— 2,66
Kwarc młynarski	1,24	— 2,61
Lód	0,916	— 0,927
Masło	0,943	
Metal dzwonowy	8,81	
„ działowy	8,788	
Miedź lana	8,59	— 8,90
„ kuta	8,88	— 9,00
„ w drucie	8,78	— 8,95
Marmur	2,52	— 2,85
Mur z kamienia łamanego	2,40	— 2,46
„ z piaskowca	2,05	— 2,12
„ z cegły	1,47	— 1,70
Mąka pszenna	1,56	
Mosiądz lany	8,40	— 8,71
„ w blasze	8,52	— 8,62
„ w drucie	8,34	— 8,73
Ołów	11,33	— 11,45
Pumeks	0,91	— 1,65
Platyna	20,9	— 21,5
Porfir	2,4	— 2,8
Porcelana	2,38	— 2,49
Piasek drobny i suchy	1,04	— 1,64
„ „ wilgotny	1,90	— 1,95
„ gruby „	1,37	— 1,49
Piaskowiec	1,90	— 2,70

Pszenica	1,346	
Skałka (krzemień)	2,58	do 2,59
Smoła	1,15	
Szkło butelkowe	2,73	
„ szybowe	2,642	
„ kryształowe	2,89	
„ zwierciadłowe	3,465	
„ flintglas	3,20	— 3,78
Sól kuchenna	2,10	— 2,17
Srebro lane	10,10	— 10,47
„ kute	10,51	— 10,62
Stal cementowa	7,26	— 7,80
„ fryszowana	7,50	— 7,81
„ lana	7,83	— 7,92
Tłuszcz	0,92	— 0,94
Wapno palone	2,3	— 3,18
„ gaszone	1,64	— 1,86
Węgiel z drzewa iglastego	0,28	— 0,44
„ z dębiny	0,573	
„ kamienny	1,21	— 1,51
„ brunatny	1,22	— 1,29
Wosk	0,97	
Żelazo kute	7,66	— 7,79
„ lane	7,0	— 7,5
„ w drucie	7,6	— 7,75
Ziemia gliniasta zbita i świeża	2,060	
Ziemia gliniasta zbita i sucha	1,930	
„ ogrodowa twarda świeża	2,050	
„ ogrodowa twarda sucha	1,630	
„ ogrod. sucha chuda	1,338	
Złoto szczero (kruszec)	14,6	— 19,1
„ lane	19,25	
„ kute	19,5	
Żywica sosnowa	1,073	
Żyto	0,776	

II. *Ciała płynne.*

Alkohol przy 20° C	0,792	
Eter „ „	0,716	
Kwasy: saletrowy przy 20°C	1,522	
„ solny przy 15°C	1,192	
Kwas siarkowy bezwodny przy 20°C	1,970	
Mléko	1,02	do 1,04
Oleje: oliwa przy 12°C	0,919	
„ olej lniany przy 12°C	0,940	

Oléj rzepakowy przy 15°C	0,918
Piwo	1,023 do 1,034
Woda morska . . .	1,02 — 1,04
Woda dystylowana .	1,00
Wino reńskie . . .	0,992 — 1,000
Wino Malaga . . .	1,015
„ Burgundzkie .	0,992
„ Madera . . .	1,038
Rtęć (merkuryusz) przy 0°C	13,550 do 13,575

III. *Ciała gazowe.*

W temperaturze 0° przyciśnieniu 0,76 metr. Ciężar gatunkowy powietrza które ze względu na wodę = 0,0013, przyjęte jest tutaj za jedność:

Dymy rtęciowe . .	6,976 do 7,03
„ siarkowe . .	3,01
Gaz kwas węglowy .	0,941
„ wodorodno-węglisty:	
1° tworzący oleje .	0,985
2° gaz kopalniany .	0,559
Gaz kwasorodny . .	1,103
„ z węgla kamiennego	0,5 do 0,6
„ saletrorodny . .	0,976
„ wodorodny . .	0,0688
Para alkoholowa . .	1,613
Powietrze atmosferyczne	1,000
Para wodna . . .	0,624
Para wodna nasycona przy 100° C. . .	0,470

130. Tablica wykazująca wagę jednéj stopy sześciennéj polskiéj ciał rozmaitych, których ciężar każdemu technikowi wiedzieć wypada.

		funtów polskich
Brzoza posp. sucha. .	*st. sz.*	29 do 36
Dąb żeński suchy . .	„	35 — 47
„ posp. „	„	41 — 45
Grab suchy	„	44 — 48
Jodła sucha	„	26 — 28
Klon pospolity suchy .	„	32 — 43
„ jaworowy „ . .	„	35 — 39
Korkowe drzewo . .	„	14 — 16
Lipa pospolita sucha .	„	32 — 36
Modrzew suchy. . .	„	35 — 37
Olsza sucha.	„	28 — 39
Sosna smolna i sucha .	„	35 — 37
„ „ i świeża .	„	41 — 42
„ pospolita sucha .	„	24 — 34
„ biała sucha . .	„	27 — 30
Węgiel roślinny . .	„	16 — 26
Kamienie i ziemie.		
Alabaster	„	153 — 169
Cegła.	„	63 — 131
„ posadzka . . .	„	80 — 89
„ gzémsówka . .	„	83 — 98
„ surówka sucha .	„	89 — 131
Dachówka karpiówka .	„	96 — 125
Dachówka holenderka i gęsiory . .	*st. sz.*	89 do 112
Gips pospolity . . .	„	110 — 174
„ błaszkowaty . .	„	134 — 136
Glina świeża . . .	„	98 — 112
„ stwardniała . .	„	89 — 92
Glinopac (*Lehmpatzen*)	„	89 — 94
Granit	„	147 — 180
Kamienie ciosowe . .	„	125 — 152
„ polne . . .	„	143 — 153
Kamień wapienny . .	„	144 — 159
„ marglu wapien.	„	135 — 159
Kréda	„	105 — 156
Łupek gliniany . . .	„	157 — 206
„ porfirowy . .	„	148 — 159
„ szlifierski . .	„	153 — 174
Marmur pospolity . .	„	156 — 167
Mur z cegieł wraz z zaprawą wapienną świeżą	„	92 — 100
„ suchy . .	„	89 — 94
Piaskowiec	„	116 — 125
„ kamień młyński . . .	„	89 — 134

		funtów polskich
Piaskowiec czerwony .	st. sz.	128 do 143
„ pstry . .	„	123—125
„ gliniany .	„	120—123
„ wapienny .	„	116—122
Piasek zwyczajny . .	„	96—100
„ rzeczny . . .	„	112—115
„ „ przejęty wodą .	„	115—117
Porfir	„	141—169
Pumex	„	54—55
Skała kwarcowa . .	„	175—199
Tufa wapienna . . .	„	127—164
Wapno czyste . . .	„	122—141
więc korzec .		654—756
„ wypalone . .	„	74—75
. *więc korzec* .		396—402
„ lassowane . .	„	73—74
więc korzec .		391—397
Węgiel kamienny *korzec*		240—
Ziemia ogrodowa . .	„	96—100
„ chuda . . .	„	73—79
„ ubita (*pisé*) sucha	„	142—143
Zaprawa wapienna świeża	„	105—106
„ „ wyschła	„	96—97

Metale.

Cyna	„	429—430
Cynk lany	„	423—424
Miedź lana	„	456—457
Ołów czysty lany . .	„	668—673
Platyna	„	1147—1239
Srebro	„	615—620
Żelazo surowiec . .	„	418—424
„ sztabowe . . .	„	458—482
Złoto	„	1132—1155
Żywe srebro . . .	„	797—830

Gatunki zbóż.

		funtów polskich
Groch	*korzec*	260 do 270
Gryka	„	195—196
Jęczmień	„	194—202
Kartofle . . *z czubem*	„	250—252
Koniczyna czerwona .	„	260—261
Owies	„	140—150
Pszenica	„	245—255
Proso	„	230—231
Rzepak zimowy . . .	„	225—226
Szporek	„	165—166
Żyto	„	220—230

Rozmaite ciała.

Kość słoniowa . . .	*st. sz.*	108—109
Woda dystylowana . .	—	58,8
„ morska . . .	—	59—60
Tran	—	54—55
więc garniec .		9—10
Snopek słomy . . .		3—4
Sieczki . . *z czubem korzec*		25—26
Araku	*st. sześ.*	84—87
więc garniec .		14—15
Oliwy	*st. sześ.*	53—54
więc garniec .		8—9
Piwa	*st. sześ.*	60—61
więc beczka po 25 garncy		250—251
Wódki i spirytusu . .	*st. sześ.*	48—51
więc garniec .		8—9
Lodu	*st. sześ.*	53—54
Octu	—	57—60
więc garniec .		9—10
Sól kuchenna . . .	*st. sześ.*	78—113
więc garniec .		13—19
Wina	*st. sześ.*	58—62
więc garniec .		10—11
Cukier	*st. sześ.*	84—85

Waga 1-éj stopy sześciennéj wody w różnych krajach.

Kraj	Funtów	Kilogram.	Kraj	Funtów	Kilogram.
Anglia . . .	62,43	28,32	Lubeka	49,08	23,70
Austrya . . .	56,37	31,59	Polska	58,91	23,88
Badeńskie . .	54,00	27,00	Prussy	61,83	30,92
Bawarya . . .	44,39	24,86	Rossya	69,13	28,31
Bremen . . .	48,11	24,06	Saksonia . . .	45,42	22,71
Francya . . .	70,02	34,28	Szwecya	50,92	21,76
Hamburg . .	47,00	23,50	Szwajcarya . . .	54,00	27,00
Hessya . . .	31,25	15,62	Wirtemberg . . .	47,03	23,51

ROZDZIAŁ VI.

STATYKA CIAŁ STAŁYCH.

Teorya sił.

131. *Mechanika*, jest to nauka o *siłach* i *skutkach*, wynikających z działania sił na ciała.

Siła więc jest podstawą, na której opiera się cała *mechanika*; jasną albowiem jest rzeczą, że ani o *równowadze* ani o *ruchu* ciał nie może być mowy, dopóki działania sił na te ciała nie przypuścimy.

Statyka jest to znów nauka, prawa *równowagi ciał* wyjaśniająca; t. j. statyka podaje warunki, przy jakich też ciała mogą się znajdować w *spoczynku* lub w *ruchu*.

Ponieważ nie można przypuścić, aby w naturze było jakieś ciało, na któreby żadna zgoła nie działała siła, przeto stan równowagi tegoż ciała, może mieć tylko wtedy miejsce, kiedy działające nań siły, wzajemnie się znoszą czyli niszczą.

Pod wyrazem więc *siła*, tylko skutek *równowagi* albo *ruchu* ciał rozumieć należy. Samej zaś istoty siły nie znamy i prawdopodobnie nigdy znać nie będziemy; ale to nam wcale nie przeszkadza tę siłę oceniać, pod rachunek podciągać i takową wedle możności i potrzeby naszéj rozporządzać.

132. Jednym z najważniejszych przymiotów wszystkich sił jest ten, że kierunek w którym działają, jest zawsze liniją prostą; dla tego też w mechanice siłę oznacza się przez liniję prostą — z tą tylko uwagą, że linija winna być w takim poprowadzona kierunku, w jakim kierunku taż siła działa; *długość* zaś rzeczonéj linii, winna być proporcyonalna *natężeniu* samej siły.

Chcąc zmierzyć natężenie siły, możemy to uskutecznić za pomocą innéj siły, któréj natężenie jest znane. Ta siła znanéj wielkości, może być dowolna, i nazywa się jednostką miary sił.

Ponieważ siłę tylko ze skutku ocenić możemy, przeto też taką siłę zowiemy dwa, trzy, cztery lub pięć razy większą, która jest zdolną wykonać skutek dwa, trzy, cztery lub pięć razy większy; zkąd wypływa ogólne prawidło, że *siły są swoim skutkom proporcyonalne*.

Na zasadzie więc tego prawidła, niechaj linija ab (Fig. 64), wyobraża jednostkę miary sił, to jest taką siłę, zapomocą któréj chcemy inne siły mierzyć; przeto siła dwa razy większa, musi być wyobrażoną przez linię dwa razy dłuższą od ab, t. j. przez linię $ce = 2\,ab$; a 3 razy większa siła, przez linię 3 razy dłuższą od ab, t. j. przez linię $fi = 3\,ab$ i t. d.

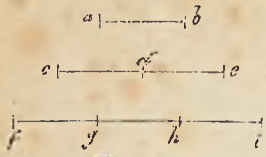


Fig. 64.

Tu także nastręcza się wniosek, że siła o połowę mniejsza od ab, musi oczywiście o połowę być krótszą od ab i t. d. to jest jedném słowem, że natężenie siły, musi być zawsze proporcyonalne długości linii, przedstawiającéj tęż siłę.

133. O mierzeniu skutku siły. Co się dotyczy skutku albo miary skutku siły, będziemy się starać wytłómaczyć to praktycznie, czyli na przykładach. Mówi się np. że człowiek o średniéj sile, mocen jest ciężar 25 funtów podnieść do wysokości trzech stóp w jednéj sekundzie czasu. Podobnież mówi się, że koń średniéj mocy, może podnieść 150 funtów do wysokości 4-ch stóp w jednéj sekundzie czasu. Oczywiście w obudwóch tu przywiedzionych przykładach widzimy skutek siły, a mianowicie, że skutek siły człowieka polega na tém, że on pewien ciężar w pewnym czasie podniósł do pewnéj wysokości — to samo rozumie się i o skutku siły konia. Z tego cośmy tutaj powiedzieli pokazuje się, że o *skutku siły* nie uwzględniając *ruchu* nie może być mowy, i dla téj przyczyny, w mechanice oznacza się *skutek siły* iloczynem z podniesionego *ciężaru*, przez *wysokość* do jakiéj ten ciężar został podniesiony, przez jednę sekundę t. j. przez *czas* w jakim został podniesiony.

Zwyczajem jest powszechnie w mechanice przyjętym, za jednostkę miary sił uważać tę siłę, jaka jest w możności ciężar *jednego funta w jednéj sekundzie czasu podnieść na wysokość jednéj stopy*, a zaś tam, gdzie miary metryczne zostały urzędownie przyjęte, jak we Francyi i cesarstwie Niemieckiém, za jednostkę miary sił uważają *jeden kilogram w jednéj sekundzie czasu podniesiony do wysokości jednego metra:* Widzimy tutaj, że skutek siły w obu razach = 1; a że ta jednostka wypadła z rozmnożenia jednego funta przez jednę stopę, lub jednego kilograma przez jeden metr, przeto ta jednostka nie może być w pierwszym razie stopą ani funtem, a w drugim razie kilogramem ani metrem, ale w pierwszym razie nazywa się *stopofuntem*, a w drugim *kilogrammetrem*. A zatém skutek każdéj siły musi być wyrażony w stopofuntach lub kilogrammetrach, ponieważ powstał z iloczynu funtów przez stopy, lub kilogramów przez metry, — t. j. z ciężaru przez pewną wysokość.

Ztąd także wypływa, że siła, która jest w stanie w jednéj sekundzie czasu 2, 3, 4 lub 5 funtów podnieść do wysokości jednéj stopy, musi także być 2, 3, 4 lub 5 razy większą; jak również że siła, która jest w stanie jeden funt w jednéj sekundzie czasu podnieść do wysokości 2, 3, 4 lub 5 stóp musi także być 2, 3, 4 lub 5 razy większą od jednostki siły.

Daléj widoczném jest, że siła podnosząca 10 funtów w jednéj sekundzie do wysokości stóp pięciu, musi być 50 razy większą od jednostki siły, gdyż aby 10 funtów w jednéj sekundzie podnieść do wysokości jednéj stopy, potrzeba skutku 10 stopofuntów — a jeżeli ten sam ciężar 10 funtów chcemy w jednéj sekundzie podnieść do wysokości stóp pięciu, t. j. do wysokości pięć razy większéj, to oczywiście potrzebujemy do tego siły pięć razy większéj, t. j. skutku 10 . 5 = 50 stopofuntów.

Z tego wszystkiego cośmy tutaj powiedzieli, można wyprowadzić ogólne prawidło, że miarą téj siły która jest w możności P funtów lub kilogramów w jednéj sekundzie czasu podnieść na wysokość H stóp lub metrów, będzie iloczyn $P.H$. Jeżeli zaś skutek oznaczymy przez S, to otrzymamy ogólną formułę:

$$S = P.H.$$

która daje skutek siły S na jedną sekundę, ponieważ H oznacza przestrzeń przebytą przez ciężar w jednéj sekundzie. Gdyby jednak wielkość H oznaczała przestrzeń przebytą w jednéj minucie lub jednéj godzinie, to powyższa formuła da nam także skutek siły na 1 minutę lub 1 godzinę.

Gdyby np. ciężar 60 funtów w jednéj minucie czasu podniesionym został na wysokość stóp 20, to podług powyższéj formuły skutek w jednéj minucie równałby się 60 . 20 = 1200 stopofuntów; a gdybyśmy chcieli skutek otrzymać na jedną sekundę, to należałoby tę liczbę podzielić przez 60, a otrzymalibyśmy skutek w sekundzie = 20 stopofuntów, skutek zaś w godzinie = 60 . 60 . 20 = 72000 stopofuntów. Bardzo często w mechanice zamiast wyrażenia *skutek siły* używa się wyrażenia *praca*, t. j. przez siłę wykonana praca.

134. Ruch i jego prawa. Cała mechanika opiera się na prawach *ruchu*. Ruchem nazywa się każda zmiana miejsca lub położenia jednego ciała względnie do drugiego. Ruch jest *prostolinijny*, gdy ciało w ruchu będące zatrzymuje wciąż pierwotny kierunek, w przeciwnym razie ruch ten będzie *krzywolinijnym*. Droga albo przestrzeń przebieżona w pewnym czasie przez ciało, daje pojęcie o chyżości lub prędkości ruchu.

Za jednostkę drogi bierze się zwyczajnie stopa lub metr francuzki, a za jednostkę czasu, sekundę. Jeżeli się zatém mówi, że kula armatnia biegnie z chyżością 2000 stóp, to znaczy, że przebiega drogę 2000 stóp w jednéj sekundzie.

Jeżeli jakieś ciało przebiega w równych czasach równe drogi, to taki ruch nazywa się *jednostajny*; *niejednostajnym* zaś nazywa się ruch taki, gdy ciało w równych czasach nierówne drogi przebiega. Jeżeli ciało odbywa ruch w taki sposób, że jego prędkość czyli chyżość w każdéj następnéj chwilce czasu jednostajnie rośnie, to taki ruch nazywa się *jednostajnie przyśpieszonym*; ruch zmniejszający się ciągle, nazywa się ruchem *jednostajnie opóźnionym*. *Spoczynek* jest stanem przeciwnym *ruchowi*. Obadwa stany mogą być tylko pozorne; dla tego rozróżniamy ruchy względne i bezwzględne, tudzież spoczynek względny i bezwzględny. Każdy ruch ciała ze względu na drugie ciało, które się również porusza, nazywa się ruchem *względnym*; ruch bezwzględny moglibyśmy tylko przypuścić wtedy, gdybyśmy się znajdowali w pewnym punkcie lub na pewném ciele w przestrzeni świata, któreby się znajdowało w bezwzględnym spoczynku. Ponieważ jednak takie ciało nie istnieje, gdyż cały wszechświat znajduje się w ciągłym ruchu, przeto o bezwzględnym spoczynku ciała, tyle tylko może być mowy, o ile sobie wyobrazimy naszą ziemię w spoczynku. Tym sposobem tylko możemy powiedzieć, że skała, dom lub inny przedmiot, znajdują się w bezwzględnym spoczynku.

Każdą przyczynę wprawiającą w ruch ciało w spoczynku będące, zmieniającą kierunek lub szybkość owego ruchu, nazywamy *siłą*. Siła może działać na jakieś ciało raz jeden, kilkakrotnie albo ustawicznie. Siły mogą działać na ciało zmownie, w jednym kierunku, w kierunkach przeciwnych lub też pod rozmaitymi kątami; siły te mogą mieć wspólny lub rozmaite punkta przyczepienia: wszystkie tu przywiedzione okoliczności, wywierają swój wpływ na chyżość i kierunek ciała znajdującego się w ruchu.

Przyczyny, sprzeciwiające się ruchowi, takowy tamujące lub w przeciwną stronę ten kierunek zwracające, zowią się *oporami*. Ten opór mający być zwalczonym przez siłę, nazywa się pospolicie ciężarem.

Bezwładność jest to własność wspólna wszystkim ciałom. W skutek bezwładności, ciało znajdując się w ruchu, musi takowy tak długo odbywać, dopóki go jaka siła lub opór w biegu nie powstrzyma; a gdy znów toż ciało znajduje się w spoczynku, to tak długo w tym stanie pozostawać musi, póki go jaka siła do ruchu nie pobudzi. To prawo odkryte przez *Galileusza* w r. 1638, tak się da jeszcze wyrazić: *żadne ciało nie może samo przez się ani się poruszyć, ani też przejść w spoczynek.*

Mnóztwo codziennych zjawisk, tłómaczy nam prawo *bezwładności*. Jeżeli powóz będzie nagle zatrzymany, lub jeżeli łódka o brzeg uderzy, to osoby tam będące pochylają się naprzód; pochylają się zaś w tył, kiedy powóz lub łódka nagle z miejsca ruszy. Też same osoby mocą prawa bezwładności utrzymują się na miejscu, chociaż statek lub powóz posuwają się z niemi. Kto w pędzie nad rów przybiegnie, musi w takowy wskoczyć, lub go też przeskoczyć. Sztuczny jeździec, odbywa swe sztuki z kulami na pędzącym koniu, z tą samą pewnością jak i na ziemi; kula którą w pewnym punkcie do góry podrzucił, a w drugim punkcie uchwycił, zakreśla pewien łuk w powietrzu; ale on tego łuku nie widzi, w jego oczach kula podnosi się tylko w górę i na dół opada, gdyż ruch naprzód odbywają wspólnie: koń, człowiek i kula.

Odwieczny i nieprzerwany ruch wszystkich ciał niebieskich, daje nam najlepsze świadectwo, że ciała raz w ruch wprawione, muszą się ciągle poruszać; ale ten przykład jest tylko jeden w swoim rodzaju. Na naszéj albowiem ziemi, każdy ruch musi ustać wcześniéj albo późniéj; najważniejsze przyczyny sprzeciwiające się ruchowi, są: *ciężkość*, *tarcie* i *opór powietrza*. Kula z tą samą siłą rzucona na łące, w kręgielni i po gładkim lodzie, w drugim razie przebiegnie dłuższą drogę jak w pierwszym, a w trzecim wypadku dłuższą aniżeli w drugim, odpowiednio do większego lub mniejszego tarcia, jakie napotkała na tych trzech drogach. Dobrze urządzony pendul sekundowy, w punkcie swego zawieszenia ma bardzo mały opór do pokonania, i dla tego w ruch wprawiony, długi czas utrzymuje się w takowym. Spoczynek jego następuje zwykle w skutek oporu powietrza; w próżni ruch ten utrzymuje się dłużéj. Jest więc najważniejszém zadaniem praktycznego mechanika, zajmującego się budową machin, usunąć tarcie o ile się da z tych mianowicie części machiny, które się poruszać mają. Przy ciałach zaś w spoczynku będących i mających zawsze w témże samém miejscu pozostawać, to samo tarcie jest znowu niezmiernie korzystném.

W skutek bezwładności, każde ciało przedstawia opór sile nań działającéj, a wielkość tego oporu, odpowiada massie ciała. Dopiéro kiedy się bezwładność pokona, następuje ruch ciała. Z téj to przyczyny potrzeba daleko większéj siły, aby wóz obładowany poruszyć, niż aby go w ruchu utrzymać, gdyż w tym drugim razie, są tylko do pokonania opory tarcia na drodze i w piastach, gdy w pierwszym razie, potrzeba oprócz tego przezwyciężyć jeszcze bezwładność całéj martwéj massy.

135. Ruch jednostajny. Każde ciało, na które tylko jedna siła działa, w skutek swojéj bezwładności, wciąż w takim postępuje kierunku, jaki mu z początku przez siłę nadany został. Ponieważ ciało samo przez się, nie może zmienić ani kierunku ani téż chyżości, przeto jego ruch będzie prostolinijnym i zarazem jednostajnym. Ten stan może ciało dopiéro wtedy odmienić, gdy zacznie nań działać jakaś nowa siła. Wystrzelona kula armatnia, w skutek siły ciężkości spada na ziemię po linii łukowéj: gdyby nie siła ciężkości i nie opór powietrza, biegłaby wciąż po linii prostéj, a do wstrzymania jéj w biegu, potrzebaby było tyle użyć siły, ile jéj użyto do wyrzucenia z armaty.

Będziemy znać ruch jednostajny wtedy, gdy poznamy drogę jaką uruchomione ciało przebiegło, oraz gdy nam znana jest chyżość w pewnéj jednostce czasu. Jeżeli mamy kilka jednostajnych chyżości z sobą porównywać, to gdy czasy są równe, chyżości będą się do siebie miały jak drogi przebieżone; jeżeli drogi są równe, to chyżości mają się do czasów w stosunku odwrotnym.

Ciało może odbywać jednocześnie dwa lub więcéj ruchów. I tak: jeżeli parostatek ubiega w minucie stóp 1000, a człowiek na nim będący ubiega od tyłu ku przodowi statku stóp 120 w tymże samym czasie, to prawdziwa chyżość jego ruchu będzie 1120 stóp; jeżeli zaś w tychże samych warunkach człowiek biegnie z przodu ku tyłowi statku, to jego chyżość wynosić będzie tylko 880 stóp. Gdyby tenże człowiek mógł biegnąć z przodu ku tyłowi statku z tą samą chyżością, z jaką statek posuwa się naprzód, to względem statku znajdować się będzie w ruchu, ale odnośnie do stałego punktu, wziętego na brzegu, znajdować się będzie we względnym spoczynku.

Mówiliśmy wyżéj, że droga przebieżona w każdéj sekundzie czasu, zowie się jego *chyżością*; ponieważ podczas tego ruchu, w czasie 2, 3, 4 razy większym, ciało przebiega drogę również 2, 3, 4 razy większą, przeto mówi się także: że ruch jednostajny jest wtedy, gdy odbyte drogi są proporcyonalne czasom.

Niechaj t oznacza czas, s odbytą drogę, c chyżość ciała; to c niczém inném nie jest, jak drogą przebieżoną w jednéj sekundzie czasu, przeto podług powyższéj definicyi mamy proporcyę:

$$1 : t = c : s, \text{ zkąd}$$

$$s = ct.$$

To jest, znajdziemy drogę przebieżoną w jednostce czasu t, jeżeli pomnożymy chyżość przez czas.

Z tego samego równania wypływa, że:

$$c = \frac{s}{t}, \text{ a } t = \frac{s}{c}.$$

Równań tych możemy użyć do następujących przykładów:

Przykład 1. Człowiek idzie z chyżością 2,5 stóp; jak daleko zajdzie w godzinie czasu?

Jeżeli wstawimy w równanie pierwsze zamiast $c = 2{,}5$ a zamiast t jedną godzinę wszelako w sekundach, zatém 3600 sekund, to znajdziemy, że:

$$s = 2{,}5 \; . \; 3600 = 9000 \text{ stóp.}$$

Przykład 2-gi. Lokomotywa z pociągiem kuryerskim na drodze żelaznéj Warszawsko-Wiedeńskiéj, z Warszawy do Skierniewic przyjeżdża w 92 minut czyli w 5520 sekund. Odległość Skierniewic od Warszawy wynosi mil 8,943 (62,6 wiorst), czyli 38646,11 sążni polskich $=$ 231876,66 stóp polskich; zachodzi pytanie z jaką chyżością jedzie pociąg kuryerski?

Jeżeli w drugie równanie wstawimy zamiast $s = 231876{,}66$ stóp, a zamiast $t = 5520$, to otrzymamy:

$$c = \frac{231876{,}66}{5520} = 42 \text{ stóp},$$

czyli że pociąg ubiega 42 stóp w sekundzie czasu.

Przykład 3-ci. Lokomotywa z pociągiem osobowym na drodze żelaznéj Warszawsko-Terespolskiéj, w godzinach 6-ciu przebywa drogę od Pragi do Brześcia Litewskiego wynoszącą wiorst 200; pytanie zachodzi, z jaką jedzie chyżością?

Godzin 6 $=$ 21600 sekund.
Wiorst 200 $=$ 740820 stóp pols.

Więc będzie: $$c = \frac{740820}{21600} = 34{,}3 \text{ stóp},$$

czyli że pociąg ten jedzie z chyżością 34,3 stóp na sekundę.

Przykład 4-ty. Z Brześcia do Kijowa jest wiorst 608; lokomotywa z pociągiem pocztowym robi 26,66 stóp na sekundę; pytanie w jakim czasie przebywa tę drogę?

608 wiorst $=$ 2252092,8 stóp pols.

Zatém podług trzeciego równania będzie:

$$t = \frac{2252092{,}8}{26{,}66} = 84474 \text{ sekund},$$

czyli z Brześcia do Kijowa pociąg pocztowy przy chyżości 26,66 stóp na sekundę, przybywa w $23\,^1/_2$ godzin; a zatém aby się dostać koleją żelazną z Warszawy do Kijowa, to jest aby przebyć przestrzeń 808 wiorst, potrzeba jest $29\,^1/_2$ godzin czasu.

136. Składanie i rozkładanie sił. Wyobraźmy sobie, że na jakieś ciało albo na jakiś punkt działa kilka sił w rozmaitych kierunkach, to oczywistą jest rzeczą, że te wszystkie siły wykonają pewien skutek. Łatwo także jest zrozumieć, że można do tego ciała albo punktu przyczepić jednę taką siłę, która w pewnym kierunku działając zrobi ten sam skutek, co wszystkie razem wzięte powyższe siły. Znalezienie takiéj siły któraby wszelkie inne zastąpiła, zowie się *składaniem sił* czyli zastąpieniem wszystkich sił przez jednę. Taka siła nazywa się *siłą wypadkową*, a inne siły z których wypadkowa powstała, nazywają się *siłami bocznemi*.

Jeżeli więc jest możliwém, z wielu sił utworzyć jednę o tym samym skutku, to tak samo możliwém być musi, z jednéj danéj siły utworzyć sił kilka, które w rozmaitych kierunkach działając, ten sam skutek sprawią co i jedna dana siła. Wynajdywanie takich sił, nazywa się znowu *rozkładaniem sił*.

Najprostsze przypadki *składania i rozkładania sił* są następujące:

a) Jeżeli na punkt O (Fig. 65) działają dwie siły równe P i P w przeciwnych kierunkach, jak to strzałki pokazują, to punkt O zostanie w spoczynku czyli w równowadze, gdyż obie siły wzajemnie się znoszą czyli niszczą. Wypadkowa więc w takim razie będzie $=$ 0 (zero).

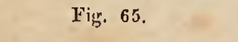


Fig. 65.

b) Jeżeli na punkt O (Fig. 66) działają dwie siły P i Q w kierunkach przeciwnych, ale te siły nie są sobie równe, gdyż $Q > P$; to siła P zniszczywszy część siły Q równą samej sobie, zostawi przecież po drugiej stronie różnicę siły $Q - P$ z którą punkt O posuwać się będzie w kierunku Q jak pokazuje strzałka.

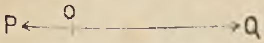


Fig. 66.

Wypadkową więc w tym razie będzie różnica obu sił działających.

c) Jeżeli na punkt O (Fig. 67) kilka sił np. P, Q, R wywiera działanie, ale w tymże samym czyli *zmownym* kierunku, to na punkt O wywarty będzie jeden tylko skutek, ale równy summie skutków wszystkich sił P, Q, R. Wypadkowa więc w tym razie równa się summie $P + Q + R$. Że w tych dwóch ostatnich razach nie nastąpi równowaga pomiędzy siłami, jest rzeczą widoczną.

Fig. 67.

137. Równoległobok sił. Jeżeli na punkt O (Fig. 68) działają dwie siły P i Q pod kątem dowolnym POQ, to tutaj równowaga nastąpić nie może, lecz owszem punkt O musi się poruszyć i pójść np. po kierunku linii OR pomiędzy siłami OP i OQ; nie może iść po kierunku OQ, gdyż go siła P na lewo odciąga, a nie może znów iść po kierunku linii OP, gdyż siła Q ciągnie go na prawo. Ponieważ jednak Q ciągnie z większą siłą aniżeli P, przeto kierunek OR z kierunkiem OQ utworzy kąt mniejszy x, a z kierunkiem P kąt większy y.

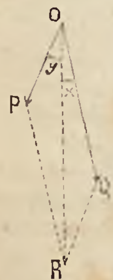


Fig. 68.

Gdyby to siły P i Q były sobie równe, wtedy kierunek OR przypadłby w środku, to jest kąt POQ przez linię OR zostałby podzielony na dwie równe części. Wypadkowa zatem z tych dwóch sił P i Q poszłaby po kierunku linii OR. Aby zaś umieć tę wypadkową nakreślić, potrzeba przedewszystkiem wiedzieć, że linije OP i OQ nie tylko przedstawiają kierunki, ale i natężenia sił P i Q. Poprowadziwszy z punktu P równoległą od OQ, a z punktu Q równoległą od PO, utworzy nam się tym sposobem równoległobok $POQR$, w którym poprowadziwszy przekątnię OR, przekątnia ta będzie stanowić kierunek siły wypadkowej, jak również i jéj natężenie.

138. Mogą tu być dwa główne przypadki, a mianowicie: że albo dwie siły działają pod kątem prostym, albo téż pod kątem ostrym. W obu razach zasada wyżéj podana nie ulega żadnéj zmianie; tylko rachunek jest cokolwiek odmienny.

Przypuśćmy że siły $AB = Q$ i $AC = P$ (Fig. 69) działają na punkt A pod kątem prostym, linije AB i AC są proporcyonalne natężeniom sił P i Q. Wykreśliwszy równoległobok $ABCD$ i poprowadziwszy z punktu A przekątnię $AD = R$, to ta będzie wypadkową obydwóch sił, tak co do kierunku jak i natężenia; to jest, siła R wywiera na punkt A to samo działanie co i dwie siły P i Q pod kątem prostym, razem w summę wzięte. Ponieważ zaś równoległobok i każdy z trójkątów ACD i ABD jest prostokątny, będzie więc na zasadzie twierdzenia *Pytagorasa*:

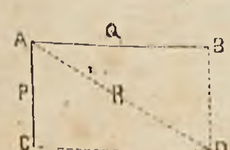


Fig. 69.

$$R^2 = P^2 + Q^2, \text{ zatem:}$$

$$R = \sqrt{P^2 + Q^2}.$$

Z pomocą tego równania, można w każdym razie obliczyć natężenie wypadkowej R, jeżeli siły boczne P i Q są dane.

Przykład. Siła $Q = 8$ funt., siła $P = 4$ funty. Znaleźć wypadkową? Podług powyższego równania będzie:

$$R = \sqrt{4^2 + 8^2} = \sqrt{80} = 8{,}95 \text{ funtów.}$$

To jest siła równa 8,95 funt. działająca w kierunku AD, sprawia zupełnie taki sam skutek, jak i siły równające się $(4 + 8) = 12$ funtów, kiedy działają na punkt A pod kątem prostym.

139. Jeżeli zaś siły $AB = Q$ i $AC = P$ (Fig. 70) działają pod kątem ostrym $BAC = \alpha$, to przekątnia $AD = R$ będzie tych sił wypadkową, a natężenie jej znajdziemy z trójkąta rozwartokątnego ACD. W trójkącie tym kąt $C = 180 - \alpha$, $CD = Q$ a $AC = P$, to jest dane są dwa boki i kąt między niemi zawarty, a mamy wynaleźć bok trzeci $AD = R$. Podług tego co wiemy z trygonometryi, będzie:

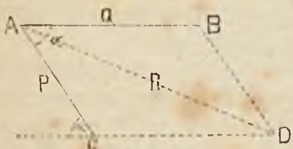


Fig. 70.

$$R = \sqrt{P^2 + Q^2 + 2\,PQ\,.\,\text{dos}\,\alpha}.$$

Ale ta formuła da się tylko wtedy zastosować, kiedy kąt α jest ostry, gdyby był rozwarty, należy wtedy użyć formuły następującej:

$$R = \sqrt{P^2 + Q^2 - 2\,PQ\,.\,\text{dos}\,\alpha}.$$

Przykład. Dwie siły $P = 20$ funtów, a $Q = 50$ funtów działają na punkt A pod kątem $\alpha = 30^0$; jak wielka będzie ich wypadkowa? Wstawiwszy te wartości w formułę pierwszą, pamiętając że dos $30^0 = \frac{1}{2}\sqrt{3} = 0{,}866$ otrzymamy:

$$R = \sqrt{400 + 2500 + 2000 + 0{,}866} = 10\sqrt{29 + 20\,.\,0{,}866}$$
$$= 10\sqrt{46{,}32} = 68{,}2;$$

t. j. siła wypadkowa równa się 68,2 funtów.

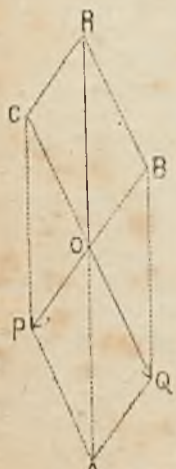


Fig. 71.

140. Z powyższego widzimy, że wypadkowa z dwóch sił działających na punkt pod jakimkolwiek kątem, równa się przekątni równoległoboku, wystawionego na kierunkach tych dwóch sił danych. Obecnie chodzi o wskazanie warunku, pod jakim trzy siły działające na jeden punkt, będą z sobą w równowadze. Niechaj będą dwie siły OP i OQ (Fig. 71) działające na punkt O pod kątem POQ. Wystawiwszy równoległobok $POQA$, to OA będzie wypadkową sił OP i OQ i punkt O w tymże kierunku będzie ruch odbywał. Ale, jeżeli sile OA nadamy wprost przeciwny kierunek OR, to punkt O pozostać musi w spoczynku czyli w równowadze. Na punkt O działające trzy siły OP, OQ i OR o tyle będą z sobą w równowadze, o ile każda z nich jest wypadkową z dwóch drugich, jak to widocznem jest z dwóch równoległoboków $ROQB$ i $PORC$, gdzie

$OB = OP$ jest wypadkową z sił OQ i OR, tudzież $OC = OQ$ jest wypadkową z dwóch sił OP i OR.

141. Jeżeli na jakiś punkt (Fig. 72) wywiera kilka sił działanie w rozmaitych kierunkach, to przez ciągłe składanie tych sił, możemy łatwo otrzymać ich wypadkową. Niechaj będą siły OA, OB, OC, OD i OE działające na punkt O ale w różnych kierunkach, to wypadkową sił OA i OB będzie siła OF, zastępująca siły OA i OB. Daléj wypadkową z OF i OC będzie OG, zastępująca siły OA, OB i OC. Wypadkową z sił OG i OD będzie siła OH zastępująca siły OA. OC, OB i OD. W końcu wypadkową z sił OH i OE będzie siła OJ, która jest zarazem wypadkową ze wszystkich sił na punkt O działających. Punkt więc O pójdzie po kierunku linii OJ. Gdybyśmy chcieli utrzymać te wszystkie siły w równowadze, t. j. ażeby punkt O pozostał w spoczynku, to należałoby ostateczną wypadkową OJ poprowadzić we wprost przeciwnym kierunku OL.

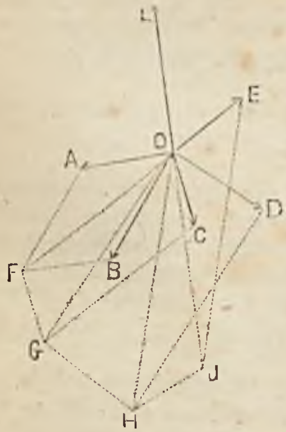


Fig. 72.

142. **Momenta sił**. Niechaj będzie linija LB (Fig. 73) stała i niegiętka, na którą w punktach A i B działają dwie siły P i Q pod kątami v i v' i takową w ruch wprawiają; zachodzi pytanie jak wielką będzie siła działająca w przeciwnym kierunku, która linię LB w równowadze utrzyma i gdzie wypadnie jéj punkt przyczepienia?

Aby to pytanie rozwiązać, przedłużamy kierunki sił P i Q do spotkania się w punkcie O. Wystawmy sobie że punkt O jest punktem przyczepiania sił P i Q i że te siły są stale złączone z punktami A i B. Jeżeli linija ON przedstawia siłę Q, a linija OM siłę P, to przez wykreślenie równoległoboku $OMRN$ znajdziemy ich wypadkową OR, która działając w przeciwnym kierunku OK, siły P i Q utrzyma w równowadze. Przedłużywszy nakoniec liniję OR aż do spotkania się z liniją LB w punkcie D, to punkt D będzie punktem przyczepienia siły OR, która w kierunku DO działając, zrównoważy działanie dwóch sił danych P i Q i liniję LB utrzyma w spoczynku.

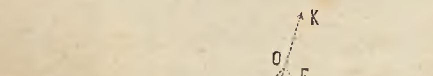


Fig. 73.

Wyobraźmy sobie teraz na linii LB dowolny punkt L, około którego taż linija może się obracać; to siły P i Q będą się starały tę liniję obrócić na dół, a zaś siła $RO = R$ działająca w punkcie D po kierunku DO w przeciwnym kierunku t. j. do góry. Ponieważ jednak siły P i Q z siłą R pozostają w równowadze, przeto i linija LB nie zmieni swojego kierunku czyli pozostanie w spoczynku.

Jeżeli zaś z punktu L, do kierunków sił P, Q i R poprowadzimy linije prostopadłe LD', LF i LE, to iloczyny: $P \times LD'$, $Q \times LF$ i $R \times LE$ nazywać się będą *momentami sił* ze względu na punkt L, a punkt L nazywać się będzie *środkiem* tych momentów.

Jeżeli teraz pomiędzy temi trzema siłami ma nastąpić równowaga, to summa momentów sił działających na dół, musi być równa summie momentów sił działających do góry, co się wyrazi przez następujące równanie:

$$P \times LD' + Q \times LF = R \times LE;$$

i takie równanie nazywa się *równaniem momentów*, które da się również przedstawić pod następującą formą:

$$P \times LD' + Q \times LF - R \times LE = 0;$$

to jest: jeżeli na liniję prostą i nie giętką, mogącą się około pewnego punktu obracać, działa kilka sił w rozmaitych kierunkach, to aby równowaga tych sił miała miejsce, powinna summa momentów tych wszystkich sił, ze względu na rzeczony punkt obrotu równać się zeru. Jest to jedno z najważniejszych praw statyki. Na figurze 73, widzieć także można, iż siłę R wypadkową, działającą w kierunku DK t. j. do góry, można także zastąpić podporą w punkcie D ustawioną.

143. Sposobem konstrukcyjnym wyszukaliśmy już wypadkową $OR = R$ (Fig. 73) z równoległoboku sił $OMRN$, w którym $ON = Q$ i $OM = P$; obecnie postaramy się wynaleźć tęż samą wypadkową R ze zrównania podanego pod § 139:

$$R = \sqrt{P^2 + Q^2 + 2\,PQ\,.\,\text{dos}\,\alpha}.$$

gdzie kąt α jest kątem AOB pod którym przecinają się siły P i Q w punkcie O, a który jak w obecnym wypadku $= v' - v$. Równanie więc powyższe zamieni się w następujące:

$$R = \sqrt{P^2 + Q^2 + 2\,PQ\,.\,\text{dos}\,(v' - v)}.$$

Ponieważ, jak się wyżej powiedziało, siła R działająca w górę, może być zastąpiona podporą D, przeto R będzie wyrażać ciśnienie na tę podporę. Ciśnienie to zawisło zawsze od wielkości kąta zawartego pomiędzy siłami, a który oznaczyliśmy przez $v' - v$.

Jeżeli dwie siły P i Q są od siebie równoległe, wtedy $v' = v$, zatém $v' - v = 0$, a w ostatniem równaniu dos $(v' - v) =$ dos $0 = 1$, zkąd:

$$R = \sqrt{P^2 + Q^2 + 2\,PQ} = P + Q.$$

To jest, jeżeli obie dane siły działają w kierunku równoległym, to wypadkowa tych sił, a tém samém i ciśnienie na punkt podpory D równa się summie sił danych. Jeżeli zaś obie dane siły nie tylko są od siebie równoległe, ale także sobie równe, t. j. $P = Q$, to wypadkowa będzie $= 2\,P$, a tém samém i ciśnienie na punkt podpory, będzie dwa razy większe od siły P.

144. Dla oznaczenia położenia punktu podpory D czyli punktu przyczepienia siły wypadkowéj R, potrzeba środek momentów sił L przenieść do punktu D, a wtedy odległość $LD = 0$, a moment siły R znika. Na przypadek równowagi, muszą się siły P i Q między sobą równoważyć, a równanie momentów w obecnym wypadku znajdziemy, jeżeli z punktu D spuścimy prostopadłe DG i DH na kierunki sił P i Q; otrzymamy zatém:

$$P \times DG = Q \times DH, \text{ zkąd:}$$

$$P : Q = DH : DG.$$

To jest: na przypadek równowagi mają się siły P i Q do siebie w stosunku odwrotnym odległości z punktu D do kierunków tychże sił prostopadle po-prowadzonych. Jeżeli siły P i Q nie tylko są między sobą równoległe, ale i prostopadłe do linii AB, to AD i BD będą same odległościami prostopadłemi, przez co otrzymamy następujące równanie momentów:

$$P \times AD = Q \times BD, \text{ zkąd:}$$
$$P : Q = BD : AD.$$

Z téj proporcyi punkt podpory D łatwo jest znaleźć.

Przykład. Długość linii niegiętkiéj AB (Fig. 74) jest dana, jak również obie siły P i Q działające w punktach A i B, a mianowicie: $P = 5$ funtów, $Q = 3$ funty. Ponieważ $5 + 3 = 8$, przeto całą linię AB dzielę na części równych 8; od punktu A bierzemy takich części trzy t. j. od strony siły większéj P, to punkt C, będzie punktem podpory czyli punktem przyczepienia siły wypadkowéj R, która oczywiście 8 funtów wynosi. Punkt więc C będzie znosił ciśnienie wynoszące funtów 8.

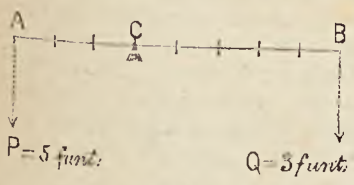


Fig. 74.

Teorya środka ciężkości.

145. Własności ciał. Powszechnie wiadomą jest rzeczą, że każde ciało posiada odpowiedni ciężar, w skutek którego znajdując się w spoczynku, wywiéra pewne ciśnienie na swoją podstawę. Jeżeli zaś jakiekolwiek ciało podniesiemy w górę i takowe samemu sobie zostawimy, to ciało spadnie na ziemię, ale w biegu swoim taki przybierze kierunek, że ten należycie przedłużony, przejdzie przez środek ziemi. Taki kierunek nazywa się *pionowym*, a każda płaszczyzna stojąca prostopadle do tego kierunku, nazywa się płaszczyzną *poziomą*. Każda więc linija nazywa się pionową, która tworzy kąty proste z poziomem miejsca.

Wszystkie ciała na ziemi będące, usiłują spaść do środka ziemi, a siła która je porusza, nazywa się *ciężkością*, lub *siłą ciężkości*; i siłę tę musimy wyobrazić sobie działającą w środku ziemi. Nie należy téj siły brać za jedno z ciężarem czyli wagą jakiegoś ciała; gdyż siła ciężkości wywiera jednakie działanie czyli skutek na każde ciało jakiegoby ono niebyło ciężaru; t. j. czy ciało waży 10 funtów, czy tylko funt jeden, jeżeli oba z jednéj wysokości spuścimy, to jednocześnie spadną na ziemię, czyli obadwa jednaki ruch odbywają; co niemiałoby miejsca, gdyby ciężar ciała na ten ruch jakikolwiek wpływ wywierał. Ale, jeźli oba wyż rzeczone ciała położymy na jakiéjś płaszczyźnie pozioméj, to ciało 10 funtów ważące będzie 10 razy mocniéj uciskać płaszczyznę, aniżeli ciało tylko jeden funt ważące. Dla tego przez ciężar albo wagę jakowegoś ciała, należy rozumieć ciśnienie, jakie ciało na swoją poziomą podstawę wywiera.

Każdy atom materyi przyciągany jest przez ziemię. Jeżeli te atomy tworzą ciało stałe, to nie mogą poruszać się oddzielnie, lecz koncentrują swoje ciężary w jednym wspólnym punkcie owego ciała. Jeżeli ten punkt zostanie podparty lub téż zawieszony w powietrzu, to i cała massa ciała pozostanie w równowadze czyli w spoczynku. Taki punkt nazywa się *środkiem ciężkości ciała*.

Niechaj *MN* (Fig. 75) wyobraża płaszczyznę poziomą, na której ciało *AB* spoczywa. Niechaj *a*, *b*, *c*, *d*, *e*, *f*, *g*, *h* ..... wyrażają atomy, z których się owo ciało składa, to ciężary owych elementów czyli atomów, będą działać w kierunku pionowym czyli prostopadłym do płaszczyzny *MN*, a ciężar całego ciała, stanowić będzie wypadkową ze wszystkich tych sił równoległych. Jeżeli *O* jest punktem przyczepienia takiéj wypadkowéj, to siła równająca się ciężarowi ciała i w kierunku *OL* działająca, utrzyma ciało w równowadze. Można sobie więc wystawić, że w punkcie *O* zgromadzony jest cały ciężar ciała i z tego powodu punkt *O* nazywa się środkiem ciężkości ciała *AB*; należy tylko punkt *O* podeprzeć, aby całe ciało w równowadze utrzymać.

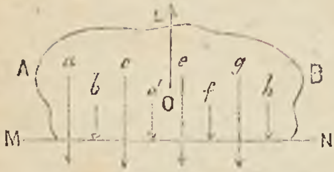


Fig. 75.

Każda linija prosta, przechodząca przez środek ciężkości ciała, nazywa się *liniją ciężkości*, a każda płaszczyzna przez tenże punkt przechodząca, nazywa się *płaszczyzną ciężkości*. Widocznem jest, że z dwóch linij ciężkości, których kierunek jest znany, można wynaleźć środek ciężkości ciała; również ten środek ciężkości wyznaczyć można z przecięcia się trzech płaszczyzn ciężkości; lub też nakoniec z przecięcia się płaszczyzny z liniją ciężkości.

146. Wynajdywanie środka ciężkości. W tym paragrafie zajmiemy się wynalezieniem środka ciężkości, trzech następujących przedmiotów:

1. Środka ciężkości linii prostéj.
2. Środka ciężkości niektórych płaskich powierzchni.
3. Środka ciężkości niektórych brył regularnych.

Co do 1-go. Środek ciężkości linii. Ponieważ linija matematyczna nie posiada żadnego ciężaru, przeto i środka ciężkości mieć nie może. Wszelako, jeżeli sobie tę liniję w postaci cienkiego drutu wyobrazimy, to ponieważ ów drut posiada już pewien ciężar, przeto taka linija będzie mieć środek ciężkości. Jeżeli ten drut jest liniją prostą, łatwo sobie wyobrazić, że środek ciężkości przypadnie w samym środku linii. Mówi się zatém, że środek ciężkości linii przypada w jéj środku. Jeżeli np. laskę położymy poprzecznie na palcu i takową posuwać będziemy to w prawo to w lewo, to w końcu taki punkt znajdziemy, w którym laska utrzyma się w równowadze. Punkt ten jest środkiem ciężkości laski. Massa jéj a zatém ciężar, będzie po obu stronach palca jednaki.

Co do 2-go. Środek ciężkości płaszczyzn. Ponieważ płaszczyzny matematyczne, nie posiadają również żadnego ciężaru, tak samo jak i linije, przeto nie mają i środków ciężkości. Ale jeźli sobie wystawimy, że płaszczyzna ma pewną grubość, choćby nawet nieskończenie małą, to już taka płaszczyzna będzie miała środek ciężkości.

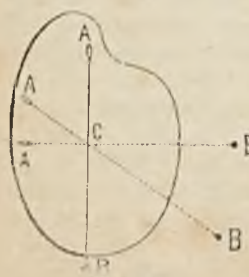


Fig. 76.

Weźmy płaszczyznę nieregularną np. drewnianą paletrę malarską (Fig. 76), któréj chcemy wynaleźć środek ciężkości, sposobem praktycznym. Paletra powinna wisieć swobodnie w powietrzu; na niéj wieszamy pion *AB* w różnych kierunkach i te kierunki znaczymy linijami prostemi; gdzie się te linije przetną, tam będzie środek ciężkości paletry, t. j. jak w tym razie w punkcie C. W punkcie tym podparta paletra, utrzyma się w równowadze.

Środek ciężkości trójkąta. Najprostszą ze wszystkich powierzchni, jest trójkąt, którego środek ciężkości wynajduje się w sposób następujący: Niechaj będzie trójkąt ABC (Fig. 77); w tym trójkącie bok AC dzielę na dwie równe części $AM = MC$ i wierzchołek B łączę z punktem M — to tym sposobem cała powierzchnia ABC rozłoży się na dwie równe powierzchnie ABM i MBC, które około linii MB będą się równoważyć. Ztąd się pokazuje, że środek ciężkości trójkąta, musi się znajdować na linii BM. Podzieliwszy teraz bok BC tegoż trójkąta na dwie równe części $BN = NC$ i złączywszy wierzchołek A z punktem N, to dla téjże samej przyczyny środek ciężkości trójkąta ABC, znajdować się będzie na linii AN. Że zaś ten środek ciężkości znajduje się tak na linii BM jako i na linii AN, przeto znajdować się musi w punkcie O t. j. na wspólném ich przecięciu.

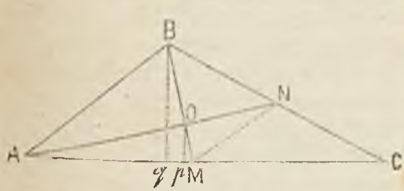


Fig. 77.

Aby ten środek ciężkości dokładniéj oznaczyć, uważam że trojkąty CNM i CBA są sobie podobne, gdyż NC jest połową BC, a MC jest połową AC, musi więc NM być połową AB i MN równoległą od AB. Ztąd daléj wypada, że także trójkąty NOM i BOA są sobie podobne. Z podobieństwa tych trójkątów, otrzymamy proporcyę następującą:

$$BO : MO = BA : NM = 2 : 1, \text{ albo}$$
$$BO + MO : MO = 3 : 1, \text{ albo}$$
$$BM : MO = 3 : 1, \text{ zkąd:}$$
$$MO = \frac{1}{3} BM;$$

t. j. poprowadziwszy w trójkącie ABC linię BM, odciąwszy $MO = \frac{1}{3} BM$, to punkt O będzie środkiem ciężkości trójkąta; który będzie od AC odległy na $\frac{1}{3} BM$, a od wierzchołka B na $\frac{2}{3} BM$.

Spuściwszy daléj prostopadle Op i Bq na AC, to trójkąty OpM i BqM, będą sobie również podobne, więc $Op = \frac{1}{3} Bq$; czyli że prostopadła Op spuszczona ze środka ciężkości O na bok AC jest trzecią częścią prostopadléj Bq spuszczonéj z wierzchołka B na tenże sam bok AC.

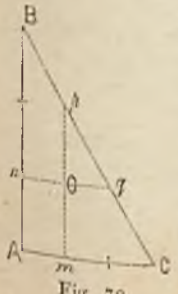


Fig. 78.

Ta okoliczność nastręcza nam bardzo łatwy sposób wynalezienia środka ciężkości trójkąta prostokątnego. Postępowanie jest następujące: dzielę oba boki przyległe kątowi prostemu AB i AC na trzy równe części (Fig. 78) i z punktów podziału m i n najbliższych kątowi prostemu, prowadzę równoległe mp do AB i nq do AC, to punkt wspólnego przecięcia O, będzie środkiem ciężkości trójkąta prostokątnego ABC.

Środek ciężkości czworoboku nieregularnego. Niechaj będzie czworobok $ABCD$, którego mamy znaleźć środek ciężkości sposobem graficznym czyli przez wykreślenie. W tym celu łączę punkt D z punktem B liniją prostą DB, przez co utworzą się dwa trójkąty ABD i DCB. Podzieliwszy liniję DB w punkcie a na dwie równe części, łączę wierzchołek C z punktem a liniją Ca i wierzchołek A z tymże punktem a liniją Aa. Wziąwszy $ab = \frac{1}{3} Aa$ i $ac = \frac{1}{3} aC$, to podług tego cośmy wyżej powiedzieli, punkt b będzie środkiem ciężkości dla trójkąta ADB, zaś punkt c będzie środkiem ciężkości dla trójkąta DCB; zkąd wypływa, że środek ciężkości całej figury $ABCD$ znajdować się musi na linii bc łączącej oba środki ciężkości trójkątów. Aby ten punkt znaleźć, łączę punkt A z punktem C przekątnią AC; liniję AC dzielę w punkcie d na dwie równe części; punkt d łączę z wierzchołkiem B liniją dB, i tenże sam punkt d łączę z wierzchołkiem D liniją Dd.

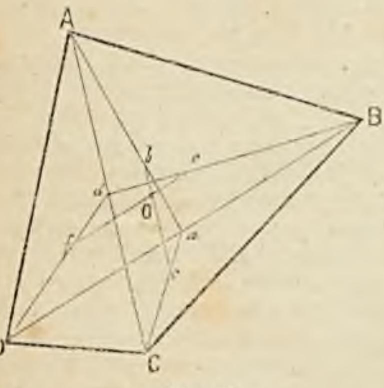


Fig. 79.

Na linii dB odcinam $de = \frac{1}{3} dB$, a na linii dD odcinam $df = \frac{1}{3} Dd$, punkt f łączę z punktem e, gdzie widzę że punkt f, jest środkiem ciężkości trójkąta ACD, a punkt e jest środkiem ciężkości trójkąta ACB, czyli że środek ciężkości całej figury, znajdować się musi na linii fe; a że środek ciężkości tego czworoboku znajdować się musi tak na linii bc jak na linii fe, więc znajdować się będzie na wspólném przecięciu się onych, to jest w punkcie O; co właśnie mieliśmy wynaleźć.

Środek ciężkości trapezu. Niechaj $AD = a$, $BC = b$ zaś $BE = w$ (Figura 36, str. 47) gdzie w oznacza wysokość trapezu, czyli najkrótszą odległość od siebie boków równoległych AD i BC, to środek ciężkości tego trapezu będzie odległy od boku a, t. j. od podstawy o:

$$x = \frac{w}{3}\left(\frac{a + 2b}{a + b}\right).$$

Środek ciężkości równoległoboku. Jeżeli weźmiemy równoległobok prostokątny $ABCD$ (Fig. 80) to łatwo jest dostrzedz, że poprowadziwszy przekątnię BD, środek ciężkości tego czworoboku musi się na tejże przekątni znajdować; poprowadziwszy zaś drugą przekątnię AC to szukany środek znajdować się będzie we wspólném ich przecięciu t. j. w punkcie O.


Fig. 80.

Nie potrzeba żadnego dowodu, że to samo prawidło odnosi się także i do równoległoboku z bokami ukośnie poprowadzonymi.

Środek ciężkości koła i wycinka koła. Co do środka ciężkości koła, to widocznem jest i niepotrzebującém najmniejszego dowodzenia, że ten wraz ze środkiem koła znajduje się w jednóm miejscu. Ale z wynalezieniem środka ciężkości wycinka koła AOB (Fig. 81), jest rzecz cokolwiek trudniejsza. Poprowadziwszy promień OD tak, aby kąt v i łuk ADB podzielił się na dwie części, to tym sposobem powierzchnia wycinka podzieli się także na dwie równe części AOD i DOB, a środek ich ciężkości znajdować się będzie na linii OD. Aby takowy wyznaczyć, biorę $\frac{2}{3}$ promienia $OD = r$. t. j. $\frac{2}{3}r$ i mnożę przez iloraz wypadający z podzielenia wstawy kąta $\frac{1}{2}v$, przez długość łuku $\frac{1}{2}v$.

Fig. 81.

Mamy np. wyznaczyć środek ciężkości wycinka 60^0, to wtedy $v = 60^0$, zatém $\frac{1}{2}v = 30^0$.

Wst $\frac{1}{2}v$ = wst. $30^0 = 0{,}5$, a łuk $30 = 0{,}5236$, a zatém:

$$\frac{\text{wst } 30^0}{\text{łuk } 30^0} = \frac{0{,}5000}{0{,}5236} = 0{,}954;$$

przeto odległość środka ciężkości wycinka od środka koła

$$= \frac{2}{3} r \,.\, 0{,}954 = 0{,}636 \,.\, r; \text{ jeżeli więc}$$

$OS = 0{,}636 \,.\, r$, to S jest szukanym środkiem ciężkości.

Środek ciężkości odcinka koła. Dla znalezienia środka ciężkości odcinka koła ABD (Fig. 81) czynię długość cięciwy $AB = a$, powierzchnię odcinka $= p$, to odległość środka ciężkości odcinka od środka koła, będzie:

$$= \frac{1}{12} \times \frac{a^3}{p}.$$

Środek ciężkości kawałka obręczki. Mamy znaleźć środek ciężkości kawałka obręczki $ADBFE$ (Fig. 81) zawartego między dwoma współśrodkowymi łukami EF i ADB i dwoma promieniami OA i OB tworzącymi z sobą kąt v^0. Uczyńmy promień $OA = r$, a promień $OE = r_,$, to:

$$OS = \frac{4}{3} \frac{\text{wst } \frac{1}{2} v}{v} \,.\, \frac{r^3 - r_,^3}{r^2 - r_,^2}.$$

Oczywiście środek ciężkości całéj obręczki znajdować się będzie we wspólnym środku obu kół współśrodkowych.

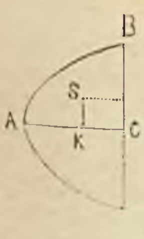


Fig. 82.

Środek ciężkości powierzchni parabolicznéj. Wynaleźć środek ciężkości powierzchni parabolicznej ABC (Fig. 82) któréj podstawa $AC = a$, wysokość $BC = b$. Środek ciężkości znajdować się będzie o $AK = \frac{3}{5}b$ od wierzchołka A, a o $KS = \frac{3}{8}a$ od podstawy AC.

Co do 3-go. Środek ciężkości brył. Niechaj (Fig. 83) przedstawia *graniastosłup trójścienny* z podstawami ABC i EDF równoległemi. Niechaj m będzie środkiem ciężkości trójkąta ABC, a n trójkąta DEF, to linija mn łącząca owe dwa środki ze sobą, nazywa się osią graniastosłupa.

Podzieliwszy tę oś w punkcie O na dwie równe części, aby było $OM = On$, punkt O będzie szukanym środkiem ciężkości graniastosłupa $ACFDEB$.

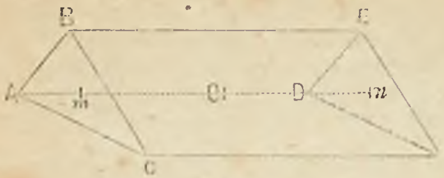


Fig. 83.

Tym samym sposobem wynajduje się środek ciężkości *równoległościanu*, którego obie podstawy są równoległobokami. Wynajduje się obu tych podstaw środki ciężkości za pomocą przekątni, oba środki ciężkości podstaw łączy się liniją prostą, tę linije dzieli się na dwie równe części, a środek jéj będzie środkiem ciężkości równoległościanu.

Chcąc znaleźć środek ciężkości *walca*, którego obie podstawy są kołami równoległemi od siebie, należy środki podstaw połączyć ze sobą liniją prostą, która będzie oś walca stanowić, a środek osi, będzie zarazem środkiem ciężkości całego walca.

Środek ciężkości *piramidy* czyli *ostrosłupa* wynajduje się w ten sposób, że wynajduje się środek ciężkości podstawy, środek ten łączy się z wierzchołkiem ostrosłupa linią prostą, która stanowić będzie oś téj figury. W $^1/_4$ części téj osi licząc od podstawy, a zatém w $^3/_4$ od wierzchołka, znajduje się środek ciężkości ostrosłupa.

Ponieważ ostrokręg czyli stożek również do ostrosłupów zaliczonym być może, przeto połączywszy środek jego podstawy, która oczywiście jest kołem, z wierzchołkiem tego ostrokręgu, to w $^1/_4$ od podstawy znajdować się będzie jego środek ciężkości.

Fig. 84.

Srodek ciężkości obelisku. Mamy znaleźć środek ciężkości obelisku AB czyli ostrosłupa ściętego (Fig. 84). Podstawa dolna A ma boki a i b, podstawa górna B ma boki a' i b', wysokość obelisku $AB = w$, zatém odległość środka ciężkości od podstawy dolnéj czyli A będzie:

$$AS = \frac{ab + 3\ a'b' + ab' + a'b}{2\ ab + 2\ a'b' + ab' + a'b} \cdot \frac{w}{2}.$$

Każdy to łatwo dostrzeże, że środek ciężkości *kuli*, wypada w samym jéj środku.

Środek ciężkości *półkuli* $= {}^3/_8\ r$, gdzie r jest promieniem kuli.

Jeżeli mamy wyszukać środek ciężkości bryły podługowatéj lecz nieregularnéj, to w sposób praktyczny postępuje się jak następuje. Kładzie się jeden koniec ciała na ostrzu np. noża, a drugi koniec kładzie się na wadze, na drugiéj szalce tejże saméj wagi kładzie się dotąd ciężary, dopóki oś owéj bryły nie przybierze kierunku poziomego. Jeżeli W znaczy ciężar bryły, x odległość środka ciężkości od ostrego kantu noża, d długość bryły, C ciężar położony na drugiéj szalce, będzie więc:

$$Wx = C\ .\ d \quad \text{zkąd środek ciężkości}$$

$$x = \frac{C\ .\ d}{W}.$$

147. Równowaga machin prostych. Sił nadających ruch ciałom, których nam przyroda dostarcza, nie jest bardzo wiele: siła muskułów człowieka i zwierza, płynącéj wody, pary, wiatru i elektryczności: oto jest wszystko, co skąpa przyroda udzieliła człowiekowi. Te siły uregulować, zebrać, podzielić, ze sobą powiązać, zrównoważyć, chyżości powiększyć lub zmniejszyć, kierunek ruchu odmienić, jest zadaniem mechaniki. Machina sama nic tworzy siły, ale daną sobie siłą kieruje i takową odpowiednio zmienia, przez co staje się taż siła użyteczniejszą.

Machiną zowie się każde narzędzie, za pomocą którego, *siła* przyczepiona do jednego punktu, pokonywa lub równoważy *opór* jakiejkolwiek wielkości, przyczepiony w dowolnym punkcie i działający w jakimkolwiek kierunku. Wszelkie machiny używane po fabrykach do wykonywania różnorodnéj pracy, składają się z tak nazwanych *machin prostych* czyli *pojedynczych*, któremi są: 1° *Drążek* czyli *dźwignia*, 2° *Kołowrot*, 3° *Krążek* czyli *blok*, 4° *Równia pochyła*, 5° *Śruba z mutrą*, 6° *Klin* i 7° *Sznur* czyli *lina*.

Każda więc najwięcéj nawet skomplikowana maszyna składa się z siedmiu machin prostych. Ponieważ zaś ruch każdéj machiny jest albo prostolinijnym albo téż kołowym, lub téż z obydwóch złożonym, przeto te wszystkie machiny proste, dadzą się jeszcze do dwóch zredukować, to jest do *równi pochyłej* dla ruchu prostolinijnego i do *drążka*, dla ruchu kołowego czyli wirowego. Jaką ważność ma drążek w całej mechanice, można z tego wnosić, co niegdyś wielki *Archimedes* powiedział: „Dajcie mi punkt oparcia, a ziemię ruszę z posad swoich za pomocą drąga.“

Rozróżniamy w mechanice dwa rodzaje drążka, mianowicie drążek *matematyczny*, prócz długości nic mający żadnych innych wymiarów, i drążek *materyalny* czyli *fizyczny*, posiadający pewien ciężar i odpowiednie wymiary.

Każda linija prosta nie giętka, mogąca się około pewnego punktu obracać, przedstawia drążek matematyczny. Punkt, około którego porusza się drążek, nazywa się *punktem podpory*, który jest zarazem *środkiem momentów sił* działających na drążek. Jeżeli chodzi o równowagę takowego drążka, należy koniecznie przypuścić, iż działające nań siły, starają się go około tego punktu obrócić.

Jeżeli AB (Fig. 85) przedstawia taką niegiętką liniję prostą a C jest owym punktem, około którego taż linija może się obrócić, to siła P w punkcie B na końcu drążka działająca, obróciłaby istotnie rzeczoną liniję około punktu C, gdyby siła Q zawieszona w drugim końcu A téj saméj linii, siły P nie zrównoważyła, a tém samém drążka w kierunku poziomym AB nie utrzymała. Jeżeli taki przypadek ma miejsce, to się mówić zwykło że siły P i Q znajdują się w równowadze, a drążek taki AB nazywa się drążkiem *dwuramiennym*, ponieważ punkt podpory C znajduje się pomiędzy siłami P i Q. Więc BC jest ramieniem drążka siły P, a AC ramieniem drążka siły Q.

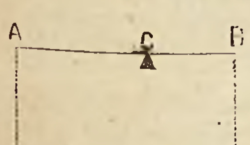


Fig. 85.

Ponieważ każdy drążek jako machina, służy do pokonania jakiegoś oporu, który to opór także nazywać można ciężarem, przeto jednę z sił działających w końcu drążka nazywamy zwykle *siłą*, a siłę działającą w drugim końcu drążka *ciężarem*. Przypatrzywszy się uważnie Figurze 85-téj, łatwo się przekonać, że warunki równowagi pomiędzy siłami P i Q zależnymi są od odległości AC i BC od punktu podpory C, musimy tylko okazać, w jakim mianowicie stosunku muszą być do siebie owe odległości, aby pomiędzy siłami P i Q nastąpić mogła równowaga. Ponieważ odległości do punktu podpory C muszą być linijami prostopadłemi, przeto przypuścić musimy, że siły P i Q działają na drążek AB pod kątami prostymi.

148. Drążek dwuramienny. Aby oznaczyć stosunek ramienia AC do ramienia BC (Fig. 85), na przypadek równowagi, należy sobie przypomnieć to, cośmy w § 142 (Fig. 73) o *momentach sił* powiedzieli. Mówiliśmy tam, że na liniję niegiętką LB (Fig. 73) w dwóch punktach AB działają dwie siły P i Q, których znaleźliśmy wypadkową R i punkt jéj przyczepienia D. Okazaliśmy tamże, że równowaga pomiędzy siłami P, Q i R tylko wtedy nastąpić może, jeżeli summa momentów tych sił, ze względu na punkt L równa się zeru. Że zaś punkt L jako środek momentów, możemy obrać dowolnie, nic nam przeto nie przeszkadza, abyśmy go do punktu D przenieśli, to jest do punktu przyczepienia wypadkowéj R; zastąpiwszy zaś punkt przyczepienia wypadkowéj R punktem podpory, i przypuściwszy, że siły P i Q działają w punktach A i B pod kątami prostemi, to przypadek przedstawiony na Figurze 85-téj, wyobraża nam drążek dwuramienny. A więc i tutaj na przypadek równowagi, summa momentów sił P i Q ze względu na punkt C musi być równą zeru; otrzymamy zatém następujące równanie:

$$P \times BC - Q \times AC = 0.$$

Że jeden z tych dwóch momentów musi być ujemnym, jest oczywistém, ponieważ działania sił P i Q na drążek, odbywają się po stronach przeciwnych punktu podpory C. Z powyższego równania otrzymamy także następujące:

$$P \times BC = Q \times AC,$$

a ztąd i proporcyę następującą:

$$(1)\ P : Q = AC : BC,$$

przez co stosunek ramienia AC do ramienia BC dokładnie jest oznaczony. Z powyższéj proporcyi wynika ten wniosek: *że ramiona drążka* AC i BC, *mają się do siebie w stosunku odwrotnym sił na nie działających.*

Prawo to jest nader ważne, ono nam bowiem wskazuje, że gdy na drążek dwuramienny, działają dwie siły sobie nierówne, a wszelako znajdują się w równowadze, to zawsze siła mniejsza wywiera działanie na ramię dłuższe, a siła większa na ramię krótsze tego drążka. Zkąd wypada, że gdy wiadome są dwie siły i jedno ramię drążka, łatwo jest wynaleźć drugie ramię drążka. Jeżeli zaś obie siły są sobie równe, to w czasie równowagi i oba ramiona drążka muszą sobie być równe.

Przykład. Siła $P = 10$ funtów, ciężar $Q = 50$ funtów, i ramię ciężaru $Q = 1$ stopie; zkąd wypada, że gdy Q jest 5 razy większe od P, przeto ramię drążka przyległego ciężarowi Q, musi być 5 razy mniejsze od ramienia przyległego sile P. Że zaś ramię ciężaru $Q = 1$ stopie, przeto ramię siły P musi być równe 5 stóp, i w takim to razie, będzie miała miejsce równowaga między siłą P i ciężarem Q, gdyż oba momenta będą sobie równe. Z proporcyi (1) wypływają następujące równania:

$$P = Q \cdot \frac{AC}{BC}, \text{ daléj: } Q = P \cdot \frac{BC}{AC},$$

$$\text{tudzież: } AC = BC \cdot \frac{P}{Q} \text{ i } BC = AC \cdot \frac{P}{Q}.$$

za pomocą których, wszelkie zagadnienia odnoszące się do owego drążka, rozwiązanemi być mogą.

Przykład. Ciężar $P = 75$ funtów, działa na ramię $AC = \frac{3}{4}$ stopy; jak wielką siłę P należy przyczepić do drugiego na 4,5 stóp długiego ramienia, aby nastąpiła równowaga?

Wstawiając dane wartości w równanie pierwsze, otrzymamy:

$$P = 75 \cdot \frac{3}{4 \cdot 4{,}5} = 75 \cdot \frac{3}{18} = 12{,}5 \text{ funtów},$$

to jest siła $12\frac{1}{2}$ funtów zrównoważy ciężar z siłą. Zastosowanie trzech innych zrównań, łatwo jest zrozumieć.

149. Drążek jednoramienny. Tego rodzaju drążek przedstawia nam (Figura 86). Linija nie giętka AC ma w C swój punkt podpory; w punkcie B działa ciężar Q na dół, w punkcie A siła P do góry. Widocznem tu jest, że ciężar Q usiłuje drążek około punktu C obrócić na dół, zaś siła P tenże sam drążek również około punktu C stara się obrócić do góry. Wyobraźmy sobie że siła P sprzeciwia się obrotowi drążka, w skutek czego siła P z ciężarem Q pozostaje w równowadze.

Drążek ten dla tego zowiemy *jednoramiennym* ponieważ punkt podpory C nie leży pomiędzy siłami P i Q, lecz obie siły znajdują się z jednéj strony punktu podpory C; ich zatém ramiona CB i CA mają jeden i tenże sam kierunek. Równowaga pomiędzy siłą i ciężarem może tu nastąpić wtedy, kiedy oba działania ciężaru Q i siły P wzajemnie się znoszą, ale to może tylko wtedy miéć miejsce, gdy ich momenta ze względu na punkt C będą sobie zupełnie równe. W przypadku więc równowagi otrzymamy następujące równanie:

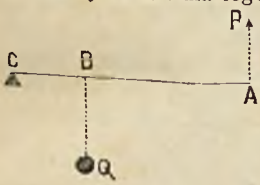


Fig. 86.

$$Q \cdot BC = P \cdot AC,$$

zkąd: $$P : Q = BC : AC.$$

Proporcya ta wyraża to samo prawo, jakie znaleźliśmy już wyżéj przy drążku dwuramiennym; t. j. że siły P i Q mają się w stosunku odwrotnym swoich odległości od punktu podpory. Jeżeli więc ciężar Q jest 10 razy większy od siły P będącéj z nim w równowadze, to i ramię AC musi być 10 razy większe od ramienia BC.

150. Zastanawiając się nad drążkiem jednoramiennym (Fig. 86) widzimy, że ponieważ ramię siły P jest znacznie dłuższe od ramienia ciężaru Q, przeto skutek siły P znakomicie się przez to powiększył. Weźmy teraz ten przypadek, że siła P jest wystarczającą dla podniesienia punktu A do góry, to i ciężar Q musi iść do góry; ale ciężar Q zrobi drogę w tymże samym czasie tyle razy mniejszą od drogi przez A przebieżonéj, ile razy drążek BC mniejszy jest od AC; jeżeli więc np. $AC = 3\,BC$, to $P = \frac{1}{3}\,Q$, ale ciężar Q będzie 3 razy więcéj czasu potrzebował, aby go do pewnéj wysokości podnieść; czyli, że *traci się zawsze tyle na czasie ile się na sile zyskuje*, i to jest ogólną wadą wszystkich machin.

Wręcz przeciwny skutek znajdujemy przy drążku CB (Fig. 87), który jak widzimy jest także drążkiem jednoramiennym, ale z tą różnicą, że siła P działająca w górę, ma drążek AC krótszy od drążka BC, należącego do ciężaru

Q i działającego na dół. Ponieważ na przypadek równowagi da się i tu zastosować znane nam powyżéj prawo, będzie więc proporcya:

$$P : Q = BC : AC,$$

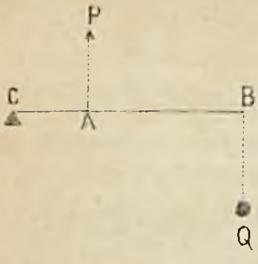


Fig. 87.

która nam wskazuje, że przez takie przyczepienie siły, nietylko nic na niéj nie zyskujemy, ale owszem siła P musi być daleko większą od ciężaru Q, mianowicie tyle razy, ilekroć ramię BC dłuższe jest od ramienia AC.

Przypuśćmy jednak i tu ten przypadek, że siła P jest dostateczną do obrotu drążka około punktu C, a tém samém do podniesienia ciężaru Q do góry; to ciężar Q w tymże samym czasie zrobi drogę tyle razy większą, ile razy ramię BC większe jest od ramienia AC. Tutaj się więc pokazuje znowu, że *ile się zyskuje na czasie, tyle się na sile traci.*

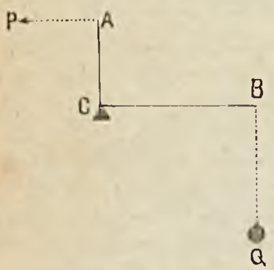


Fig. 88.

151. Drążek złamany czyli kolankowy. Drążek ACB (Fig. 88) nazywa się drążkiem *złamanym* albo *kolankowym.* W punkcie A działa siła P pod kątem prostym i utrzymuje w równowadze ciężar Q zawieszony w punkcie B. I przy tém rodzaju drążka da się zastósować powyższe prawidło, które jest wspólne dla każdego drążka, gdy siła i ciężar pod kątem prostym działają, t. j.

$$P \times AC = Q \times CB.$$

Gdyby jednak tak siła jako i ciężar P i Q (Figura 89) działały ukośnie na drążek AB, to dla znalezienia stosunku pomiędzy siłą i ciężarem na przypadek równowagi, należy z punktu C spuścić prostopadłe CD i CE na kierunki siły i ciężaru, przez co otrzymamy proporcyę następującą:

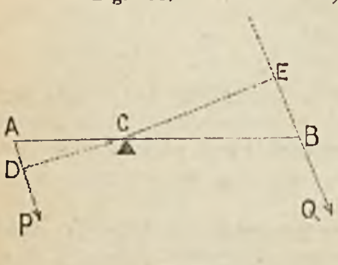


Fig. 89.

$$P : Q = CE : CD,$$

która równowadze zadosyć czyni.

Drążek złamany ma liczne w mechanice zastosowanie, dla tego bierzemy go pod bliższą uwagę. Częstokroć oprócz równowagi takiego drążka, zachodzi potrzeba wynaleźć i ciśnienie na oś, około której obraca się takowy.

Figura 90-ta przedstawia drążek kolankowy, z ramionami ustawionemi pod kątem prostym, kiedy siły działają prostopadle do ramion, *mamy znaleźć ciśnienie na oś obrotową A.* W tym celu przedłużamy kierunki sił P i Q aż do spotkania się w punkcie a, czynię $ab = P$, zaś $ac = Q$, dopełniam równoległoboku $acdb$, to przekątnia ad będzie wyrażać ciśnienie wywarte na oś A. Kierunek owéj przekątni musi przez oś A przechodzić.

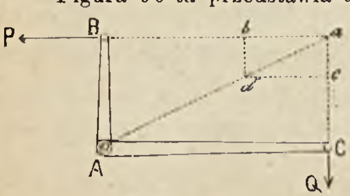


Fig. 90.

Figura 91 przedstawia drążek kolankowy, którego ramiona ustawione są pod kątem rozwartym, a siły nie działają pod kątami prostymi do ramion; *mamy wynaleźć ciśnienie na oś obrotową* A. Aby to otrzymać, prowadzę przez punkt A równoległą Ac od kierunku siły Q, jak również przez tenże sam punkt A, równoległą Ab od kierunku siły P, następnie czynię $Ac = Q$, $Ab = P$, dopełniam równoległoboku $abdc$, to przekątnia ad będzie wyrażać ciśnienie wywarte na oś obrotową A.

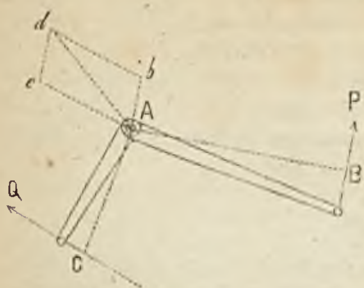


Fig. 91.

152. Drążek z więcéj jak dwiema siłami. Przypuśćmy że na drążek działają dwie siły Q, Q' z jednéj strony i P, P', P'' w przeciwnym kierunku; następnie niechaj będą ramiona q, q' i p, p', p'' odpowiadające owym siłom; to równowaga nastąpi, gdy:

$$Qq + Q'q' = Pp + P'p' + P''p'',$$

to jest gdy summa statycznych momentów usiłujących obrócić drążek w jedną stronę, równa się summie momentów usiłujących obrócić drążek w drugą stronę. Jeżeli którakolwiek z ilości wchodzących w równanie jest niewiadomą, łatwo ją wynaleźć, gdy inne są wiadomemi.

Przykład. Znaleźć równowagę i ciśnienie na oś AB (Fig. 92).

Siłom	40 kilog.	12 kil.	P
odpowiadają ramiona	1^m	3^m	$4{,}5^m$
momenta statyczne	1×40	3×12	$4{,}5\,P$.

Zatém równowaga drążka nastąpi gdy:

$1 \times 40 + 3 \times 12 = 4{,}5\ P$, czyli gdy

$$P = \frac{40 + 36}{4{,}5} = 16{,}89 \text{ kilogramów;}$$

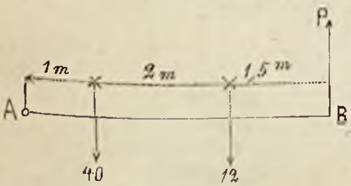


Fig. 92.

zkąd łatwo jest wynaleźć ciśnienie na oś AB, bo:

$$40 + 12 - 16{,}89 = 35{,}11 \text{ kilogramów.}$$

153. Redukcya sił na drążku. Jeżeli przesuniemy punkt przyczepienia siły na ramieniu drążka z jednego miejsca na drugie, nie zmieniając jednakże kierunku siły, i jeżeli ta siła ma sprawiać takiż sam skutek na obrót drążka jak poprzednio, to jéj moment statyczny musi i teraz tę samą wartość posiadać. Jeżeli się np. ramię drążka przedłuży, to siła w tym samym stosunku musi być zmniejszoną i t. d. Takie przesunięcie punktu przyczepienia siły na drążku, zowie się *redukcyą siły* do innego punktu.

Przykład. W ostatnim przykładzie (Fig. 92) siła 12 kilogr. wywiera działanie na ramię drążka długości 3 metry. Siła ta niechaj ma ten sam punkt przyczepienia co i siła 40 kilogr., to jéj ramię będzie miało tylko 1 metr długości, siła zatém musi być 3 razy większa, więc 3×12 czyli 36 kilogramów. Obecnie więc siły $40 + 36 = 76$ kilogramów, przyczepione na drążku 1 metr długości, siłę P działającą w przeciwnym kierunku, utrzymują w równowadze.

154. Do uzupełnienia teoryi matematycznego drążka, służy jeszcze rozwiązanie zagadnienia następującego;

Siła i ciężar, oraz całkowita długość drążka (Fig. 85) są dane, chodzi o znalezienie punktu podparcia na przypadek równowagi.

Dla rozwiązania tego zagadnienia, niechaj $AC = x$, $BC = a - x$, otrzymamy więc następujące równanie momentów statycznych:

$$Q . x = P (a - x) \text{ czyli}$$
$$Q . x = P . a - P . x \text{ zatém:}$$
$$Q . x + P . x = P . a, \text{ upraszczając będzie:}$$
$$x (Q + P) = P . a \text{ a ztąd:}$$
$$(1) \quad x = \frac{P . a}{P + Q},$$

zkąd wypada, że aby znaleźć punkt podparcia drążka czyli odległość $AC = x$, należy siłę P rozmnożyć przez długość całego drążka, a ten iloczyn podzielić przez summę siły P i ciężaru Q.

Gdybyśmy zaś chcieli odległość punktu podparcia liczyć od punktu B, w takim razie $BC = y$, otrzymalibyśmy więc podług powyższéj reguły:

$$(2) \quad y = \frac{Q . a}{P + Q}.$$

Przykład. Niechaj długość całego drążka $AB = a$ (Fig. 85) równa się 5,32 metrów, siła $P = 25$ kilogramów, ciężar $Q = 125$ kilogramów, to odległość punktu podpory od ciężaru Q, będzie podług równania (1):

$$x = \frac{25 \times 5,32}{25 + 125} = \frac{133}{150} = 0,886 \text{ metra.}$$

a zatém podług równania (2)

$$y = \frac{125 \times 5,32}{150} = \frac{665}{150} = 4,434 \text{ metrów.}$$

Sprawdzenie.

$$x + y = AB = 0,886 + 4,434 = 5,32 \text{ metrów.}$$

155. Drążek fizyczny czyli materyalny. Przez drążek *materyalny* albo inaczéj *fizyczny*, należy rozumieć równoległościenną lub okrągłą sztangę wyrobioną z drzewa lub metalu, która się również około swego punktu podpory jak i drążek matematyczny obracać może. Przyczyna dla czego taki drążek nie może być traktowany jednako z drążkiem matematycznym czyli nie materyalnym, w tém leży, że drążek fizyczny posiada pewien ciężar, który się również pod rachunek bierze, a którego to wypadku, w drążku matematycznym nie było.

Przypuśćmy, że AB (Fig. 93) jest drążkiem równoległościennym dwuramiennym, którego punkt podpory jest w C, zaś środek ciężkości znajduje się w punkcie O, gdzie zatém $OA = OB$. Ponieważ w punktach A i B działają siły P i Q, dostrzegamy przeto łatwo, że środek ciężkości O, w którym cały ciężar czyli wagę W drążka AB wyobrazić sobie trzeba, przypada w ramieniu BC siły P i posiada także swoje własne ramię OC; a zatém środek ciężkości widocznie powiększa moment siły P i w przy-

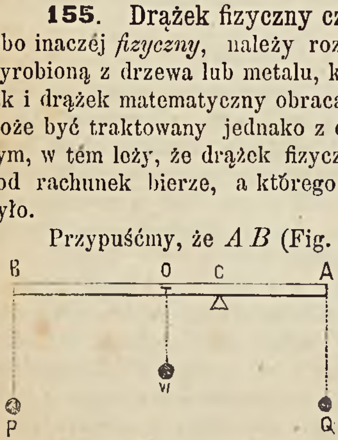


Fig. 93.

padku równowagi summa momentów P i W musi być równa momentowi ciężaru Q, będziemy więc mieli równanie:

$$P \times BC + W \times OC = Q \times AC,$$

z pomocą którego każde zadanie tego drążka dotyczące, rozwiązaném być może.

Jeżeli punkt podpory i środek ciężkości drążka przypadają razem, to wtedy $OC = 0$, a zatém i $W \times OC = 0$, a powyższe równanie zamieni się w następujące:

$$P \times BC = Q \times AC$$

i w takim razie drążek należy jako matematyczny uważać.

Przykład. Drążek dwuramienny dębowy (Fig. 93) 12 stóp długi, ma w kant po 3 cale. Ramię drążka $AC = 3$ stopy, zatém $BC = 9$ stóp, ciężar $Q = 96$ funtów; jak wielką musi być siła P na przypadek równowagi?

Przedewszystkiem należy tu zdeterminować wpływ, jaki wywiera ciężar drążka na jego równowagę. Z powyższych cyfr danych widzimy, że drążek $= \frac{9}{12}$ stopy sześciennéj; przypuściwszy gęstość dębiny $= \frac{1}{2}$, kiedy jedna stopa sześcienna polska wody $= 58,9$ funtów, to stopa sześcienna dębiny $= 29,45$ funtów polskich, zatém ciężar całego drążka $= \frac{9}{12} \times 29,45 = 22,08$ funtów. Ponieważ ów ciężar wywiera działanie na ramię drążka $OC = 3'$, przeto $22,08 \times 3$ będzie jego momentem statycznym, pomagającym momentowi statycznemu siły P. W czasie zatém równowagi będziemy mieli równanie:

$$P \times 9 + 22,08 \times 3 = 96 \times 3, \text{ lub}$$
$$3 \,.\, P + 22,08 = 96, \text{ lub}$$
$$P = \frac{96 - 22,08}{3} = 24,64 \text{ funtów.}$$

Gdyby ciężar drążka nie przyszedł był w pomoc sile P, to wtedy siła P dla zrównoważenia ciężaru Q, musiałaby być równą 32 funtów.

156. Jak w dwuramiennym, tak samo i w jednoramiennym, ciężar drążka wielki wywiera wpływ na jego równowagę.

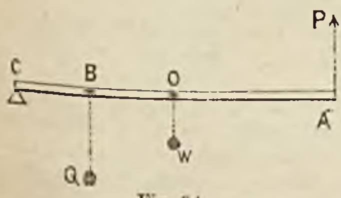


Fig. 94

Niechaj będzie AC (Fig. 94) drążek fizyczny jednoramienny, którego środek ciężkości wypada w punkcie O t. j. w samym środku, zatém $OC = OA$. Ponieważ ciężar W drążka i zawieszony ciężar Q działają na dół w jednym kierunku, przeto w czasie równowagi, siła P musi się stać równą obudwóm ciężarom. Moment zatém siły B, musi być równy summie momentów ciężarów W i Q; w czasie więc równowagi będziemy mieli równanie:

$$P \times AC = Q \times BC + W \times OC.$$

Przykład. Wał poziomy AB (Fig. 95) dźwiga na sobie koło zamachowe Q i koło zębate R; mamy oznaczyć ciśnienie na panewki A i B w warunkach następujących: Jeżeli wał od swego środka ku czopom jest symetrycznym, w takim razie cisnąć będzie na obie panewki z jednakową siłą. Ale wypadek jest tutaj inny, gdyż ciężar wału od środka ciężkości S rozkłada się na panewki nie jednako. I tak:

	Ciężar	Odległość od A	Odległość od B.
Przy kole zamachowem Q	3000 kilogr.	$0{,}30^m$	$1{,}58^m$
„ kole zębatem R	450 „	$0{,}58^m$	$1{,}30^m$
W środku ciężkości S	250 „	$0{,}68^m$	$1{,}20^m$

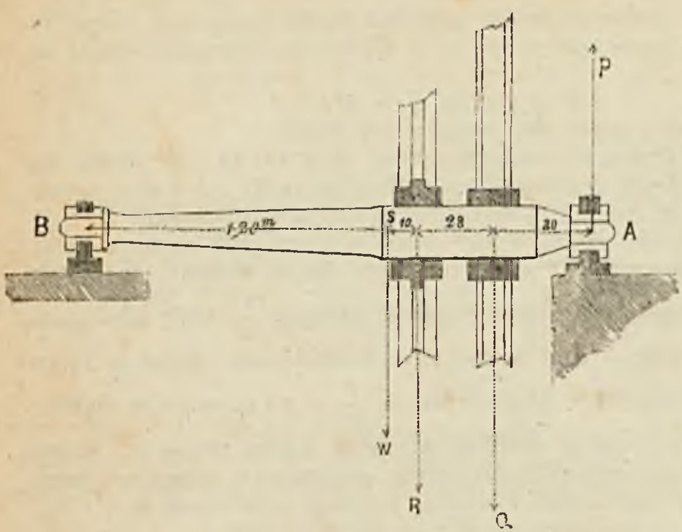


Fig. 95.

Jeżeli punkt podpory czyli panewkę A zastąpimy przez siłę P, działającą pionowo do góry; i jeżeli przypuścimy że wał AB może się do góry i na dół obracać około podpory B, to mamy drążek na który koło zamachowe, koło zębate i ciężar samego drąga działają na dół w kierunku pionowym, a tylko jedną siłę P działającą w kierunku przeciwnym t. j. do góry. W razie zatem równowagi, otrzymamy następujące równanie momentów statycznych wyżéj rzeczonych sił:

$$1.88 \,.\, P = Q \times 1{,}58 + R \times 1{,}30 + W \times 1{,}20$$

$$\text{czyli} \quad P = \frac{Q \times 1{,}58 + R \times 1{,}30 + W \times 1{,}20}{1{,}88}$$

a wstawiwszy za Q, R i W wyżéj podane wartości otrzymamy:

$$P = \frac{3000 \times 1{,}58 + 450 \times 1{,}30 + 250 \times 1{,}20}{1{,}88} = \frac{5626}{1{,}88} = 2992 \text{ kilo-}$$

gramów;

i ta właśnie siła odpowiada ciśnieniu wywartemu na panewkę A. Aby wynaleźć ciśnienie na panewkę B, należy ciśnienie 2992 kilogramów, odjąć od całkowitego ciśnienia: $(3000 + 450 + 250) = 3700$ kilogramów, a reszta pozostała 708 kilogramów, będzie wyrażać szukane ciśnienie.

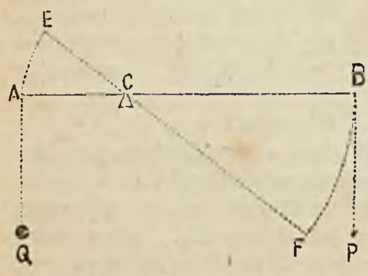


Fig. 96.

157. Przy dźwiganiu ciężarów do góry za pomocą drąga, nastręcza się niezmiernie ważna uwaga. Niechaj będzie dwuramienny drąg AB (Fig. 96), którego punkt podpory jest w C, Q jest ciężar mający być podniesionym, a P wyobraża siłę. Jeżeli siła P jest w stanie obrócić drąg około punktu C, to takowy po pewnym czasie przyjmie położenie

EF, a punkta A i B zakreślą łuki AE i BF w tymże samym czasie. Ponieważ te łuki zatoczone są promieniami różnéj długości, będą się więc miały do siebie jak ich promienie; otrzymamy zatém proporcyę:

$$AE : BF = AC : BC,$$

W przypadku zaś równowagi okazaliśmy wyżéj, że:

$$P : Q = AC : BC.$$

Ponieważ prawe strony tych proporcyj są sobie równe, muszą więc i lewe strony być sobie równe; a zatém będzie:

$$P : Q = AE : BF.$$

Oznaczywszy AE czyli drogę przebieżoną przez punkt A głoską d, zaś BF drogę przebieżoną w tymże samym czasie przez punkt B głoską D, będzie:

$$P : Q = d : D.$$

czyli $P \times D = Q \times d$,

t. j. iloczyny z siły i ciężaru przez swoje drogi w jednakich czasach przebyte, muszą sobie być równe.

158. Niektóre przykłady zastósowania drążka. Bardzo pospolity przypadek zastósowania dwuramiennego drąga, przedstawia (Figura 97). NM wyobraża drąg żelazny od C ku M zakrzywiony. C jest to punkt podpory, jakiekolwiek ciało stałe stanowiący, podsunięty pod drąg, a zatém punkt zmienny. Jeżeli za pomocą siły przy punkcie N przyczepionéj, chcemy wielki ciężar Q podnieść, winniśmy punkt podpory C jak najbliżéj punktu M przysunąć. Obecnie zachodzi pytanie, jeżeli punkt M oddalony jest od punktu C o 6 cali, jak długie powinno być ramię NC, ażeby człowiek za pomocą tego drąga mógł podnieść ciężar wynoszący 6 centnarów, kiedy drąg żelazny waży funtów 30, a odległość jego środka ciężkości S od punktu podparcia $C = 1{,}5$ stopy?

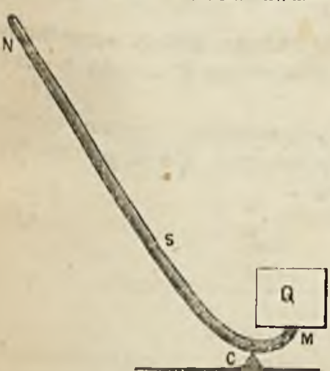


Fig. 97.

Jeżeli $NC = x$ i przypuszczając, że przy N pracuje człowiek z siłą 40 funtów, to otrzymamy następujące równanie momentów:

$$40 \times x + 30 \times 1{,}5 = 600 \times \frac{1}{2} \quad \text{lub:}$$

$$40 \times x + 45 = 300, \quad \text{zkąd:}$$

$$x = \frac{300 - 45}{40} = 6{,}375 \text{ stóp.}$$

Jaką zaś grubość drąg NM w takim razie posiadać winien, dowiemy się o tém mówiąc o *wytrzymałości materyałów.*

159. Taczka. Machina ta zwana także karą, mająca rozmaite formy i każdemu dobrze znana, przedstawiona jest na (Figurze 98). Machina niniejsza niczém innném nie jest, jak tylko *drągiem jednoramiennym.* Punkt podparcia drąga jest w C, ciężar spoczywa w B, a siła działa w punkcie A. Na zasadzie zatém wyżéj podanych prawideł, można tutaj stawić dwa pytania:

1° Jak wielki ciężar może człowiek przewieźć tą machiną, kiedy jéj wymiary są dane?

2° Jakie wymiary posiadać winna ta machina, aby człowiek dany ciężar mógł na niéj przewieźć?

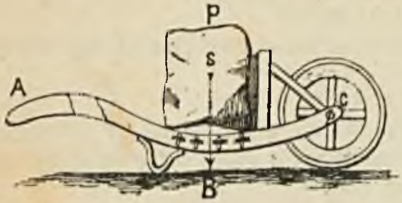


Fig. 98.

1 Przykład. Długość całego drąga $AC = 8$ stóp; ciężar P jest tak położony, że odległość jego środka ciężkości S od punktu podpory C, czyli $CB = 1{,}5$ stóp, człowiek zaś pracujący przy A wywiera siłę 50 funtów; jak wielki ciężar człowiek może przewieźć na téj taczce?

Podług wyżéj podanych prawideł, mamy następujące równanie momentów:

$$50 \times AC = CB \times P. \text{ zkąd:}$$

$$P = \frac{50 \times AC}{CB} = \frac{50 \times 8}{1{,}5} = \frac{400}{1{,}5} = 266{,}6 \text{ funtów.}$$

Jeżeli zaś przypuścimy że sama taczka (nie rachując kółka) waży funtów 50, to człowiek będzie mógł przewieźć właściwie tylko ciężar $P = (266{,}6 - 50) = 216{,}6$ funtów na taczce.

2 Przykład. Odległość $CB = 1{,}5$ stóp zatrzymujemy i pytamy się: jak długie musi być ramię AC, ażeby człowiek pracujący przy A z natężeniem siły 50 funtów, mógł przewieźć na taczce 325 funtów?

Użyjmy znów powyższego równania momentów.

$$50 \times AC = CB \times P. \text{ zkąd}$$

$$AC = \frac{CB \times P}{50} = \frac{1{,}5 \times 325}{50} = \frac{1{,}5 \times 13}{2} = 9{,}75.$$

A zatém ramię AC powinno być długie 9 stóp cali 9.

160. Waga zwyczajna. Jedném z najważniejszych i najniezbędniejszych narzędzi tak w naukach przyrodzonych jako i w życiu praktyczném jest *waga*, służąca do oznaczenia bezwzględnego ciężaru jakiegokolwiekbądź ciała. „Waga jest to język, który nigdy nie kłamie,“ powiedział sławny *Lavoisier*, twórca dzisiejszéj chemii. Z tych słów pokazuje się, jak wielką wartość posiada waga, która rzeczywiście niczém inném nic jest, jak tylko pewném zastosowaniem drążka.

Wiadomo że są dwa warunki, w których pomiędzy ciągnionemi massami w dwóch różnych kierunkach następuje równowaga: albo te dwie massy są sobie równe i są równo oddalone od punktu podpory; albo są nierówne i ciężar większy leży stosunkowo bliżéj od punktu podpory. Na zasadzie tego prawa, urządzone są rozmaite wagi czyli przyrządy do porównywania ze sobą ciężarów rozmaitych ciał. Najprostszą *wagę* tak zwaną *kramarską*, używaną tak w domu jako téż i w każdym handlu, przedstawia (Figura 99). Waga ta zwana także *zwyczajną* albo *dwuramienną* składa się z drążka AB zwanego *wahaczem*, podpartego w samym środku t. j. w punkcie C. W końcach A i B zawieszone są *szalki* czyli *talerzyki* P i Q do umieszczania ciężarów lub gwichtów. Wahacz AB bywa pospolicie metalowy, mosiężny albo stalowy i obraca się na pryzmacie trójkątnym, którego ostrze spoczywa na podstawie pozioméj. Ramię AC powinno być zupełnie równe ramieniowi CB co do kształtu, wielkości oraz ciężaru. Do środka wahacza jest przymocowana strzałka CN, prostopadła do linii łączącéj punkta A i B z sobą. Koniec owéj strzałki na podziałce stałego łuku N, wskazuje najmniejsze zboczenia wahacza, z kierunku poziomego. Gdy wahacz ma położenie poziome, co ma miejsce wtedy, gdy talerzyki są puste lub obciążone jednakiemi ciężarkami, wtedy strzałka stoi pionowo i wskazuje *zero* na podziałce łuku N.

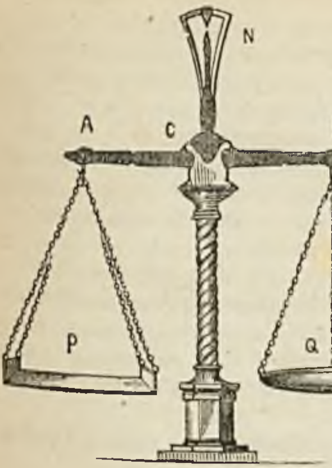


Fig. 99.

Główne przymioty każdéj dobréj dwuramiennéj wagi, są następujące:

a) *Stateczność*, b) *czułość*, c) *dokładność*.

Co do a. Stateczność ważki zależy od tego, aby *wahacz* czy to uważany oddzielnie lub wraz z przywieszonymi do niego talerzykami, przybierał w skutek swojego ciężaru położenie poziome; co będzie miało miejsce wtedy, gdy środek ciężkości tak samego wahacza, jako też wahacza wraz z talerzykami, znajduje się na kierunku strzałki i poniżéj osi obrotu, czyli punktu podpory. W tym albowiem razie, przy jakiemkolwiek zboczeniu wahacza, nastąpi kołysanie się jego i powrót do pierwotnego położenia, przy którém prostopadła do niego strzałka, mieć będzie położenie pionowe. Gdyby środek ciężkości przypadł powyżéj osi obrotu, wtedy przy najmniejszém zboczeniu wahacza, nastąpiłoby ciągłe przechylanie się jego w jedną stronę; gdy zaś środek ciężkości przypada w samym punkcie podpory, wtedy wahacz przy każdem zboczeniu, mógłby zostać w równowadze, i ważka taka na nicby nam się nie zdała.

Co do b. Czułość ważki zależy na tém, aby za dodaniem najmniejszego ciężarku na jeden z talerzy, nastąpiło wyraźne zboczenie strzałki z kierunku pionowego. Ważka będzie tém czulszą, im większy jest stosunek łuku opisanego przez koniec strzałki, do ciężarku położonego na którymkolwiek talerzu.

Co do c. Dokładność ważki polega na tém, aby jakieś ciało położone na jeden lub drugi talerzyk, równoważyło się w obu razach, jednym i tym samym gwichtem. Dla dokładności ważki potrzeba: 1) ażeby ostrze pryzmatu, było prostopadłe do wahacza i spoczywało na podstawach dokładnie poziomych; 2) aby ramiona wahacza, były zupełnie jednakowe co do kształtu, wielkości i ciężaru; 3) ażeby wahacz nie mógł się wyginać; 4) ażeby punkta zawieszenia talerzyków, znajdowały się w jednakowych odległościach od ostrza pryzmatu.

Z pomocą tak zwanego: *sposobu podwójnego ważenia*, można oznaczyć dokładnie ciężar danego ciała wtedy, gdy ważka nie jest dokładną. W tym wypadku, na jeden talerzyk kładziemy dane ciało, na drugi zaś drobne gwichty, śrut lub piasek, dopóki nie nastąpi równowaga ważki. Poczém w miejsce danego ciała, kładziemy gwichty oznaczonéj wielkości, równoważące ciężar, znajdujący się na drugim talerzu; gwichty te wskażą dokładnie ciężar danego do zważenia ciała. Na Figurze 100-ej objaśnimy to dokładniéj, cośmy wyżéj o zwyczajnéj wadze powiedzieli:

Środek ciężkości S wahacza wraz z talerzykami musi leżeć na linii pionowéj przechodzącéj przez punkt obrotu czyli podpory A, ale pod punktem podpory. Gdyby S i A przypadły w jednym i tym samym punkcie, to ważka w każdém położeniu zostałaby wrównowadze.

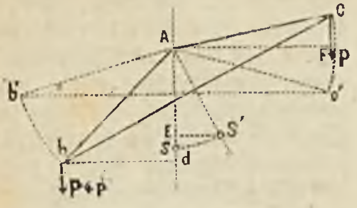


Fig. 100.

Niechaj będzie W ciężar wahacza wraz z talerzami, P ciężar położony na obudwóch talerzach, p ciężar dodatkowy w b, w skutek którego wahacz z położenia $b' A c'$ w położenie $b A c$ a środek ciężkości S przeszedł w położenie S'. — Spuszczam prostopadłe $b d$, $E S'$ i $A f$ do linij pionowych przechodzących przez punkta A i C; z tego wykreślenia będzie ramieniem drążka $b d$ dla $P+p$, $A f$ dla P, a $E S'$ dla W. Zatém równowaga nastąpi, gdy:

$$(P+p) \times b d = P \times A f + W \times E S'.$$

Odejmując po obu stronach $P \times b d$, a następnie dzieląc przez $b d$ będzie:

$$p = P \times \frac{A F - b d}{b d} + W \times \frac{E S'}{b d}.$$

Z tego wypada, że gwichcik dodatkowy p niweczący równowagę ważki wtedy będzie bardzo mały, gdy:

a) $A F = b d$. Ten warunek jednak dla każdego położenia wahacza możliwym jest tylko wtedy, gdy punkta przyczepienia talerzyków b i C z punktem podpory A znajdują się na jednéj linii prostéj. W tym wypadku P w ostatniéj formule odpada, t. j. czułość ważki nie jest zależną od przedmiotu ważonego.

b) Gdy $b d$ jest wielkie, t. j. gdy wahacz jest długi.

c) Gdy $E S'$ a także $A S$ jest małe. Zkąd wypływa, że waga o tyle będzie czulszą, im bliżéj jéj środek ciężkości znajduje się punktu podpory.

d) Gdy W jest małe, t. j. gdy ciężar wahacza jest lekki.

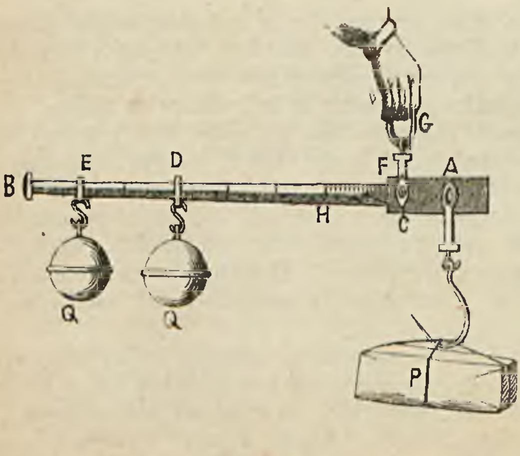


Fig. 101.

161. Przeźmian czyli waga rzymska albo pośpieszna. Konstrukcyę takiéj wagi przedstawia (Fig. 101), z któréj widzimy, że ta waga jest drążkiem dwuramiennym ale nie równoramiennym AB, którego punkt podparcia znajduje się w punkcie C, przedmiot P mający się ważyć zawieszony jest na haku w punkcie A, siłę zaś przedstawia ciężar ruchomy Q, mogący się posuwać po drążku od F do B i odwrotnie, gdy szukamy jego równowagi z ciężarem P.

Wszystkie części takiéj wagi robią się z żelaza i używa się jéj do ważenia ciężarów mniejszych i większych. Ciężar czyli gwicht przesuwalny Q nazywa się także *biegunem* lub *gruszką*. W punkcie A zamiast haka, wiesza się także czasami talerz, aby ciała mające się ważyć, można było na nim położyć.

Teorya téj wagi jest następująca:

Przy wyrabianiu téj wagi należy się o to starać aby ramię AC było równe BC co do ciężaru, w przypuszczeniu, że *biegun* czyli gruszka Q znajduje się w punkcie F. Oznaczywszy zatém ciężar haków i talerza przy A przez S, ciężar drążka AB przez p, jeżeli jego środek ciężkości znajdować się będzie w punkcie H, otrzymamy następujące równanie momentów, gdy przypuścimy że ciężar ruchomy Q znajduje się w punkcie F zawieszony:

$$1) \quad S \times AC = Q \times CF + p \times HC.$$

Jeżeli teraz przy A zawiesimy ciężar P, to nam się pierwotna równowaga zepsuje, musimy więc ciężar Q do punktu D przesunąć, a otrzymamy następujące równanie momentów:

$$2) \quad (S + P)\, AC = Q \times DC + p \times HC.$$

Odjąwszy od tego równania, równanie (1) otrzymamy:

$$P \times AC = Q\, (DC - FC).$$

Że jednak $DC - FC = FD$, więc będzie:

$$P \times AC = Q \times FD \text{ czyli}$$

$$3) \quad P : Q = FD : AC.$$

Zkąd stosunek ciężaru P do bieguna Q okazuje się widocznym.

Jeżeli zaś w tymże samym punkcie A zawiesimy inny ciężar P' to biegun Q musimy przesunąć do punktu E aby zrównoważyć ciężary P' i Q. Równanie więc momentów statycznych będzie następujące:

$$(S + P')\, AC = Q \times EC + p \times HC.$$

Jeżeli znów od tego równania odejmiemy równanie (1) to otrzymamy:

$$P' \times AC = Q \times EF. \text{ zkąd:}$$

$$P' : Q = EF : AC.$$

Zestawiając tę proporcyę z proporcyą (3) otrzymamy:

$$P : P' = FD : EF.$$

To jest ciężary które mamy ważyć, mają się do siebie jak odległości bieguna Q od punktu F. Jeżeli więc ta odległość jest 2, 3, 4 razy większa będzie też i ciężar ważony 2, 3 lub 4 razy większy.

Otrzymane dotąd proporcye, podają nam łatwy sposób podzielenia ramienia FB. Proporcya (3) może być jeszcze w taki sposób napisana:

$$\frac{P}{Q} = \frac{FD}{AC}.$$

To równanie wyraźnie wskazuje, że Q jest taką częścią względem P, jaką częścią jest AC względem FD. Gdybyśmy np. znaleźli, że $FD = 10\, AC$, a biegun Q równał się 5 funtów, to $P = 10\, Q = 50$ funtów. Gdybyśmy więc odległość FD podzielili na 10 części równych, to każda część znaczyłaby 5 funtów; a gdybyśmy chcieli i pojedyńcze funty oznaczyć, to każdą dziesiątą część należałoby podzielić na 5 części równych; a gdybyśmy i pół funty ważyć chcieli, to każdą piątą część podzielilibyśmy jeszcze na połówkę.

Widzimy tutaj, że wielkość ważyć się mającego ciężaru za pomocą przeźmianu rzymskiego, zależy zawsze od wielkości ramienia AC; gdybyśmy bowiem uczynili $AC = 1{,}5$ cala, a biegun Q przyjęli 5 funtów, to każda podziałka 3 calowa na ramieniu BF, odpowiadałaby ciężarowi 10 funtów; jeżeli więc na ramię BF przeniesiemy te 3 cale 10 razy, to ostatnia kréska odpowiadać będzie ciężarowi 100 funtów, ale ramię BF musiałoby wtedy wynosić 30 cali. Nad podziałkami 3 calowemi należy zatém położyć cyfry 10, 20, 30, 40..... Jeżeli znów każdą 3 calową podziałkę podzielimy na połówki, to otrzymamy 5, 15, 25, 35, 45 i t. d. funtów, a każda taka cząstka będzie wynosić 18 linij, każda więc taka podziałka da się jeszcze z łatwością na 5 a nawet na 10 równych części podzielić, które będą wskazywać tak całe jako i połowy funta. Za pomocą więc téj wagi możnaby zważyć 100 funtów z dokładnością półfuntową.

162. **Przeźmian duński.** W przeźmianie duńskim ciężar Q i punkt zawieszenia ciężaru A są stałe a punkt podpory drążka C jest tylko zmienny i zależy od wielkości ciężaru zawieszonego w punkcie A. Podziałka w tym przeźmianie urządza się sposobem praktycznym.

Jak widzimy, wagi tego rodzaju do bardzo drobnych ciężarów są nieprzydatne i dla tego w handlu detalicznym, nie są używane. — Praktycznemi są jednak do ważenia wielkich ciężarów, gdzie o dokładność jednego funta a tém mniéj pół funta, nie chodzi. Używać ich przeto można do ważenia machin, obładowanych wozów, siana, bydła i t. p. Ale do ważenia na nich tak wielkich ciężarów, ramię drąga wypadałoby za długie, byłaby więc taka waga niedogodną; aby uniknąć téj niedogodności, mechanicy od lat kilkunastu wprowadzili w użycie wagi tak zwane *dziesiętne* i *setne*, zwane także *wagami pomostowemi*, dla tego, że są opatrzone *pomostem* na którym się ciężar ustawia. Lecz wagi dziesiętne i setne, jako z kombinacyi drążków powstałe, należą do *machin złożonych*, o których poniżéj mówić będziemy.

163. **Zastósowanie drążka jednoramiennego do klapy bezpieczeństwa przy kotłach parowych.** Przy budowie kotła parowego, należy mieć wzgląd szczególny na ciśnienie, jakie mają wytrzymywać jego ściany w czasie użycia. Ciśnienie to, pod jakiem kocioł zwyczajnie pracuje — a które w żadnym razie nie może być przekroczoném—nazywa się *ciśnieniem normalném*, nad które siła rozprężliwa pary, nigdy przejść nie powinna. Aby zapobiedz zbytniemu nagromadzeniu się pary w kotle, używa się przyrządu, który się pospolicie *wentylem* lub *klapą bezpieczeństwa* nazywa. Urządzenie jéj jest następujące:

Przyrząd żelazny lany R (Fig. 102), przymocowany jest szczelnie do kotła za pomocą śrub i pakunku, i otwór jego odpowiada otworowi kotła parowego. Otwór klapy bezpieczeństwa R opatrzony jest wentylem $a\,b$, mogącym się do góry podnosić i opadać na dół. Aby ciśnienie normalne pary w kotle, wentyla $a\,b$ nie wypchnęło w górę, utwierdzony jest na klapie drążek EF, obracający się około punktu F, przyciskający wentyl $a\,b$ w punkcie D i obciążony w drugim końcu ciężarem P, który to ciężar winien odpowiadać normalnemu ciśnieniu pary wewnątrz kotła zawartéj, czyli równoważyć to ciśnienie. Jarzemko G służy do tego, aby drążek odbywał ruchy pionowe, a nie skręcał się na boki. Zachodzi pytanie, jeżeli ciśnienie normalne pary i stosunek ramion drążka FD i FE są dane, jaki należy na tym drążku ciężar P zawiesić, aby zrównoważył ciśnienie pary?

Aby rzecz lepiéj zrozumieć, przypuśćmy, że ciśnienie normalne pary wynosi 2 atmosfery czyli 30 funtów na każdy cal □ powierzchni kotła, zatém i wentyla *ab*. Niechaj średnica wentyla wynosi 3 cale, a stosunek ramion drążka niechaj będzie:

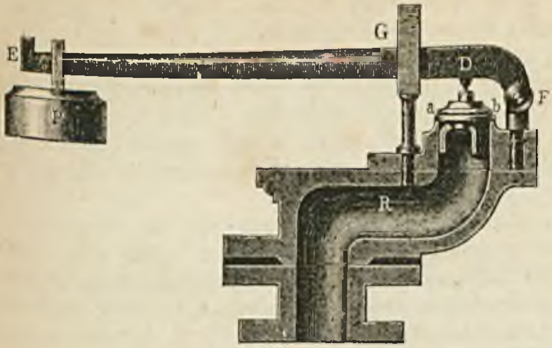


Fig. 102.

$FD : FE = 1 : 7.$

Przedewszystkiem należy obliczyć całkowite ciśnienie pary na wentyl.

Powierzchnia wentyla $= \frac{1}{4} \pi d^2 = 0{,}785 \,.\, d^2$, gdzie zamiast *d*, należy wstawić 3 cale; będzie więc powierzchnia wentyla: $= 0{,}785 \times 9 = 7{,}065$ cali □; zatém całkowite ciśnienie pary na powierzchnię wentyla będzie $= 7{,}065 \times 30 = 212$ funtów.

Aby zaś ciężar *P* obliczyć, mamy następujące równanie momentów:

$$FD \times 212 = FE \times P. \text{ czyli}$$

$$P = \frac{FD \times 212}{FE} = \frac{1 \times 212}{7} = 30{,}3 \text{ funtów.}$$

To jest w punkcie *E* zawieszony ciężar 30,3 funtów, zrównoważy ciśnienie pary 212 funtów wynoszące, i działające na wentyl *ab* czyli na drążek *EF* w punkcie *D*. Nie wchodzi tu w rachunek własny ciężar drążka żelaznego i wentyla mosiężnego, co jednak później przy opisie *przyrządów bezpieczeństwa* kotła parowego, uwzględnioném zostanie.

164. Blok czyli krążek. Tak się nazywa druga machina prosta. Składa ona się: 1) z *kółka* drewnianego lub metalowego; 2) z *osi* stałéj prze-

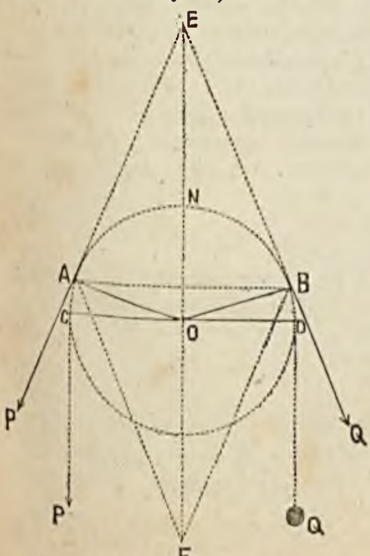


Fig. 103.

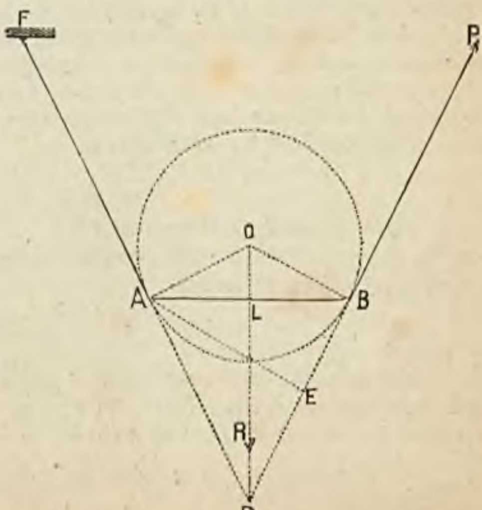


Fig. 104.

chodzącéj przez jego środek i prostopadłéj do jego płaszczyzny; 3) z osady, na któréj wspierają się końce osi. Na zewnętrznym obwodzie krążka znajduje się wyżłobiony rowek, w który się lina czyli sznur zakłada. Krążek jest dwojaki: *stały* i *ruchomy*. Jeżeli krążek obraca się około punktu O, a miejsca nie zmienia (Fig. 103), nazywa się krążkiem *stałym*. Jeżeli zaś na obwodzie krążka nawinięta jest linka czyli sznur (Fig. 104), któréj jeden koniec F jest stale umocowany, a na drugi jéj koniec działa siła P do góry, zaś w środku O wisi ciężar R, to widoczném jest, że jeżeli siła P działa w górę, to tak krążek jako i ciężar R będą się podnosić i dla tego taki krążek nazywa się *ruchomym*.

165. Starajmy się najprzód oznaczyć stosunek siły do ciężaru dla *krążka stałego* i w tym celu przypuśćmy przypadek, że łuk ANB (Fig. 103) opasany jest linką, i że oba jéj końce na które siły P i Q działają, mają kierunki AP i BQ ukośne. Poprowadziwszy ze środka O promienie OA i OB, widzimy, że siły P i Q wywierają działanie na drążek złamany AOB, którego punkt obrotu znajduje się w O. Podług praw wyżéj przywiedzionych, dotyczących drążka, na przypadek równowagi, otrzymamy równanie momentów następujące:

$$P \,.\, AO = Q \,.\, OB.$$

Że zaś AO i OB jako promienie jednego koła są sobie równe, przeto i

$$P = Q;$$

to jest dla równowagi w krążku nieruchomym, potrzeba aby siła była równą oporowi; i dla tego krążek ten, służy tylko do zmieniania kierunku siły, nie zmieniając wszakże jéj wielkości czyli natężenia.

Jeżeli całe półokręgu koła CND tegoż krążka opasane będzie linką, to siły P i Q będą działać równolegle i pionowo na dół; że jednak ramiona drążka CO i DO pozostają zawsze sobie równe, jako promienie jednego koła, przeto i stosunek siły do ciężaru tenże sam co poprzednio pozostanie.

166. Obecnie należy oznaczyć ciśnienie, jakie sprawiają siły P i Q na oś, działając w różnych kierunkach. W tym celu przedłużamy kierunki P i Q dopóki się w punkcie E nie przetną, punkt ich przyczepienia przenosimy do E a siły same P i Q wyobraźmy sobie przedstawione przez linije AE i BE, to widoczném będzie, że wypadkowa z tych dwóch sił przejdzie przez środek O i weźmie kierunek EO. Aby zaś oznaczyć jéj natężenie, wystawiamy równoległobok $EAFB$, w którym $EF = R$ jest wypadkową szukaną. Z podobieństwa trójkątów EFA i AOB wpływa, że

$$AE : EF = AO : AB \text{ lub}$$

$$P : R = r : a.$$

Jeżeli uczynimy $AO = r$ a $AB = a$. Ta proporcya wskazuje, że siła P ma się do wypadkowéj R, jak promień krążka do cięciwy łuku opasanego linką. Otrzymamy daléj z téj proporcyi:

$$R = \frac{a}{r} \,.\, P.$$

Formuła ta daje nam szukane ciśnienie na oś krążka stałego. Jeżeli łuk opasany linką $= 60^0$, to $a = r$, a zatém i $R = P$; to jest że ciśnienie na oś równa się jednéj z obydwóch sił. Jeżeli łuk opasany $= 90^0$, to $a = r\sqrt{2} =$ blizko $\frac{3}{2}\, r$, a zatém $R = \frac{3}{2}\, P$, t. j. ciśnienie na oś równa się półtora razy wziętéj sile. Jeżeli w końcu łuk opasany weźmiemy $= 180^{\circ}$, to $a = 2r$, a zatém $R = 2P$, t. j. jeżeli oba końce liny są od siebie równoległe, wtedy ciśnienie na oś będzie największe, t. j. równe summie obydwóch sił.

167. Krążek ruchomy. W krążku ruchomym (Fig. 104) jeden koniec linki opasującéj takowy umocowany jest stale w punkcie F; punkt zatém A będzie punktem podpory, L punktem zawieszenia ciężaru, a B punktem przyczepienia siły. Widzimy, że ten krążek jest także drążkiem lecz jednoramiennym; jeżeli z punktu podpory A spuścimy prostopadłe AE i AL na kierunki siły i ciężaru, otrzymamy następujące równanie momentów:

$$P \,.\, AE = R \,.\, AL, \text{ lub:}$$
$$P : R = AL : AE$$

Dla wyrugowania z téj proporcyi niewiadomego stosunku $AL : AE$, weźmy dwa trójkąty podobne OAL i ABE, w których mamy:

$$AL : AE = AO : AB, \text{ a ztąd:}$$
$$P : R = AO : AB.$$

czyli że w tym krążku ma się siła do ciężaru, jak się ma promień krążka do cięciwy łuku linką opasanego. Widać tutaj daléj, że dopóki mniejszy jest łuk opasany linką od 60° traci się zawsze na sile; gdy łuk ten równa się 60°, wtedy siła równa się ciężarowi; przy większych łukach nad 60° zawsze się zyskuje na sile; gdy zaś ten łuk wzrośnie do 180°, to jest gdy cięciwa $= 2\,AO$, wtedy z ostatniéj proporcyi wypada:

$$P : R = AO : 2\,AO = 1 : 2 \quad \text{czyli że}$$
$$P = \frac{R}{2},$$

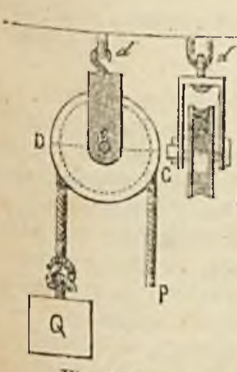


Fig. 105.

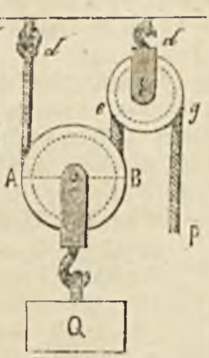


Fig. 106.

t. j. wtedy siła równa się połowie ciężaru. Zkąd jasno widzimy, iż za pomocą krążka ruchomego zyskuje się na sile, i dla tego téż przy wieloklubach albo wielokrążkach, ta machina prosta ma liczne zastosowanie.

Figura 105 przedstawiająca krążek nieruchomy w dwóch widokach, odpowiada Figurze 103; a Figura 106 przedstawiająca krążek ruchomy, odpowiada znowu Figurze 104. DC, AB i eg oznaczają krążki; d, d, d, d haki na których są zawieszone krążki; P, P, siły; Q, Q ciężary, a o, o, o osie tychże krążków.

168. Kołowrot. Wyobraźmy sobie wał AB (Fig. 107) obracający się około swéj osi, na który nawinięta jest lina dźwigająca ciężar Q. Na wale tym osadzone jest koło CD, na obwodzie którego, w kierunku stycznym działa siła P, obracającą tenże wał około swéj osi. Machina taka nazywa się pospolicie *kołowrotem* i może być trojakiego rodzaju, mianowicie: *pozioma* jak Fig. 107; *pionowa* jak Fig. 108 i *ukośna* jak Fig. 112, kiedy wał z poziomem tworzy kąt ostry. Co się konstrukcyi dotycze, ta przy wszystkich kołowrotach jest jednakowa.

Aby oznaczyć stosunek siły do ciężaru w machinie tego rodzaju, weźmy Figurę 109 przedstawiającą przekrój pionowy Figury 107, gdzie zatém kółko mniejsze jest przekrojem poprzecznym walca AB, którego promień $AO = r$ i widok koła większego, którego promień $OB = R$; ponieważ cały ten mechanizm obraca się około punktu O, łatwo przeto jest zrozumieć, że siła P i ciężar Q wywierają działanie na drążek złamany BOA, którego punkt podpory znaj-

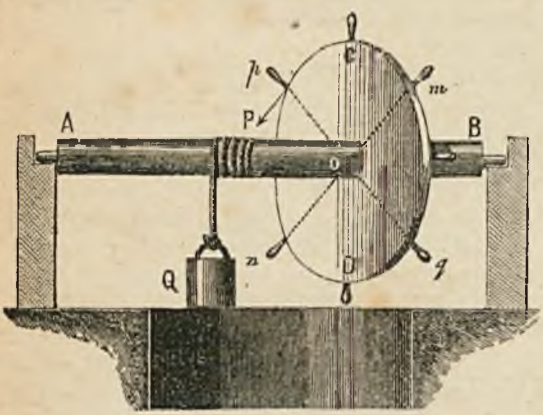


Fig. 107.

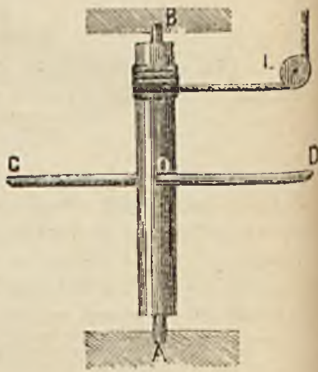


Fig. 108.

duje się w O; na przypadek więc równowagi, będziemy mieli równanie momentów:

$$P \, . \, BO = Q \, . \, AO \quad \text{lub:}$$

$$P : Q = r : R;$$

zkąd takie prawo wypływa: w każdym kołowrocie ma się siła do ciężaru, jak promień walca do promienia koła, na obwodzie którego siła wywiera działanie. Gdybyśmy tu mieli na uwadze wał pionowy (Fig. 108), wtedy zamiast promienia koła, wzięlibyśmy długość drąga OD na który siła wywiera swe działanie.

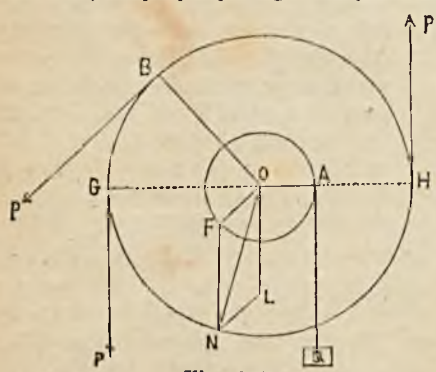


Fig. 109.

Co się dotyczé ciśnienia na oś w punkcie O, to mogą zajść dwa przypadki: jeżeli siła P działa na ramię drążka OG równolegle do AQ, (Fig. 109), to ciśnienie na O będzie $= P + Q$. Lecz jeżeli siła działa w punkcie B w kierunku BP, to z punktu O wyprowadzam dwie linije OF i OL równolegle do BP i AQ, które przedstawiać będą siły P i Q i wykreśliwszy równoległobok $OFNL$, to przekątnia ON będzie owém szukaném ciśnieniem na oś w punkcie O, który obliczyć można przy pomocy kąta $FOL = BOG$ z trójkąta FON, ponieważ kąt $OFN = 180 - FOL$ więc:

$$ON = \sqrt{P^2 + Q^2 + 2PQ \, . \, \text{dos}\, FOL}.$$

169. Zastósowanie kołowrota. Koło osadzone na wale poziomym (Fig. 107), ma liczne zastósowanie: np. do wyciągania wody z kopalń, głębokich studzien i przy robotach architektonicznych, które się wtedy ustawia na rusztowaniu, dla wciągania tamże za pomocą niego materyału budowlanego np. cegły, wapna i t. p. Machina jednak taka powinna za pomocą małéj siły, podnosić wielkie ciężary, zatém przy nie wielkiem wysileniu ludzi, powinna dawać skutek jak największy. Aby tego dopiąć, należy się starać usunąć o ile można wszelkie przeszkody stojące na zawadzie ruchowi machiny. Należy zatém:

1° Nie robić wału zbyt długiego;

2° Opatrzyć go żelaznemi czopami dobrze smarowanymi, dla usunięcia tarcia;

3° Aby siłę robotników jak najlepiéj spożytkować, wał nie powinien wyżéj leżeć nad 3 stopy cali 6 po nad podłogą, a promieniom koła czyli korbom no, oq, om i op nie należy więcéj dawać nad 2 do $2\frac{1}{2}$ stóp długości. Przyrządowi temu daje się nadto hamulec, aby na przypadek zbyt wielkiego ciężaru, któregoby robotnicy utrzymać nie mogli, takowy nie spadł na ziemię.

Przykład. Promień wału poziomego ma długości 4 cale $= \frac{1}{3}$ stopy, długość ramion drążka $= 2,5$ stóp; ustawionych jest przy kołowrocie dwóch ludzi, z których każdy pracuje z wysileniem 30 funtów; zachodzi pytanie, jaki ciężar ciż ludzie utrzymać mogą w równowadze?

Z równania podanego w § 168:

$$P \,.\, R = Q \,.\, r \text{ mamy: } Q = P \,.\, \frac{R}{r}$$

gdzie wstawione powyższe liczebne wartości, dadzą wypadek następujący:

$$Q = 60 \,.\, \frac{2,5}{\frac{1}{3}} = 60 \,.\, 3 \,.\, 2,5 = 450 \text{ funtów.}$$

Co się zaś dotyczé kołowrota pionowego (Fig. 108), używa się takowego głównie do wciągania drzewa budulcowego na rusztowania przy stawianiu zabudowań; postępowanie to jest tak proste i każdemu znane, że nie uważamy nawet za potrzebne objaśniać go tutaj przykładem.

170. Kołowrot podwójny albo różnicowy. Kołowrot przedstawiony na Figurze 110-téj, nazywa się *różnicowym* albo *windą chińską*, gdyż prawdopodobnie ten kołowrot przez Chińczyków wynalezionym został. Jest on w taki sposób urządzony, że ciężar Q mający być podniesionym, zawieszony jest na ruchomym krążku C, zaś lina dźwigająca ów ciężar, jednym swoim końcem nawija się na wał grubszy o średnicy D, a drugim końcem odwija się jednocześnie z wału cieńszego o średnicy d. Oś AB wału, spoczywa w panewkach A i B, przy A zgięta w kształcie korby. Jeżeli długość téj korby oznaczymy przez a, to punkt przyczepienia siły P w czasie jéj obrotu zrobi drogę $2\,a\,.\,\pi$, zaś ciężar Q podniesie się w górę o $2\,R\,\pi$ i jednocześnie opadnie na dół o $2\,r\,\pi$, zatém rzeczywiście podniesie się ciężar Q do góry o $2\,R\,\pi - 2\,r\,\pi = 2\,\pi\,(R - r)$, gdzie R i r wyrażają promienie wału grubszego i cieńszego. Otrzymamy więc równanie:

Fig. 110.

$$2aP = \pi D \cdot \frac{Q}{2} - \pi d \cdot \frac{Q}{2} \text{ zkąd wypada:}$$

$$\frac{P}{Q} = \frac{D-d}{a} \cdot \frac{Q}{2}.$$

Widzimy z tego równania, że stosunek $\frac{P}{Q}$ możemy dowolnie zmieniać i o tyle mniejszéj siły P do podnoszenia ciężaru Q używać, im mniejszą jest różnica średnic $D - d$ wałów kołowrota.

171. Deptak. I ta machina nie jest niczém innóm jak tylko kołowrotem; dla tego zaś nazywa się *deptakiem*, że ruch jéj odbywa się w skutek deptania czyli stąpania po kole, ludzi albo zwierząt. Deptaki poruszane ludźmi, mają wał poziomy, a zatém płaszczyzna koła jest pionowa. Obwód koła ma szerokości $1\frac{1}{2}$ do 2 stóp i bywa oszalowany; wewnątrz obwodu przybijają się listwy w pewnéj odległości, stanowiące niejako stopnie, o które opierają się nogi pracującego człowieka. Figura 111-ta wyobraża takie koło, w którém AB stanowi wał, zaś większe koło KH stanowi właściwy deptak. Około wału AB nawinięta lina, dźwiga ciężar Q mający być podniesionym do góry. Przypuśćmy, że punkt N jest miejscem w którém człowiek stąpa; widoczném jest tutaj, że siła poruszająca koło, zależną jest od ciężaru robotnika. Aby natężenie téj siły oznaczyć, wystawmy sobie że linija $NL = P$ przedstawia ciężar człowieka; a ponieważ widzimy, że ruch koła tylko siła styczna wywołać może, rozkładamy więc siłę NL zapomocą równoległoboku $FNEL$ na dwie siły boczne: NE styczną do obwodu koła, nadającą ruch machinie i NF działającą w kierunku promienia $ON = R$, wywierającą ciśnienie na obwód koła. Że zaś trójkąt FNL podobny jest trojkątowi NGO i kąt $NOG = FNL = \alpha$, mamy przeto proporcyę:

$$NL : NE = 1 : \text{wst}\,\alpha, \text{ lub :}$$

$$P : NE = 1 : \text{wst}\,\alpha, \text{ zkąd :}$$

$$NE = P.\ \text{wst}\,\alpha.$$

Ponieważ łuk JN przedstawia miarę kąta α, jest przeto widoczném, że siła mająca poruszać koło o tyle będzie większą, im bardziéj miejsce N oddaloném będzie od najniższego punktu J na deptaku. Albowiem ze zwiększaniem się łuku JN, nie tylko rośnie siła poruszająca ale i ramię na które taż siła działa; najkorzystniejszém więc miejscem do wywierania siły przez człowieka byłby punkt H, gdyż tutaj siła poruszająca, równałaby się całemu ciężarowi robotnika, a zaś ramię drążka równałoby się promieniowi HO; podczas gdy w punkcie N poruszająca siła równa się tylko: P wst α, a ramię drążka NG równa się tylko: R wst α.

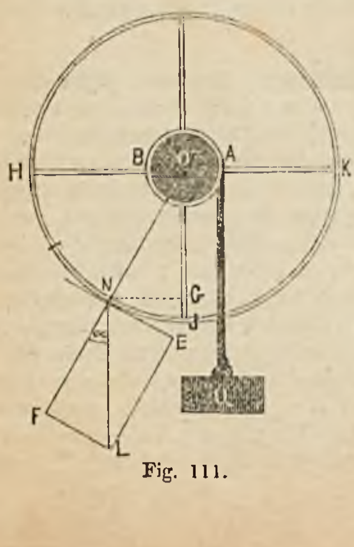


Fig. 111.

Mimo tego jednak, odległość JN w praktyce nie da się wedle upodobania powiększać, gdyż jeżeli chcemy aby robotnik z umiarkowaną prędkością, nieprzerwanie przez długi czas pracował, niepowinien obwód koła obracać się z bardzo wielką prędkością, gdyż w przeciwnym razie, robotnik męczyłby się bardzo i tylko przez krótki czas mógłby na deptaku pracować. Doświadczenie uczy, że dla człowieka jest najkorzystniejszém, jeżeli łuk JN równa się trzeciéj części $JH = 30^0$, gdyż wtedy połowa ciężaru człowieka, wystarcza do poruszenia koła, a ramię drążka na które taż siła działa, jest wtedy równe połowie promienia $NO = R$. Wreszcie, z następującego równania momentów, daje się każdy przypadek rozwiązać. Widzimy tutaj (Fig. 111), że ciężar Q ma za ramię $AO = r$, zaś siła P. wst α ma za ramię R. wst. α; w czasie więc równowagi będzie:

$$P.\ \text{wst}\ \alpha.\ R.\ \text{wst}\ \alpha = Qr, \quad \text{zkąd:}$$

$$Q = \frac{P.\ R.\ \text{wst}^2\ \alpha}{r}.$$

Przykład. Niechaj ciężar robotnika $P = 140$ funtów, promień koła $R = 6$ stóp, promień wału $r = 6$ cali, a łuk $JN = 30^0$, zatém wst $30^0 = \frac{1}{2}$; jak wielki będzie ciężar Q na przypadek równowagi?

Podstawiwszy te wartości w powyższe równanie, otrzymamy:

$$Q = \frac{140\ .\ 6}{2} = 420 \text{ funtów.}$$

Rozumié się samo przez się, że ciężar ten daleko mniejszy wypadnie, kiedy robotnik podnosić będzie takowy do góry i prócz tego zmuszonym będzie pokonywać tarcie czopów i niegiętkość sznura.

172. Przypuśćmy, że robotnik na deptaku porusza się z chyżością 3 stóp, a koło ma 12 stóp średnicy, kiedy wał ma 15 cali średnicy; łatwo tu oznaczyć czas w jakim ciężar podniesionym będzie w górę np. do wysokości 40 stóp. Ponieważ robotnik postępuje z chyżością 3 stóp na sekundę, przeto za każdym stąpnięciem przebiega drogę równą 3 stopom na obwodzie koła; a że obwód koła $= 3{,}14 \times 12 = 37{,}68$ stóp, przeto czas na obejście całego obwodu potrzebny, będzie $= \frac{37{,}68}{3} = 12{,}56$ sekund; a ponieważ $\frac{60}{12} = 5$, przeto koło w każdéj minucie czasu zrobi blizko 5 obrotów. Podczas jednego obrotu koła, ciężar Q zrobi drogę $= 3{,}141 \times 15'' = 47{,}1'' = 4$ stopy, zatém po pięciu obrotach koła zrobi drogę $= 20$ stóp. Aby zatém ciężar Q podnieść do wysokości 40 stóp, potrzeba na to dwie minuty czasu.

Ciężar więc ten w godzinie czasu, na wysokość stóp 40, możnaby podnieść 30 razy, gdyby do spuszczenia naczynia i do naładowania onego nie tracono również czasu. Jeżeli więc do spuszczenia naczynia i do naładowania onego użyjemy tyleż czasu, ile go potrzeba do podniesienia do góry ciężaru, to widocznem będzie, że ciężar Q w godzinie czasu tylko 15 razy podniesionym być może. Droga więc w godzinie odbyta równa się $40 \times 15 = 600$ stóp. Jeżeli zaś ciężar podnoszony $= 200$ funtów, to praca wykonana przez człowieka za pomocą tego koła $= 200 \times 600 = 120000$ stopofuntów.

Jeżeli tę pracę człowieka w deptaku, porównamy z pracą człowieka, poruszającego się z chyżością trzech stóp na sekundę z ciężarem 20 funtów na drodze pozioméj, to droga przezeń w godzinie odbyta będzie

$$= 3600 \times 3 = 10800 \text{ stóp,}$$

a zatém praca przezeń wykonana

$$= 10800 \times 20 = 216000 \text{ stopofuntów,}$$

to jest prawie dwa razy więcéj tego, cośmy na deptaku znaleźli.

173. Konstrukcya deptaka przedstawiona na Figurze 112-tćj jest tam używana, gdzie machina ma być siłą zwierząt poruszana, t. j. wołmi lub końmi. Wół do tej pracy jest najodpowiedniejszém zwierzęciem, z powodu swojego spokojnego i regularnego chodu. Płaszczyzna DE tego koła tworzy z poziomem FX kąt ostry v, oś więc AB będzie do poziomu nachylona pod kątem $(90^0 - v)$.

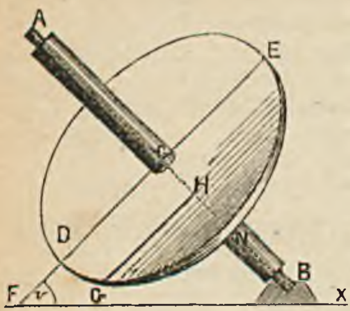


Fig. 112.

Praktyczność takiej konstrukcyi zawisła głównie od wielkości kąta v, przy oznaczaniu którego należy mieć na uwadze, iż powierzchnia koła stanowi *równię pochyłą* na którą zwierzę będzie musiało wychodzić; wiadomo zaś z doświadczenia, że jeżeli nachylenie czyni kąt 30^0 z poziomem, to zwierzę nie będzie już mogło swojego własnego ciężaru na tę pochyłość wynieść. Ztąd się pokazuje, że powierzchnia tego koła powinna zawsze z poziomem, tworzyć kąt mniejszy od 30^0. Doświadczenie uczy, że dla wołu kąt v jest najodpowiedniejszy wtedy, gdy 20^0 nie przenosi, gdyż wtedy zwierzę z prędkością $= 3\,^1/_2$ stóp na sekundę przez długi czas pracować może. Co się zaś siły dotyczé zużytéj wyłącznie na obrót koła, to ta jest taką częścią całkowitego ciężaru zwierzęcia, jaką wskazuje ułamek wstawy $20^0 = 0{,}342$.

Jeżeli więc ciężar wołu $= 600$ funtów, to siła poruszająca koło $= 600 \times 0{,}342 = 205$ funtów. Ponieważ zaś ta siła wywiera działanie na pewne ramię drążka, należy więc oznaczyć miejsce, w którém wół ma chodzić. Przypuszczając że tym punktem jest G, poprowadziwszy zatém liniję GH prostopadłą do CN, to CH byłoby ramieniem drążka na którąby siła wywierała działanie; ale jeżeli wołu postawimy w punkcie N, to ramieniem będzie linija CN równająca się promieniowi koła i N jest punktem najkorzystniejszym, bo zwierzę działa tutaj najskuteczniéj.

Ponieważ i w takiem kole ciężar Q zawieszony jest na wale AB, otrzymamy więc następujące równanie momentów na przypadek równowagi:

$$0{,}342\ P\ .\ R = Q\ r;$$

gdzie P jest ciężarem wołu, Q podnoszonym ciężarem, R jest promieniem koła, a r jest promieniem wału.

Przykład. Promień wału niechaj będzie $r = 8$ cali, ciężar wołu $= 600$ funtów, zachodzi pytanie jaki będzie promień koła R, aby dana siła utrzymała ciężar 1000 funtów w równowadze? Z powyższego równania mamy:

$$R = \frac{Q\ .\ r}{0{,}342\ .\ P},$$

a podstawiwszy powyższe wartości liczebne, otrzymamy:

$$R = \frac{1000 \times 8}{205} = 39'' = 3 \text{ stopy } 3 \text{ cale.}$$

Takie ramię drążka byłoby wystarczającém do utrzymania ciężaru w równowadze; ale jeżeli chodzi o wprawienie w ruch owego ciężaru, należy to ramię powiększyć, to jest dać promieniowi koła długość 5 do 6-ciu stóp.

Nadmienia się jeszcze, że gdy płaszczyznie koła dajemy do poziomu pochyłość mniejszą od 20°, to wał AB tegoż koła, winien czynić z tym poziomem kąt 72°.

174. Równia pochyła. Jeżeli jakiś ciężar podnosimy pionowo do góry, to wtedy siła musi równą być ciężarowi. Jeżeli zaś tenże sam ciężar ciągnąć będziemy po płaszczyźnie poziomej, to cały ciężar ta płaszczyzna dźwiga i potrzeba tylko siły do przezwyciężenia tarcia.

Jeżeli płaszczyzna czyni kąt ostry z poziomem, to taka płaszczyzna nazywa się *równią pochyłą.*

Niechaj AC (Fig. 113) przedstawia płaszczyznę poziomą, BC zaś drugą płaszczyznę kąt v z poziomem tworzącą, i nazywającą się w mechanice: *równią pochyłą.*

Każde ciało np. MN położone na takiéj płaszczyznie, usiłuje w kierunku BC zsunąć się na dół, i ruch ten musi koniecznie nastąpić, jeżeli przypuścimy, że pomiędzy ciałem a płaszczyzną, niema żadnego tarcia. Przypuściwszy taki przypadek, starajmy się wynaleźć siłę potrzebną do utrzymania ciała w równowadze na równi pochyłéj.

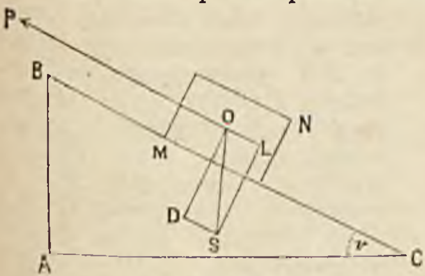


Fig. 113.

W tym celu niechaj O oznacza środek ciężkości ciała, to linija pionowa $OS = Q$ przedstawia całkowity ciężar ciała. Za pomocą równoległoboku $ODSL$ rozłóżmy tę siłę na dwie siły boczne, z których jedna OL będzie równoległą do płaszczyzny BC, a druga zaś OD działa prostopadle do téjże płaszczyzny; w skutek czego OL jest siłą posuwającą ciało po kierunku BC, która zatém utrzymać winna ciało w równowadze; zaś siła prostopadła OD znosi się w skutek tarcia ciała o równię pochyłą. Dla oznaczenia $OL = P$ weźmy dwa trójkąty OSL i ABC do siebie podobne z których otrzymamy proporcyę następującą:

$$1 : \text{wst}\, v = Q : OL, \text{ zkąd:}$$
$$OL = P = Q \text{ wst} . v.$$

t. j. siła poruszająca na równi pochyłéj, jest taką częścią całkowitego ciężaru ciała, jaką wskazuje ułamek wst v. Siła więc ta w każdym razie, zawisłą jest od wielkości kąta v; jeżeli się ten powiększa, to rośnie i poruszająca siła; jeżeli maleje, to maleje i siła poruszająca; jeżeli kąt $v = o$, to siła poruszająca zupełnie znika, co bardzo jest naturalném, gdyż wtedy płaszczyzna staje się poziomą, a na poziomie żadne ciało samo przez się nie może odbywać ruchu.

Powyższe równanie $P = Q$ wst α na przypadek równowagi da się tylko wtedy zastósować, jeżeli siła P działa w kierunku OP równoległym do równi pochyłéj. Jeżeli chcemy bliżéj oznaczyć stosunek siły do ciężaru w razie równowagi, to otrzymamy to z porównania dwóch podobnych wyżéj rzeczonych trójkątów:

$$1 : \text{wst}\, v = Q : P, \text{ i:}$$
$$1 : \text{wst}\, v = BC : AB, \text{ a następnie:}$$
$$P : Q = AB : BC;$$

to jest gdy siła P działa równolegle od równi pochyłéj: ma się siła do ciężaru jak wysokość do długości téjże równi pochyłéj.

Jeżeli więc AB jest połową albo trzecią częścią BC, musi też siła P być połową albo trzecią częścią ciężaru Q.

Jeżeli zatém człowiek pragnie dostać się na górę, któréj spadek równa się 45°, to musi taką część swojego własnego ciężaru dźwigać do góry, jaką wskazuje ułamek wst $45^0 = \frac{1}{2}\sqrt{2} = 0{,}707$. Jeżeli więc człowiek waży 145 funtów, to musi dźwigać w górę $145 \times 0{,}707 = 102\frac{1}{2}$ funtów; zkąd się pokazuje, dla czego tak bardzo męczy się człowiek wchodząc na spadziste góry lub wysokie piętra budynków.

175. Ale zupełnie inaczéj przedstawia się stosunek siły do ciężarui jeźli przypuścimy że siła do równowagi potrzebna, działa równolegle od podstawy równi pochyłéj. Gdyż niechaj O oznacza znowu środek ciężkości ciała MN spoczywającego na równpochyłéj BC (Fig. 114); OP kierunek siły P potrzebnéj do zrównoważenia ciężaru; jeżeli $OS = Q$ przedstawia ciężar ciała MN, to wystawiwszy równoległobok $DOLS$, siła OS rozkłada się na dwie siły boczne OL i OD; z których OL jest siłą równoważącą, zaś OD znosi się przez tarcie ciężaru o równię pochyłą. Aby więc wynaleźć stosunek pomiędzy OL i OS porównajmy z sobą dwa trójkąty podobne OSL i ABC, w których:

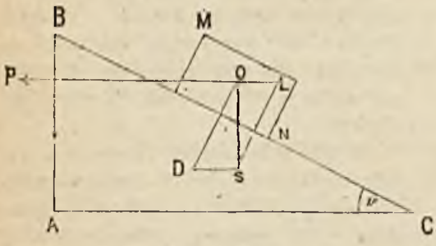


Fig. 114.

$$OL : OS = AB : AC, \text{ lub:}$$
$$P : Q = AB : AC;$$

t. j. w czasie równowagi tak się ma siła do ciężaru, jak wysokość do podstawy równi pochyłéj, czyli jak wstawa do dostawy kąta v, gdyż i następująca proporcya będzie rzetelną:

$$AB : AC = \text{wst } v : \text{wst } (90 - v), \text{ lub:}$$
$$AB : AC = \text{wst } v : \text{dos } v, \text{ a więc:}$$
$$P : Q = \text{wst } v : \text{dos } v, \text{ zkąd:}$$
$$P = Q \cdot \frac{\text{wst } v}{\text{dos } v} = Q \cdot \text{sty } v;$$

t. j. siła do równowagi potrzebna, jest taką częścią całkowitego ciężaru, jaką wskazuje sty v. Że ten przypadek jest niekorzystniejszy od poprzedzającego, pokazuje się ztąd, że sty $45^0 = 1$, zatém $P = Q$, to jest że siła musi być ciężarowi równą.

176. Równia pochyła ma liczne zastósowanie na drogach żelaznych i przy budowlach, do dźwigania wielkich ciężarów na rusztowania. Że jednak taka praca wymagałaby bardzo wielu ludzi, ustawia się przeto na równi pochyłéj kołowrot (Fig. 115), do ciągnienia rzeczonych ciężarów.

Przypuśćmy, że mamy kamień K wagi 24 centnarów wyciągnąć na rusztowanie po równi pochyłéj AB. Przypuśćmy że wysokość BC ma się do długości AB jak 1 : 3, to podług tego cośmy wyżéj okazali, opór $=\frac{24}{3}=8$ centnarów. Promień wału kołowrota $Oa=8''=\frac{2}{3}$ stopy, długość ramion drążka $Ob=3$ stopy; zachodzi pytanie ilu ludzi trzeba użyć, aby ten kamień na wierzch równi pochyłéj wyciągnąć?

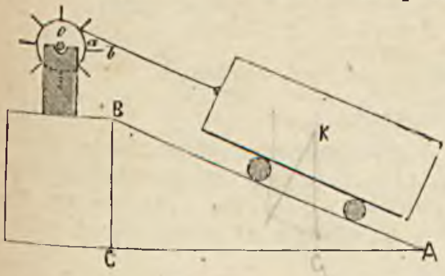


Fig. 115.

Oznaczywszy niewiadomą siłę przez P, gdy ciężar działa na obwodzie wału O, otrzymamy następujące równanie momentów:

$$P \cdot 3 = 800 \cdot \frac{2}{3}, \text{ zkąd:}$$

$$P = \frac{1600}{9} = 180 \text{ funtów.}$$

Przypuszczając, że robotnik pracuje z natężeniem siły muskularnéj 30 funtów, to dla równowagi potrzeba jest 6-ciu ludzi. Aby zaś ciężarowi nadać ruch do góry i pokonać tarcie, dodaje się jeszcze 3—4-ch ludzi więcéj.

177. Klin. Każdy graniastosłup trójkątny abc (Fig. 116) lub ABC (Fig. 117) może być klinem. Klin służy do rozdzielania, rozbijania, krajania, ściskania, łupania rozmaitych przedmiotów, za pomocą ciśnienia działającego na jedną ścianę przeciwległą *ostrzu*, zwaną *głową klina*. Ściany przyległe ostrzu klina, zowią się *bokami*.

Zwyczajne kliny drewniane i żelazne, w ogólności wszelkie narzędzia ostre, jako to: plugi, brony, dłuta, noże, siekiery, piły, motyki, rydle, igły, szpilki i t. p., są przykładami klina.

Widzimy że klin abc gdzie linija cb jest prostopadłą do ab (Fig. 116), jest połową klina ABC (Fig. 117), dla tego klin pierwszy zowie się klinem *pojedyńczym*, a drugi *podwójnym*.

Przy użyciu klina, siła przez uderzenie działa zwykle na jego głowę cb albo AB w kierunku ba lub DC; linije te nazywają się *długościami* klina.

Fig. 116.

Jeżeli użyjemy klina pojedyńczego np. do podniesienia warstwy skały, jak (Fig. 116) wskazuje, to klin należy oczywiście wbijać w szczelinę téj skały w kierunku linii ba; należy sobie więc tak przedstawić ową pracę, jakobyśmy mieli ciężar K wciągać na równię pochyłą ac, a ponieważ siła działa tutaj równolegle od linii ab t. j. od podstawy równi pochyłéj, musi przeto być na przypadek równowagi:

$$P : Q = bc : ab.$$

To jest w klinie pojedyńczym ma się siła do ciężaru, jak szerokość głowy do długości klina. A ponieważ ta proporcya może być również w taki sposób napisaną:

$$2P : Q = 2bc : ab$$

(co przedstawia klin podwójny, którego głowa $= 2bc$, a długością będzie ab), przeto powyższe prawidło da się również zastósować i do klina podwójnego a które się także w taki sposób daje wyprowadzić: wyobraźmy sobie że klin ABC (Fig. 117) wbity został całkiem w przedmiot N, to siła odbyła w takim razie drogę DC, a ciężar Q czyli opór musiał także o odległość AB ustąpić; a ponieważ ma się siła do ciężaru, w stosunku odwrotnym dróg przez też siły w tymże samym czasie odbytych, otrzymamy więc proporcyę:

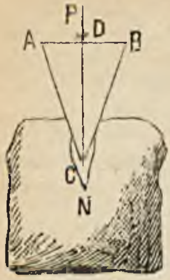


Fig 117.

$$P : Q = AB : DC. \text{ zkąd}$$

$$P = Q.\frac{AB}{DC} \text{ w czasie równowagi,}$$

bez względu jednak na tarcie.

178. Śruba. Wyobraźmy sobie płaszcz walca pionowego $ABDC$ (Fig. 118) rozwinięty na powierzchnię płaską, to utworzy się prostokąt $abnp$ (Fig. 119), którego wysokość ap równa się wysokości walca, a podstawa ab równa się obwodowi $2\pi r$ tegoż walca.

Podzieliwszy wysokość ap na dowolną liczbę części równych $ac = ce = eh = hk = km = pm$, przeniosłszy te części również na linię bn, i poprowadziwszy linije ukośne af, cd, eg.....mn, to te linije ukośne, jeżeli prostokąt (Fig. 119) znowu nawiniemy na walec dany (Fig. 118), utworzą jedną linię ciągłą tak nazwaną *ślimakową* albo *śrubową*, wznoszącą się od punktu A pod kątem stałym v. Część tój linii, zawarta pomiędzy dwoma punktami przecięcia się jéj z liniją tworzącą walca, nazywa się *zwrotem*; część zaś tworzącéj zawarta między punktami przecięcia się jéj z liniją śrubową, nazywa się *krokiem* śruby.

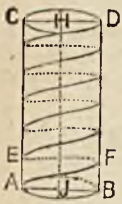


Fig 118.

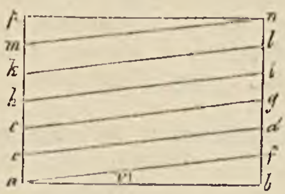


Fig. 119.

Śruba więc jest to machina złożona z walca, mającego na zewnętrznéj powierzchni nacięcie w kształcie linii śrubowéj, $AFE\ldots D$ zwane *gwintem* śruby i z nasady czyli *mutry*. Jeżeli po linii śrubowéj posuwać się będzie *prostokąt* lub *trójkąt* odpowiednich wymiarów, w pierwszym razie śruba będzie z *gwintem prostokątnym*, a w drugim z *trójkątnym*. Powierzchnie ograniczające gwint, uważać można za okręcone na walcu równie pochyłe, których wspólna wysokość, jest równa krokowi śruby. Wycięcie w graniastosłupie 4-ro, 5-cio, lub 6-ciościennym, odpowiadające gwintowi śruby, stanowi tak nazwaną *mutrę* śruby CD (Fig. 120 i 130). Śruba bez mutry, nie mogłaby być machiną.

179. Aby oznaczyć stosunek siły do ciężaru na przypadek równowagi, musimy sobie wyobrazić ciężar Q zawieszony w końcu sworznia śruby, to jest w punkcie B; zaś siłę działającą wprost na obwodzie sworznia śruby t. j. na promień r, lub na koniec drążka AP (Fig. 120) złączonego z śrubą i używanego dla łatwiejszego obrotu takowéj.

Wystawmy sobie teraz że śruba zrobiła jeden obrót około swej osi, to łatwo zrozumieć, że siła zrobiła drogę ab (Fig. 119), a ciężar który w tymże czasie posunął się po równi pochyłéj af, wzniósł się do wysokości $bf = w$, równéj wysokości kroku śruby. Że zaś w obecnym wypadku siła działała równolegle do podstawy $a\,b$ równi pochyłéj, przeto w razie równowagi da się tutaj zastósować to samo prawidło, któregośmy w § 175 dowiedli; otrzymamy więc proporcyę:

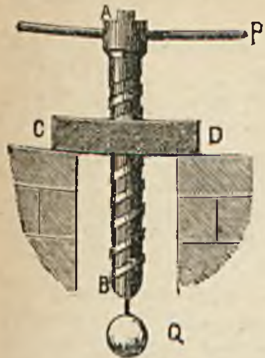


Fig. 120.

$$P : Q = \text{wst } v : \text{dos } v, \text{ zkąd:}$$
$$P = Q \,.\, \text{sty } v.$$

W trójkącie jednak afb (Fig. 119) mamy:

$$fb : ab = \text{wst } v : \text{dos } v;$$

a ponieważ $fb = w$, a $ab = 2\pi r$, przeto:

$$w : 2\pi r = \text{wst } v : \text{dos } v, \text{ a zatém:}$$
$$P : Q = w : 2\pi r.$$

To jest w śrubie ma się siła do ciężaru, jak wysokość kroku śruby do obwodu śruby. Jeżeli jednak weźmiemy przypadek, że siła P działa w końcu drąga $AP = R$ (Fig. 120), to otrzymamy następujące równanie momentów:

$$P \,.\, r = P'\, R, \text{ zkąd } P = \frac{P' \,.\, R}{r};$$

wstawiwszy wartość za P w ostatnią proporcyę, otrzymamy:

$$\frac{P' \,.\, R}{r} : Q = w : 2\pi r, \quad \text{zkąd:}$$
$$2\pi R \,.\, P' = Q \,.\, w, \quad \text{a ztąd także:}$$
$$P' : Q = w : 2\pi R.$$

To jest w każdéj śrubie ma się siła do ciężaru, jak wysokość kroku śruby do obwodu koła zakreślonego przez siłę. Z téj ostatniéj proporcyi, otrzymujemy:

$$(1)\ P = \frac{Q \,.\, w}{2\pi R}, \text{ i } (2)\ Q = \frac{P \,.\, 2\pi R}{w}.$$

Z ostatniego równania widzimy, że podnoszony ciężar Q za pomocą śruby, może być o tyle większy, im większą jest siła P i długość ramienia drąga R, a im mniejszą jest wysokość kroku śruby w. Gdyby w téj machinie nie było tak wielkiego tarcia, to byłaby przyrządem o niezmiernym skutku; i jest ona téż nim rzeczywiście, o ile staramy się usunąć w niéj tarcie. Jeżeli sama śruba zrobiona jest z żelaza lub stali, to mutra daje się mosiężna lub z metalu dzwonowego; a do tego gwint smaruje się dobrze, przez co znacznie zmniejsza się tarcie, i skutek mechaniczny śruby niezmiernie powiększa.

Przykład. Jak wielki ciężar może podnieść człowiek za pomocą śruby, działając na ramię drąga $R = 2$ stopy, kiedy wysokość kroku śruby $= 6$ linij? Wziąwszy siłę człowieka $= 30$ funtów, to podług równania (2) będzie:

$$Q = \frac{30 \times 2 \times 3{,}141 \times 2}{\frac{1}{24}} = 9048 \text{ funtów.}$$

Widzimy ztąd, że ciężar podniesiony przez człowieka, jest niezmiernie wielki, w stosunku do użytéj przezeń siły; tylko ta jest niedogodność, że ruch ciężaru odbywa się bardzo wolno, gdyż wtedy kiedy siła zrobiła drogę $= 2\pi R = 12{,}56$ stóp, ciężar podniesie się tylko o $^1/_2$ cala. Dla tego téż machina tego rodzaju znajduje tylko tam praktyczne zastósowanie, gdzie potrzebujemy wielkiego i długotrwającego ciśnienia.

180. Sznur czyli lina. Ponieważ sznur w mechanice gra nie małą rolę, nie będzie więc rzeczą zbyteczną zastanowić się nad własnościami onego.

Niechaj będzie sznur AB (Fig. 121) na którego końcach działają siły P i Q w kierunkach przeciwnych, w skutek czego natęży się lina; zachodzi pytanie, jak wielkie będzie to natężenie?

Rozróżniamy tutaj dwa przypadki, mianowicie: albo obie siły P i Q są sobie równe, albo też nierówne. Jeżeli $P = Q$, to natężenie sznura w każdym punkcie musi być $= P$, gdyż zamiast ciężaru Q można sobie wyobrazić koniec sznura do stałego punktu A przymocowany a na punkt B działającą siłę N, w którymto wypadku, natężenie $= P$ być musi. Jeżeli jednak siły P i Q nie są sobie równe, a mianowicie jeżeli $Q > P$, to natężenie sznura będzie zawsze równe sile mniejszéj P, a różnica $Q - P$ wywoła ruch sznura w kierunku siły większéj.

Fig. 121.

181. Jeżeli sznur ACB (Fig. 122) utwierdzony jest w dwóch punktach A i B, leżących na jednéj linii pozioméj AB, w środku którego C zawieszony jest ciężar Q, to części sznura AC i CB ulegają natężeniu, o oznaczenie którego chodzi nam właśnie. Należy tylko uważać, że jeżeli punkta przyczepienia A i B leżą w tym samym poziomie, to ciężar Q, może się znajdować w równowadze tylko w środku sznura, ponieważ C jest najniższym punktem wiszącéj liny, którą ciężar Q utrzymuje w spoczynku.

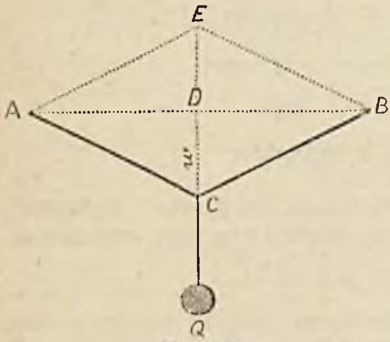


Fig. 122.

Przedłużywszy kierunek QC do góry aż do punktu E, i z punktów A i B poprowadziwszy linije równoległe AE i BE do BC i AC, to utworzy się tym sposobem równoległobok $AEBC$, w którym, jeżeli przekątnia EC przedstawia siłę Q, linije AC i BC przedstawiają natężenia obu części sznura, w skutek ciężaru Q powstałe. Natężenia te będą sobie równe. Jeżeli je przez N oznaczymy, to otrzymamy proporcyę następującą:

$$N : Q = AC : EC$$

Jeżeli odległość DC uczynimy $= w$, to $EC = 2w$ i proporcya powyższa, zamieni się w następującą:

$$N : Q = AC : 2w.$$

$$\text{zkąd } N = Q \cdot \frac{AC}{2w}$$

Z téj formuły widzimy, że natężenie N tém będzie większe, im: 1^0 większy będzie ciężar Q; 2^0 im dłuższą będzie lina, i 3^0 im mniejszą będzie odległość w punktu C od linii poziomej AB. Gdybyśmy więc sznur ACB chcieli tak natężyć aby utworzył linię prostą, to byłoby wtedy $w = o$, a zatém $N = \infty$, to jest że sznur przez żadną zgoła siłę nieda się do linii prostéj wytężyć. Ostatnia formuła może także służyć do wypróbowania, czy dany sznur może wytrzymać naznaczone natężenie.

Przykład 1. Przypuśćmy przypadek, że sznur na 120 stóp długi, ma przeznaczenie wytrzymywać normalne natężenie 1000 funtów. Należy wypróbować ten sznur przynajmniéj na 2000 funtów. Bierze się do téj próby $Q = 100$ funtów i utwierdza sznur w dwóch końcach (Fig. 122) i to w taki sposób, aby z jego środka C linija DC poprowadzona, równą była $w = \frac{3}{2}$ stopy, to będzie $AC = 60$ stóp; zawiesiwszy ciężar $Q = 100$ funtów w samym środku sznura, to podług ostatniéj formuły natężenie sznura będzie:

$$N = 100 \cdot \frac{60}{2 \times \frac{3}{2}} = 100 \times 20 = 2000 \text{ funtów.}$$

Jeżeli sznur takie natężenie wytrzyma, to można być pewnym iż będzie wytrzymywał normalne natężenie tysiąca funtów. Gdyby długość 120 stóp okazała się za wielką, to należy doświadczenie uskutecznić na połowie téj długości sznura.

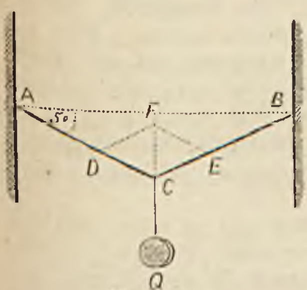


Fig. 123.

Przykład 2-gi. Lina ACB (Fig. 123) umocowana w dwóch punktach na jednym poziomie leżących, obciążona jest w środku C ciężarem Q; jak wielkie będzie natężenie jéj części AC i BC, jeżeli kąt $CAB = 5$ stopni?

Ciężar Q przedstawia linija pionowa CF; tworzy ona kąt z liniją $AC = 85°$. Wykreśliwszy równoległobok $CEFD$, to $CD = CE$ przedstawiać będzie siłę natężenia części sznura. A ponieważ w trójkącie CFD:

$$CD : CF = \text{wst } CFD : \text{wst } CDF \text{ czyli:}$$

$$CD : Q = \text{wst } 85° : \text{wst } 10°, \text{ więc}$$

$$CD = Q \times \frac{\text{wst } 85°}{\text{wst } 10°} = Q \times \frac{0{,}9962}{0{,}1736} = 5{,}738 \,.\, Q,$$

to jest natężenie sznura jest 5,738 razy większe, od zawieszonego ciężaru.

182. Należy nam wyjaśnić jeszcze tego rodzaju przypadek, gdy punkta umocowania sznura, nie leżą na jednéj linii poziomej. Przypadek taki przedstawia Fig. 124, gdzie A jest jednym, a punkt B drugim punktem przyczepienia sznura. Wyobraźmy sobie, że ciężar Q zawieszony jest ruchomo na sznurze, to takowy dotąd będzie się opuszczał, aż zajmie najniższy punkt C sznura. Chodzi tu przedewszystkiem o wyznaczenie owego punktu. Praktyczny sposób jest następujący: Prowadźmy przez B liniję pionową ED, zawieśmy sznur w punkcie A i wyciągnijmy go na liniję prostą AD, tak, aby drugi koniec B przeciął liniję pionową ED w punkcie D; tym sposobem otrzymamy liniję DB podzieloną w punkcie F na dwie równe części $DF = FB$; a wyprowadziwszy z punktu F poziomą FC, otrzymamy punkt C szukany.

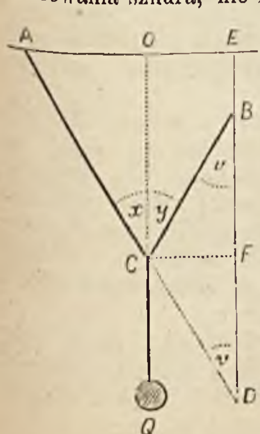


Fig. 124.

Ponieważ zaś natężenia części sznura AC i CB widocznie od ciężaru Q zawisły, przeto Q należy uważać jako wypadkową z natężeń AC i CB.

Przedłużywszy kierunek QC owéj wypadkowéj aż do punktu O, utworzą się kąty x i y; że zaś $x = v$, a $v = y$, więc musi być $x = y$, to jest kierunek CO wypadkowéj, dzieli kąt ACB na dwie równe części; zkąd się pokazuje, że natężenia części sznura AC i BC muszą sobie być równe.

Ztąd więc wypływa ogólne prawidło, że gdy sznur umocowany zostanie w dwóch końcach, gdziekolwiek te punkta znajdować się będą, zawsze natężenia części sznura, będą sobie równe.

Teorya tarcia.

183. Uwagi ogólne. Stosunek pomiędzy siłą a ciężarem, jakiśmy przy maszynach prostych podali, jest tylko teoretycznie rzetelny, gdyż wypuściliśmy z uwagi opory, stojące na przeszkodzie każdemu ruchowi. Opory te, które zawsze pokonanemi być muszą, wymagają większego lub mniejszego dodatku siły, czyli co na jedno wychodzi, że każdy mechaniczny przyrząd daje skutek zawsze mniejszy, od siły poruszającéj. Najważniejszemi przeszkodami ruchu są: *tarcie*, *opór wody* i *powietrza*, tudzież *niegiętkość sznura*.

Tarcie powstaje albo w skutek spojenia dwóch ciał na sobie leżących, lub téż w skutek chropowatości, na ich powierzchniach będących. Nawet najdelikatniejsze powierzchnie mają nierówności, które się uwidoczniają, kiedy posuwamy jedno ciało po drugiem. Te wzajemne chropowatości czyli wzniesienia i zagłębienia zaczepiają jedne o drugie jak zęby, i w skutek ruchu albo muszą być oderwanemi, lub téż ciało ślizgające musi się cokolwiek podnieść, nakształt równi pochyłéj; we wszystkich owych wypadkach zużywa się pewna część siły, która równa się pewnéj części ciężaru.

Tarcie jest zawsze proporcyonalne ciśnieniu. Stosunek tarcia do tego ciśnienia, nazywa się *spółczynnikiem tarcia*, zatém:

$$\text{Spółczynnik tarcia} = \frac{\text{tarciu}}{\text{ciśnienie}}, \text{ czyli tarcie} = \text{ciśnieniu} \times \text{spółczynnik.}$$

A zatém zawsze znajdziemy spółczynnik tarcia, gdy tarcie podzielimy przez ciśnienie; zaś tarcie znajdziemy, jeżeli ciśnienie pomnożymy przez spółczynnik tarcia.

Rozróżniają się dwa tarcia, tarcie *ślizgające* i tarcie *toczyste*. Pierwsze ma miejsce wtedy, gdy dwa ciała ślizgają się po sobie; lub gdy czopy poziomego wału obracają się w stałych panewkach; lub gdy czop stojącego wału, obraca się także w stojącéj panewce. Drugiego zaś rodzaju tarcie ma miejsce wtedy, gdy jakiś walec lub koło toczy się po płaszczyźnie pozioméj albo pochyłéj; co na drogach żelaznych, na wozach, powozach i brykach frachtowych odbywających ruch na drogach bitych i na brukowanych ulicach w miastach, codzień widzieć się daje.

184. Tarcie ślizgające. Aby oznaczyć wielkość tego tarcia, czyli co na jedno wychodzi wielkość takiéj siły, która jest w możności rzeczone tarcie pokonać, konieczną jest rzeczą robić doświadczenia z różnemi ciałami; gdyż wielkość tarcia, daje się tylko na drodze doświadczenia oznaczyć.

Sposób, w jaki odbywają się takie doświadczenia, jest mniéj więcéj następujący:

Mocny stół AB (Fig. 125) ustawia się poziomo i kładzie się na nim ciało, którego całkowity ciężar $= Q$. Gdyby między ciałem a stołem nie było żadnego tarcia, to najmniejsza nawet siła byłaby w możności, wywołać ruch ciała w kierunku poziomym. Wszelako doświadczenie uczy, że siła potrzebna do ruszenia z miejsca ciała, w niektórych razach nawet bardzo znaczną być musi, aby tarcie pomiędzy ciałem a stołem pokonać była zdolną.

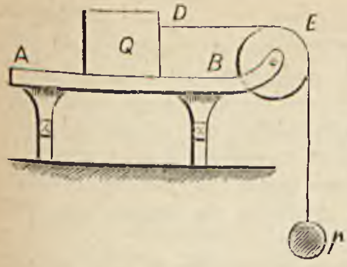


Fig. 125.

Aby wielkość téj siły przez doświadczenie oznaczyć, mocuje się sznur DE do ciała Q i przeciąga się takowy przez krążek E, a na drugim końcu tego sznura wieszają się dotąd ciężarki, dopóki nie nastąpi ruch jednostajny owego ciała; jeżeli p jest takim ciężarem wprawiającym w ruch ciało, to będzie zarazem wyobrażać siłę pokonywającą tarcie pomiędzy ciałem i stołem. Jakkolwiek, ciało i stół są dobrze wypolerowane, to p będzie w każdym razie stanowić pewną cząstkę całkowitego ciężaru Q; jeżeli f wyraża ułamek, wskazujący ową cząstkę całkowitego ciężaru, to otrzymamy równanie następujące:

$$p = f \,.\, Q, \text{ zkąd } f = \frac{p}{Q}.$$

Ułamek ten nazywa się *spółczynnikiem tarcia.* Widzimy ztąd, że tarcie sprawione bywa zawsze ciśnieniem normalném do powierzchni, po której się ciało ślizga; i że siła do pokonania owego tarcia potrzebna, jest zawsze cząstką owego normalnego ciśnienia.

Jeżeli naprzykład $Q = 100$ funtów, a przez doświadczenie znaleziono, że $p = 5$ funtów, to spółczynnik tarcia będzie:

$$f = \frac{5}{100} = \frac{1}{20},$$

t. j. tarcie stanowi tutaj dwudziestą część ciśnienia normalnego.

185. Z licznych doświadczeń wyprowadzone prawidła dla tarcia *posuwistego*, są mniéj więcéj następujące:

a) Wielkość tarcia nie jest zależną od wielkości powierzchni suwających się po sobie.

Ale jedna powierzchnia nie powinna być zbyt wązką, aby nie robiła śladu, czyli nie wrzynała się w drugą.

b) Wielkość tarcia nie jest zależną od chyżości, z jaką ślizgają się po sobie powierzchnie trące.

Ale chyżość niepowinna być tak wielka, aby przez rozgrzanie uległy zmianie powierzchnie trące.

c) Tarcie w czasie spoczynku jest większe, aniżeli w czasie ruchu.

Tutaj powierzchnie np. drzewo i żelazo powinny częstokroć przez kilka dni zostawać z sobą w zetknięciu, aby tarcie w spoczynku, dosięgło największej swojéj wartości.

d) Wielkość tarcia pomiędzy powierzchniami suwającemi się po sobie, jest dość dokładnie proporcyonalną ciśnieniu.

Tutaj się przypuszcza, że ciśnienie do takiéj doszło wielkości, że siła przylegania w porównaniu z osiągniętém tarciem w skutek ciśnienia, za żadną uważaną być może.

e) Przez dokładne nasmarowanie trących się powierzchni, nie tylko zmniejsza się znakomicie samo tarcie, ale znosi się zupełnie różnica wielkości owego tarcia, w skutek różnorodności materyałów.

186. Tarcie w maszynach, jest nieużytecznym oporem, do pokonania którego, pewnéj siły użyć potrzeba; należy się przeto starać zmniejszyć to tarcie o ile można. Przedsiębrane doświadczenia, podają w tym celu zaradcze środki. Doświadczenie mianowicie nauczyło, że tarcie znacznie się zmniejsza, jeżeli się suwają po sobie ciała różnorodne; przekonano się np., że gdy się żelazo po żelazie na sucho posuwa, jak np. koło wagonu po szynie na kolei żelaznéj, to spółczynnik tarcia $= 0{,}3$; ale jeżeli się posuwa miedź po żelazie, również na sucho, to spółczynnik tarcia $= 0{,}18$; a dla mosiędzu po żelazie, $= 0{,}26$; a więc w dwóch ostatnich razach tarcie jest mniejsze.

Na okoliczność tę, przy budowie machin, szczególniejszą zwracać należy uwagę, i dla tego téż osi kół i panewki robią się zwykle z różnych metali, a mianowicie: osi z żelaza lub stali, panewki zaś z mosiędzu lub z innego metalu.

Najskuteczniejszym jednak środkiem do zmniejszenia tarcia, okazało się smarowidło. Jeżeli bowiem trące się powierzchnie pociągniemy tłuszczem, to zapełnią się nierówności obydwóch powierzchni, a tém samém suwanie tych powierzchni po sobie stanie się przezto łatwiejszém. Jeżeli się suwa drzewo po drzewie, to dla zmniejszenia tarcia, najlepiéj jest używać łoju lub szarego mydła. Do zmniejszenia zaś tarcia przy metalach, używa się zwykle dobréj oliwy lub niesolonego sadła wieprzowego.

187. Tarcie czopów. Wynalezione dotychczas prawidła dla tarcia posuwistego, dają się także zastósować i do tarcia obrotowego. Tarcie obrotowe jest wtedy, gdy czopy m, m wału poziomego (Fig. 107) obracają się w swoich panewkach. Lecz do wynalezienia siły potrzebnéj dla zniesienia tarcia nie używa się wyżéj podanéj formuły $p = f \,.\, Q$, gdyż należy tu zwrócić uwagę, że przy kołowrotach tarcie ma miejsce na obwodzie czopów, zatém $= f \,.\, Q\, r$, gdzie r jest promieniem czopa. Siła zaś jakiéj należy użyć do pokonania owego tarcia, działa na obwodzie koła $D\,C$, zatém ma za ramię $O\,m = R$, a przeto jéj moment $= R \,.\, p$. W czasie zatém równowagi będzie:

$$R \,.\, p = f \,.\, Q \,.\, r \text{ zkąd } p = f \,.\, Q \,.\, \frac{r}{R}.$$

Zkąd pokazuje się widocznie, że siła do pokonania tarcia obrotowego potrzebna, zależy od stosunku ramion drążka $\frac{r}{R}$; im ten stosunek jest mniejszy, tym i siła będzie mniejsza.

W ostatniéj formule Q oznacza całkowite ciśnienie wywarte na czopy m i m, składa się albowiem: z ciężaru podnoszonego na kołowrocie, z ciężaru saméjże machiny i ciśnienia siły P. Gdyby więc ciężar $Q = 100$ funtów, ciężar machiny z liną $= 200$ funtów i siła $P = 150$ funtów, promień czopa $= \frac{1}{2}$ cala, ramię drąga $R = 3$ stopy, a jeżeli żelazne czopy obracają się w żelaznych lecz nasmarowanych panewkach, to $f = 0{,}05$, a przeto siła potrzebna do pokonania tarcia:

$$p = 0{,}05\ (100 + 200 + 150) \,.\, \frac{1}{72} = 0{,}31 \text{ funta;}$$

rzeczywiście bardzo mała siła. Gdyby siła do pokonania tarcia potrzebna, działała wprost na obwodzie czopa, to byłaby — 22,5 funtów, gdyż w takim wypadku $\frac{r}{R} = 1$.

188. Jeżeli czop stojącego wału obraca się w pionowéj panewce, jak to (Fig. 108) przedstawia, to ten rodzaj tarcia należy również do tarcia posuwistego; ale widzimy zarazem że się tu trze powierzchnia koła, należy sobie zatém całkowity opór tarcia wyobrazić zgromadzony w odległości $^2/_3$ promienia czopa. Tarcie więc w takim wypadku należy obliczyć podług następującéj formuły:

$$p = \frac{2}{3} . f : Q.$$

Dla użytku praktycznego, zamieszczamy tutaj tablicę spółczynników tarcia *posuwistego*, podczas odbywanego ruchu.

Ciała wystawione na tarcie	Położenie włókien	Stan powierzchni	Spółczynnik tarcia f.
Dębina po dębinie	równoległe	sucha	0,48
	pionowe	"	0,34
	"	wodą zwilżo:	0,25.
Jesion, jodła, buk po dębinie . .	równoległe	bez smaru	0,36—0,40
Pasy rzemienne na bębnie dębowym	"	"	0,27.
Skóra garbowana po żelazie laném lub po bronzie	na płask lub też na kant	bez smaru	0,56
		wodą zwilżo:	0,36
		nasmar. tłuszczem lub zwilżo: wodą	0,23
		nasmarowana oliwą	0,15.
Konopie jako włókna lub jako lina po dębinie	równoległe	bez smaru	0,52
	pionowe	wilgotna	0,33.
Żelazo kute po dębinie	równoległe	"	0,26
	"	bez smaru	0,62
	"	suche mydło	0,21.
Żelazo lane po dębinie	równoległe	bez smaru	0,49
	"	zlana wodą	0,22
	"	suche mydło	0,19.
Koło żelazne kute na kolei żelaznéj		bardzo suche	0,30.
Żelazo lane po żelazie laném . .	"	cokol. tłusta	0,15
	"	zwilżona	0,31.
Żelazo kute po żel. laném i bronzie	"	cokol. tłusta	0,18.
Żelazo lane po bronzie	"	"	0,15.
Bronz po bronzie	"	suche	0,20.
Żelazo lane, żelazo kute, bronz, drzewo twarde, jeden materyał na drugim lub na sobie samym (t. j. czopy i panewki)	. . . . . .	cokol. napuszcz. tłustoś.	0,15.
		zwyczajnym sposob. dobrze nasmar.	0,07—0,08.

Przykład 1. Jak wielką jest strata skutku koła zamachowego przez tarcie czopów, gdy koło wraz z osią waży 2400 kilogramów i robi w minucie 36 obrotów, gdy czopy są grube $0{,}12^m$, a spółczynnik tarcia $\doteq 0{,}07$?

Tarcie obu czopów $2400 \times 0{,}07 = 168$ kilogr.

Chyżość na okręgu koła czopów $0{,}12 \times 3{,}14 \times \frac{36}{60} = 0{,}226^m$

Stracony skutek $168 \times 0{,}226 = 38$ kilogr.-metrów $= 0{,}51$ konia parowego (gdyż jeden koń parowy $= 75$ kilogrammetrów).

Przykład 2-gi. Wał poziomy, leżący, z żelaza kutego, ma $0{,}1^m$ średnicy, jest 500^m długi i robi 50 obrotów w minucie czasu. Koło wodne działa na ten wał z siłą 20 koni parowych. Jaką pracę może ten wał na drugim swoim końcu wykonywać, gdy tarcie zależném jest wyłącznie od ciężaru wału?

Ponieważ walec okrągły żelazny kuty 100 millimetrów średnicy, a 1 metr długości mający, waży kilogramów 61,2, więc ciężar całego wału będzie: $61{,}2 \times 500 = 30600$ kilogr.

Przyjmujemy spółczynnik tarcia 0,06.

Tarcie sprawione przez ciężar wału $30600 \times 0{,}06 = 1836$ kilogr.

Chyżość na obwodzie wału $0{,}1 \times 3{,}14 \times \frac{50}{60} = 0{,}242^m$.

Skutek zatém stracony w sekundzie czasu przez tarcie, będzie:

$1836 \times 0{,}242 = 444{,}3$ kilogrammetrów czyli 5,92 koni parowych; więc skutek jaki jeszcze drugi koniec wału sprawić może $= 20 - 5{,}92 = 14{,}08$ koni parowych.

Można sobie tu wyobrazić taką długość wału, przy której cała siła zabsorbowaną zostanie przez tarcie. Długość ta w obecnym przypadku, gdy cały wał posiada jednaką średnicę, będzie:

$$\frac{20}{5{,}92} \times 500^m = 1689^m.$$

Ale że tak długi wał musi być wiązany mufami czyli kuplówany, przeto ta długość znacznie mniejszą wypadnie.

189. Tarcie toczyste. Tarcie toczyste powstaje wtedy, gdy jakieś ciało kształtu okrągłego albo walcowego toczy się po płaszczyznie nie elastycznéj. Tarcie to jest proporcyonalne ciśnieniu z jakiem koło tłoczy na podstawę, a odwrotnie proporcyonalném średnicy koła.

Niechaj będzie siła P pozioma, posuwająca walec promienia r a ciężaru Q po płaszczyznie poziomej, zaś f spółczynnik tarcia, to w przybliżeniu będzie:

$$P = f\frac{Q}{r}.$$

Jeżeli r wyrażone jest w centimetrach, to podług *Coulomba* spółczynnikiem tarcia f będzie:

dla walca z guajaku po dębinie	0,048
„ „ z wiązu po dębinie	0,081
„ „ z kamienia wapiennego po kamieniu wapiennym	0,154
koła żelazne lane po żel. lanych szynach	0,055
Koła żelazne kute po szynach żel. kutych (podług Wooda)	0,050.

Przykład. Przy wagonie kolei żelaznéj niechaj będzie promień kół $= 50^{cm}$, promień czopów osi $= 4^{cm}$, a ciężar wagonu (osobowego lub towarowego) $= Q$. Część tego ciężaru $0{,}83\ Q$ winna spoczywać na osiach i sprawiać ich tarcie. W jakim stosunku znajduje się opór toczysty do tarcia osi?

Opór toczysty podług powyższej formuły $0{,}05 \times \frac{Q}{50} = 0{,}001\ Q$

Spółczynnik tarcia osi, w przypuszczeniu $= 0{,}045$

Tarcie osi na obwodzie osi . . $0{,}83\ Q \times 0{,}045 = 0{,}0373\ Q$

Tarcie osi z obwodu osi zredukowane na obwód koła . . . . $0{,}0373\ Q \times \frac{4}{50} = 0{,}003\ Q$

Summa obudwóch oporów . . . . . $0{,}001\ Q + 0{,}003\ Q = 0{,}004\ Q$

Zkąd się pokazuje, że tarcie osi czyli tarcie posuwiste jest 3 razy większe od tarcia toczystego, a cały opór $= \frac{1}{250}$ całego ciężaru wagonu.

190. Ponieważ pokazuje się z porównania tarcia *posuwistego* z tarciem *toczystém*, że to ostatnie jest daleko mniejsze, starano się przeto w mechanice tę szczególną własność tarcia spożytkować i to w taki sposób, że zawsze tarcie posuwiste zamienia się za pomocą krążków frykcyjnych na tarcie toczyste; ma się rozumieć, gdzie na to okoliczności pozwolą. Wystawmy sobie, że ciało A (Fig. 126) ma się ślizgać po ciele B. Jeżeli B leży poziomo, to aby taki ruch wykonać, należy wprzódy tarcie ślizgające czyli opór $= f\ Q$ pokonać, gdzie Q oznacza ciężar ciała A.

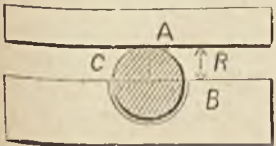


Fig. 126.

Jeżeli zaś w ciele B umieścimy krążek C i wsuniemy na niego ciało A, to opór stanie się daleko mniejszym. Nazwawszy bowiem przez R promień krążka, przez r promień czopa, około którego krążek się obraca, to ciśnienie na ten czop $= Q$, a tarcie $= f\ Q$, moment zatém tego tarcia $= f\ Q\ r.$, P zaś przedstawia siłę potrzebną do pokonania owego tarcia, na obwodzie krążka działającą, momentem więc téj siły będzie iloczyn $P\ .\ R$; otrzymamy zatém równanie:

$$P\ .\ R = f\ Q\ .\ r, \text{ zkąd } P = f\ Q\ .\ \frac{r}{R}.$$

Wyrażenie to jest widocznie mniejsze od powyższego wyrażenia $f\ Q$.

Przykład. Niechaj $R = 1\frac{1}{2}$ cala, a $r = \frac{1}{4}$ cala, to $\frac{r}{R} = \frac{\frac{1}{4}}{1\frac{1}{2}} = \frac{1}{4 \times 1{,}5} = \frac{1}{6}$

t. j. że tarcie *toczyste* jest w tym przypadku 6 razy mniejsze od tarcia *posuwistego*.

Tablica

przedstawiająca spółczynniki tarcia wozów na gościńcach podług Morina.
(Tarcie toczyste i tarcie posuwiste osi).

Rodzaj drogi	Pociągi artyleryjskie	Wozy frachtowe	Wozy pospieszne
a) *Drogi zwirówki.*			
1) Cokolwiek wilgotna z drobnym zwirem.	$^1/_{38,7}$	$^1/_{41}$	stępa . . . . $^1/_{33,7}$ kłusa . . . . $^1/_{26,8}$ ostrego kłusa $^1/_{24,3}$
2) Z grubym zwirem wilgotna.	$^1/_{46,8}$	$^1/_{48,8}$	stępa . . . . $^1/_{40,8}$ kłusa . . . . $^1/_{26,8}$ ostrego kłusa $^1/_{22,6}$

Rodzaj drogi	Pociągi artyleryjskie	Wozy frachtowe	Wozy pospieszne
3) Twarda z śladami czyli kolejami, błotnista.	$^1/_{24,6}$	$^1/_{25,8}$	stępa . . . . $^1/_{21}$ kłusa . . . . $^1/_{18,5}$ ostrego kłusa $^1/_{17,2}$
4) Bardzo zjeżdżona z gęstém błotem.	$^1/_{20,8}$	$^1/_{21,8}$	stępa . . . . $^1/_{18}$ kłusa . . . . $^1/_{16}$ ostrego kłusa $^1/_{15}$
5) Mocno nadwerężona z śladami głębokiemi 0,06—0,08^m i gęstém błotem.	$^1/_{16}$	$^1/_{16,7}$	stępa . . . . $^1/_{13,7}$ kłusa . . . . $^1/_{12,4}$ ostrego kłusa $^1/_{11,8}$
6) Bardzo zła, głębokie ślady od 0,10—0,12^m, gęste błoto, grunt twardy i chropawy.	$^1/_{14,3}$	$^1/_{14,8}$	stępa . . . . $^1/_{12,2}$ kłusa . . . . $^1/_{10,5}$
b) *Drogi brukowane.*			
1) Bardzo dobry bruk Metzeński.	$^1/_{70}$	$^1/_{75,5}$	stępa . . . . $^1/_{62}$ kłusa . . . . $^1/_{42}$ ostrego kłusa $^1/_{36,2}$
2) Bruk paryzki z piaskowca z Fontainebleau, suchy.	$^1/_{64,6}$	$^1/_{69,5}$	stępa . . . . $^1/_{57}$ kłusa . . . . $^1/_{38}$ ostrego kłusa $^1/_{32,7}$
c) *Droga na moście drewniana.*	$^1/_{46,8}$	$^1/_{42,8}$	stępa i kłusa $^1/_{40,8}$.

191. Niegiętkość sznura. Nawijając sznur na walec albo też na krążek, to jego niegiętkość przedstawia zawsze pewien opór, który tym będzie większy:

a) Im sznur będzie grubszy, i

b) Im będzie nowszy.

Jak wielki jest ten opór i jak przy maszynach obliczać go trzeba, obaczymy z tego co następuje:

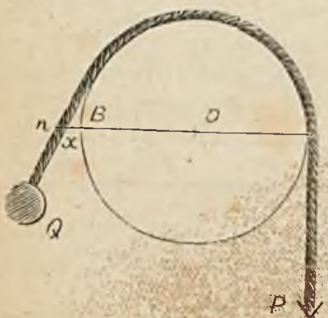


Fig. 127.

Niechaj będzie krążek BA (Fig. 127) którego promień $OA = r$. Na jeden koniec sznura opasującego krążek działa siła P mogąca ciężar Q w drugim końcu sznura zawieszony podnieść do góry, i dla tego część sznura nQ powinnaby do krążka przylegać: wszelako w skutek niegiętkości, sznur nie tylko nie będzie się punktu B dotykał, ale owszem będzie od niego o $Bn = x$ odstawał, i ramię ciężaru Q o tę wielkość zwiększał. W czasie zatém równowagi, będziemy mieli następujące równanie:

$$Q\,(r + x) = P \,.\, r\,.$$

Ponieważ zaś z tego równania widzimy, że wtedy siła P musi być większą od ciężaru Q, przeto uczyniwszy $P = Q + F$, gdzie F jest ową siłą pokonywającą niegiętkość sznura, otrzymamy więc następujące równanie:

$$Q\,(r + x) = (Q + F)\,r \text{ zkąd:}$$
$$F = \frac{Q\,.\,x}{r}$$

przezco siłę F oznaczyliśmy; tylko zmienna wartość x w rozmaitych przypadkach, musi być oznaczoną przez doświadczenie. Doświadczenie zaś naucza, że gdy d oznacza średnicę czyli grubość sznura, należy wziąść odległość x przy nowych linach $= \frac{1}{2}\,d$, dla cokolwiek używanych $= \frac{1}{3}\,d$, a dla mocno zużytych $= \frac{1}{4}\,d$ do $\frac{1}{5}\,d$. Oznaczywszy te ułamki przez n, to odległość liny $x = nd$; a zatém powyższy wzór, zamieni się w następujący:

$$F = nd\,.\,\frac{Q}{r}.$$

Przykład. Sznur zupełnie nowy 12 linij średnicy mający, nawinięty został na krążek promienia $r = 6$ cali i obciążony został ciężarem $Q = 300$ funtów; jak wielki opór przedstawia niegiętkość sznura?

Podstawiając dane wartości liczebne w powyższe równanie, otrzymamy:

$$F = \frac{1}{2} \times 1 \times \frac{300}{6} = 25 \text{ funtów.}$$

Weisbach podaje następujący wzór na niegiętkość *liny drucianéj*, złożonéj z 16 drutów na $1\,^1/_2$ linii grubych:

$$N = 0{,}49 + 0{,}00476\,\frac{Q}{D},$$

gdzie N oznacza niegiętkość liny, Q oznacza ciężar zawieszony na nawiniętym kawałku liny w kilogrammach, zaś D oznacza średnicę wału albo krążka w centimetrach.

192. Tarcie sznura. Jeżeli około poziomego lecz stałego walca, t. j. nieobracającego się około swéj osi, nawinięty jest sznur 1, 2 lub w ogólności n razy (Fig. 128), i jeżeli na jednym jego końcu zawieszony jest ciężar Q, gdy na drugi koniec sznura działa siła P, celem podniesienia tego ciężaru do góry, gdy f jest spółczynnikiem tarcia pomiędzy sznurem i walcem, to siła powinna się wtedy równać:

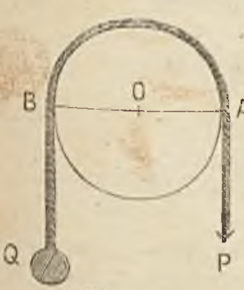


Fig. 128.

$$P = Q\,.\,e^{\,2\,n\,\pi\,f} \quad \ldots\ldots (1)$$

Jeżeli zaś chodzi tylko o utrzymanie ciężaru Q w równowadze, wtedy f czyli tarcie między sznurem i cylindrem należy wziąść ze znakiem ujemnym, będzie więc wtedy siła:

$$P = Q\,.\,e^{-2\,n\,\pi\,f}$$

lub na zasadzie (§ 28, str. 10), przenosząc e z wykładnikiem ujemnym do mianownika:

$$P = \frac{Q}{e^{\,2\,n\,\pi\,f}} \quad \ldots\ldots\ldots (2)$$

gdzie $e = 2{,}71828$ jest liczbą stanowiącą zasadę logarytmów naturalnych (co otrzymuje się za pomocą rachunku wyższego), a $\pi = 3{,}1416$. Jeżeli weźmiemy

$f = \frac{1}{3}$ dla liny trochę używanéj, nawiniętéj na walcu drewnianym, gdy liczba nawinięć liny czyli $n = 1, 2, 3 \ldots$ otrzymamy z wzoru (1)

$$P = 8\,Q,\ 66\,Q,\ 530\,Q \ldots\ldots$$

a zaś z wzoru (2)

$$P = \frac{1}{8}\,Q, \frac{1}{66}\,Q, \frac{1}{530}\,Q \ldots\ldots$$

zkąd się pokazuje, iż aby podnieść ciężar w ten sposób do góry, potrzeba jest siły 8, 66, 530.... większéj od ciężaru; zaś aby ten ciężar w równowadze utrzymać, siła może wynosić tylko $\frac{1}{8}, \frac{1}{66}, \frac{1}{530} \ldots$ część zawieszonego ciężaru.

Na téj zasadzie spuszczają się napełnione beczki do piwnic i zatrzymują u brzega berlinki, galary i inne statki na kanałach i rzekach.

Jeżeli się np. spuszcza jakiś ciężar wynoszący 159 centnarów z pewnéj wysokości na dół w ten sposób, że się wprzód nawinie linę 3 razy około okrągłego słupa albo wału dobrze umocowanego, to robotnik potrzebuje tylko użyć siły muskularnéj $P = \frac{15900}{530} = 30$ funtów, aby ten ciężar w każdéj chwili, stósownie do potrzeby zatrzymać. Przy zatrzymywaniu statków rzecznych, obwija się także około słupa linę kilka razy, czyniąc to jednakże zwolna, gdyż nagłe wstrzymanie, mogłoby spowodować zerwanie się liny i na szkodę statek narazić.

193. Tarcie krążka stałego. Niechaj Figura 128 wyobraża krążek stały, obracający się w punkcie O; jego ciężar wraz z liną $= M$, jego promień $= R$, promień czopa $= r$, siła $= P$, ciężar zawieszony $= Q$, to ciśnienie normalne na czop będzie: $(P + Q + M)$; jeżeli zaś f jest spółczynnikiem tarcia, to sprawione tarcie w skutek powyższego ciśnienia będzie $= f\,(P + Q + M)$. Że zaś w obecnym przypadku siła P pokonać musi nie tylko ciężar Q ale i tarcie, otrzymamy więc następujące równanie momentów:

$$P\,.\,R = Q\,.\,R + fr\,(P + Q + M), \text{ zkąd}$$

$$(1) \qquad P = \frac{Q\,.\,R + fr\,(Q + M)}{R - fr}.$$

Jeżeli zaś opuścimy ciężar samego krążka, to otrzymamy:

$$(2) \qquad P = Q \cdot \frac{R + fr}{R - fr}.$$

Widzimy tutaj, że niegiętkość sznura nie była wziętą w rachunek; ale gdybyśmy chcieli i niegiętkość do naszego rachunku wprowadzić, to należałoby w powyższém równaniu momentów, ramię drążka ciężaru Q powiększyć o długość $n\,d$ i dopiero wartość na P wyciągnąć.

Przykład. Niechaj ciężar $Q = 500$ funtów, $R = 5$ cali, $r = \frac{1}{2}$ cala, $M = 20$ funtów, spółczynnik tarcia $f = 0{,}05$; przypuszczając że czopy są dobrze nasmarowane, to potrzebna siła będzie:

$$P = 500 \cdot \frac{5 + \frac{1}{2}\,.\,0{,}05}{5 - \frac{1}{2}\,.\,0{,}05} = 505 \text{ funtów.}$$

A więc jak z tego równania widzimy, do pokonania tarcia potrzeba jest tylko 5 funtów siły. Gdybyśmy się jednakże pytali o siłę potrzebną do zrównoważenia ciężaru Q, to należałoby wtedy f wziąść ze znakiem ujemnym i znaleźlibyśmy wtedy wartość na $P = 495$ funtów, gdyż w czasie równowagi tarcie idzie na korzyść siły. Opuściliśmy tutaj ciężar samego krążka.

194. Tarcie na kołowrocie. Na kołowrocie (Fig. 107) niechaj $om = L$ wyobraża ramię drążka siły P; ramię drążka ciężaru Q promień R, to w przypadku równowagi między siłą i ciężarem, otrzymamy następujące równanie momentów:

$$P \,.\, L = Q \,.\, R.$$

w którém pominięte jest tarcie. Jeżeli zaś wprowadzimy tarcie czopów A i B, to takowe równać się będzie $(P + Q + M)$, gdzie M oznacza ciężar kołowrota wraz z linką. Jeżeli więc r znaczy promień czopów, f spółczynnik tarcia, a nd ramię drążka wynikające z niegiętkości sznura, to w takim przypadku, mamy następujące równanie momentów:

$$P \,.\, L = Q\,(R + nd) + fr\,(P + Q + M),$$

zkąd otrzymamy siłę potrzebną do podniesienia ciężaru Q i do pokonania tarcia:

$$(1)\quad P = \frac{Q\,(R + nd) + fr\,(Q + M)}{L - fr}.$$

Z tęgo równania widzimy, że tarcie nie tylko zmniejsza ramię drążka siły P, lecz także ramię drążka ciężaru Q powiększa. Przy takiéj zatém machinie, należy się starać uczynić fr jak najmniejszém, co da się osiągnąć dwojakim sposobem: *a)* nie robiąc czopów zbyt grubych, i *b)* smarując je należycie.

Przykład. Niechaj $Q = 600$ funtów, $R = 5'' = \frac{5}{12}$ stopy, $nd = \frac{1}{3}''$, $f = 0{,}1$, $r = \frac{1}{2}''$, $M =$ funtów, $L = 3$ stopy, jakiéj potrzeba jest siły do pokonania wszystkich oporów? Wstawiwszy liczebne wartości w powyższe (1) równanie, otrzymamy:

$$P = \frac{600 \,.\, \frac{4}{9} + \frac{1}{240} \,.\, 700}{3 - \frac{1}{240}} = 89{,}7 \text{ funtów.}$$

Gdyby żadnego tarcia nie było, to siłę P znaleźlibyśmy z następującego równania:

$$3 \,.\, P = 600 \,.\, \frac{5}{12}, \text{ zkąd } P = 83{,}33 \text{ funtów.}$$

Widzimy tutaj że do pokonania tarcia potrzeba w tym przypadku siły 6,4 funtów.

Gdybyśmy szukali siły potrzebnéj li tylko do zrównoważenia ciężaru potrzebnéj, to w równaniu (1) spółczynnik tarcia f należałoby tylko wziąść ze znakiem ujemnym, gdyż tarcie idzie tu na korzyść siły.

Podany tutaj wzór (1), daje się zastósować wtedy, gdy (Fig. 109) siła P działa w kierunku GP równoległym do AQ. Gdyby zaś siła P działała w kierunku HP, przeciwnym kierunkowi AQ, to siła P nie ciśnie na czopy, zatém w powyższém równaniu momentów należy wstawić $(Q + M - P)$ zamiast $(Q + M + P)$.

195. Tarcie na równi pochyłéj. Przypuśćmy ogólny przypadek (Fig. 129), gdzie siła P' z równią pochyłą tworzy pewien kąt w. W takim razie na przypadek równowagi, będzie:

$$P' \text{ dos } w = Q \text{ wst. } v.$$

Jeżeli jednak chcemy tarcie do tego rachunku wprowadzić; to widocznem będzie, że takowe sprawiać będą tylko siły prostopadłe $OD = Q$. dos v i $mn = P'$ wst v; a ponieważ mn działa w górę, to siła sprawiająca tarcie $= Q$ dos v — P' wst w, a samo tarcie:

$$= f\,(Q \text{ dos } v - P' \text{ wst } v)$$

gdzie f oznacza spółczynnika tarcia; otrzymamy wtedy następujące równanie:

$$(1)\quad P' \text{ dos } w = Q \cdot \text{wst } v + f\,(Q \text{ dos } v - P' \text{ wst } w)$$

$$\text{zkąd } (2)\quad P' = \frac{Q\,(\text{wst } v + f.\text{ dos } v).}{\text{dos } w + f.\text{ wst} w.}$$

I to jest wzór najogólniejszy do obliczania siły na równi pochyłéj z uwzględnieniem tarcia. Widzimy daléj, że jeżeli siła P' (Fig. 129) nie działa do góry lecz na dół, to przez to powiększa się tarcie, i w równaniu (1) wyraz (P' wst w) wypadnie dodatni.

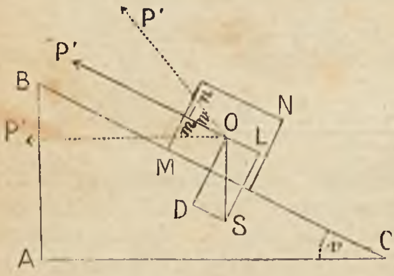


Fig. 129.

Inne dwa przypadki dadzą się łatwo wyprowadzić z równania (2). Przypuśćmy że siła P' działa równolegle do równi pochyłéj, to wtedy $w = 0$, a zatém dos $w = 1$, a wst $w = 0$, ostatnie zatém równanie zamieni się w następujące:

$$(3)\quad P' = Q\,(\text{wst } v + f.\text{ dos } v).$$

Weźmy teraz ten przypadek że siła P' działa równolegle do podstawy równi, to $v = w$, zatém równanie (2) zamieni się w następujące:

$$P' = \frac{O\,(\text{wst } v + f \text{ dos } v)}{\text{dos } v + f \text{ wst } v}.$$

Podzieliwszy to wyrażenie przez dos v, otrzymamy:

$$P' = Q \cdot \frac{f + \text{sty } v}{1 - f \text{ sty } v},$$

gdyż tu wyraz (f wst v) w mianowniku równania (2) należy wziąźć ze znakiem ujemnym. W tém ostatniem równaniu można opuścić funkcyę trygonometryczną sty v, gdyż w trójkącie ABC (Fig. 129) gdy $AC = b$ i $AB = h$, sty $v = \frac{h}{b}$; wstawiwszy tę wartość w równanie powyższe, otrzymamy:

$$(4)\quad P' = Q + \frac{h + fb}{b - fh}.$$

To równanie daje się korzystnie zastosować przy budowie drogi, kiedy np. pomiędzy innemi zachodzi pytanie następujące:

Jak wielki spadek powinna mieć droga, aby pewna liczba koni, mogła pewien ciężar wyciągnąć na niéj do góry? Chcąc to zagadnienie rozwiązać, należy tylko z ostatniego równania wyciągnąć wartość na h, a znajdziemy, że

$$h = \frac{b\,(P - fQ)}{(Q + fP)}.$$

Przykład. Niechaj $Q = 60$ centn. $= 6000$ funtów, $b = 100$ sążni $=$ 600 stóp, $f = \frac{1}{15}$, ciężar ten chcemy 4-ma końmi wyciągnąć na górę, kiedy każdy z nich pracuje z siłą 125 funtów. Jeżeli zatém $P = 500$ funtów, jaki należy dać spadek drodze? Wstawiwszy te wartości w poprzednie równanie, otrzymamy:

$$h = \frac{600\,(500 - \frac{1}{15}\,6000)}{600 + \frac{1}{15}\,500} = \text{blizko } 10 \text{ stóp};$$

t. j. na długość 100 sążni, należy dać 10 stóp spadku, co czyni na jeden sążeń $\frac{6}{5}$ cala spadku.

196. Tarcie śruby. Jużeśmy to wyżéj wskazali, jak się oblicza siła z uwzględnieniem tarcia na równi pochyłéj, nie napotkamy więc najmniejszéj trudności przy obliczeniu siły potrzebnéj do pokonania tarcia i podniesienia ciężaru za pomocą śruby; gdyż śruba niczém inném nie jest, tylko równią pochyłą, nawiniętą na walec, gdzie siła działa równolegle do podstawy równi. W tym celu należy nam tylko użyć formuły (4) z § 195-go, w któréj zamiast b należy wziąźć obwód śruby, a zamiast h wysokość kroku. Jeżeli więc r oznacza promień śruby, to $b = 2\pi r$, a powyższe równanie zmieni się w następujące:

$$P = Q\,\frac{h + 2f\pi r}{2\pi r - fh},$$

wszelako ta siła jest tylko wtedy potrzebna, kiedy siła wywiera bezpośrednio swe działanie na obwód śruby; bo kiedy taż siła działa na ramię drążka $AP = R$ (Fig. 120), w takim razie siła będzie mniejsza, i jeżeli ją przez P' oznaczymy, otrzymamy proporcyę:

$$P : P' = R : r$$

z któréj $P' = P \cdot \frac{r}{R}$, gdzie za P wstawiwszy wartość powyższą otrzymamy:

$$P' = \frac{r}{R} \cdot Q \cdot \frac{h + 2f\pi r}{2\pi r - fh}.$$

Przykład. Za pomocą śruby mamy podnieść ciężar $= 300$ funtów $= Q$; $r = \frac{3}{4}''$, $h = \frac{1}{2}''$, $R = 18''$, a $f = \frac{1}{2}$, jak wielkiéj potrzeba jest siły? Wstawiając wartości liczebne w powyższe równanie, otrzymamy:

$$P' = \frac{3}{4 \cdot 18} \cdot 300 \cdot \frac{\frac{1}{2} + \frac{3}{4} \cdot 3{,}14}{\frac{3}{2} \cdot 3{,}14 - \frac{1}{4}} = 8 \text{ funtów}.$$

Należy nadmienić że stosunek ramion drążka $\frac{r}{R} = \frac{1}{24}$; gdyby bowiem siła działała bezpośrednio na obwodzie śruby, wtedy potrzebaby było siły $24 \times 8 = 192$ funtów.

197. Dane praktyczne podług Bernoullego. Przy śrubach *czterokanciastych*, siła działająca na obwodzie śruby, służąca do zakręcania lub odkręcania takowéj, powinna się równać:

$$P = \frac{f + e}{1 + ef}\,Q;$$

gdzie Q oznacza ciśnienie wzdłuż osi śruby; f spółczynnika tarcia, a e stosunek zachodzący pomiędzy wysokością kroku i średnim obwodem śruby.

Przy śrubach zaś *trzykańciastych*, z powodu zwiększonego tarcia, siła P musi być 6 do 15 procent większą jak przy śrubach czterokanciastych, kiedy inne stosunki pozostaną też same.

Przykład. Przy śrubie żelaznej czterokanciastej, obracającej się w mutrze metalowej, niechaj $f = 0,10$, gdy $e = 0,06$ otrzymamy:

Siłę potrzebną do przykręcania $= \dfrac{0,10 + 0,06}{1 - 0,06 \times 0,10} \times Q = 0,16\ Q$,

zaś siłę do odkręcania potrzebną $= \dfrac{0,10 - 0,06}{1 + 0,06 \times 0,17} \times Q = 0,04\ Q$.

Jeżeli opuszczamy tarcie, to $f = 0$, i wtedy siła potrzebna do przykręcania będzie tylko $= Q \cdot e = 0,06 \cdot Q$. Ma się więc siła przy zakręcaniu bez tarcia do siły przy zakręcaniu z tarciem, jak 0,06 : 0,016 lub 3 : 8.

198. Tabelka wskazująca grubość gwintu trzykanciastego podług *Withwortha.*

Numer gwintu	Grubość śruby w calach angielskich	Liczba gwintów: Na 1 cal długości	Liczba gwintów: Na długość równą grubości śruby	Numer gwintu	Grubość śruby w calach angielskich	Liczba gwintów: Na 1 cal długości	Liczba gwintów: Na długość równą grubości śruby
1	$^1/_4$	20	5	18	$2\,^1/_4$	4	9
2	$^5/_{16}$	18	$5\,^5/_8$	19	$2\,^1/_2$	4	10
3	$^3/_8$	16	6	20	$2\,^3/_4$	$3\,^1/_2$	$9\,^5/_8$
4	$^7/_{16}$	14	$6\,^1/_8$	21	3	$3\,^1/_2$	$10\,^1/_2$
5	$^1/_2$	12	6	22	$3\,^1/_4$	$3\,^1/_4$	$10\,^9/_{16}$
6	$^5/_8$	11	$6\,^7/_8$	23	$3\,^1/_2$	$3\,^1/_4$	$11\,^3/_8$
7	$^3/_4$	10	$7\,^1/_2$	24	$3\,^3/_4$	3	$11\,^1/_4$
8	$^7/_8$	9	$7\,^7/_8$	25	4	3	12
9	1	8	8	26	$4\,^1/_4$	$2\,^7/_8$	$12\,^7/_{32}$
10	$1\,^1/_8$	7	$7\,^7/_8$	27	$4\,^1/_2$	$2\,^7/_8$	$12\,^{15}/_{16}$
11	$1\,^1/_4$	7	$8\,^3/_4$	28	$4\,^3/_4$	$2\,^3/_4$	$13\,^1/_{16}$
12	$1\,^3/_8$	6	$8\,^1/_4$	29	5	$2\,^3/_4$	$13\,^3/_4$
13	$1\,^1/_2$	6	9	30	$5\,^1/_4$	$2\,^5/_8$	$13\,^{25}/_{32}$
14	$1\,^5/_8$	5	$8\,^1/_8$	31	$5\,^1/_2$	$2\,^5/_8$	$14\,^7/_{16}$
15	$1\,^3/_4$	5	$8\,^3/_4$	32	$5\,^3/_4$	$2\,^1/_2$	$14\,^3/_8$
16	$1\,^7/_8$	$4\,^1/_2$	$8\,^7/_{16}$	33	6	$2\,^1/_2$	15
17	2	$4\,^1/_2$	9	—	—	—	—

199. **Tabelka wskazująca grubość gwintu w miarach francuzkich** podług *Bodmera.*

Średnica śruby w millimetrach	Liczba gwintów na 25 millim. długości	Średnica śruby w millimetrach	Liczba gwintów na 25 millim. długości	Średnica śruby w millimetrach	Liczba gwintów na 25 millim. długości
3	50	10	20	26	9
3,5	50	11	20	28	8
4	50	12	17	30	8
4,5	50	13	17	32	7
5	30	14	14,5	34	7
5,5	30	15	14,5	38	6
6	30	16	12,5	42	6
6,5	25	18	12,5	46	5
7	25	20	10	50	5
8	25	22	10		
9	20	24	9		

Dla gwintów czterokanciastych, wysokość kroku bierze się zwykle *dwa razy większą*, jak dla gwintów trzykanciastych, przy téjże saméj grubości śruby.

200. Śruba jako środek mocujący. Niechaj P oznacza siłę ciągnącą w kierunku długości, jaką śruba ma wytrzymać, d średnicę śruby, a R zamiennik *wytrzymałości ciągnienia* na 1 centimetr □ (Fig. 130), to:

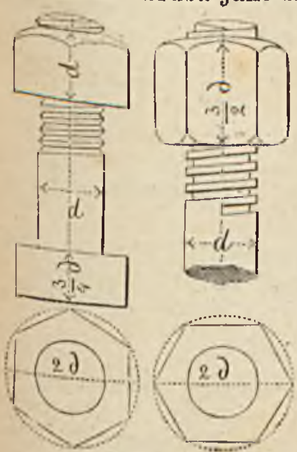


Fig. 130.

$$P = \frac{d^2 \pi}{4} \times R.$$

Z powodu nacięcia gwintów i wielkości przykręcania, aby wytrzymałość pewną była, na wszelki przypadek, bierze się $R = 125$ kilogramów, i wtedy otrzymuje się średnicę śruby $d = 0{,}1 \sqrt{P}$.

Przykład. Na dno cylindra parowego (w maszynie parowéj), ciśnie para z siłą 3600 kilogramów. Dno to czyli pokrywa, przytwierdzona jest za pomocą 8 śrub do kołnierza cylindra parowego, każda przeto śruba ma wytrzymać ciśnienie 450 kilogramów; zatém średnica śruby powinna wtedy wynosić:

$$d = 0{,}1 \sqrt{450} = 2{,}1 \text{ centimetrów.}$$

201. Tarcie klina. Niechaj klin ma postać trójkąta równoramiennego ABC (Fig. 131); niechaj:

P wyraża siłę działającą na łeb klina AB;
Q ciśnienie sprawione przez klin prostopadle na ściany AC i BC;
e stosunek pomiędzy łbem i bokiem klina.
f spółczynnik tarcia wywartego na obiedwie ściany klina.

Czynię $ab = P$, prowadzę ac i ad prostopadle do boków klina i dopełniam równoległoboku $acbd$, to ac i ad przedstawiają ciśnienia boczne Q, jeżeli na tarcie nie mamy względu. Trójkąty ABC i abc są podobne, zatém ma się siła ab do ciśnienia bocznego ac, jak łeb klina AB do jego boku AC. Nie mając względu na tarcie, będzie:

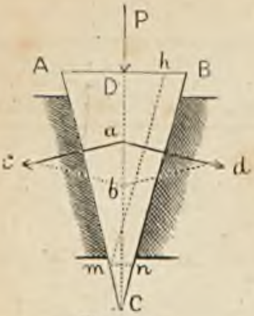


Fig. 131.

$$(1) \ldots P = Q \,.\, e.$$

Tarcie na każdy bok $= Q \,.\, f$. Tarcie to działa w kierunku przeciwnym siły P. Część Qf działająca równolegle z wysokością klina CD, jest w stosunku wysokości do boku mniejszą od Qf, a zatém z każdéj strony $= Qf \frac{CD}{CA}$. Zdwojony ten opór należy dodać do Qe, aby siłę P otrzymać. A zatém:

$$P = Qe + 2\, Qf \frac{CD}{CA}.$$

Zwykle wysokość CD bierze się za bok CA a zatém:

$$(2) \ldots P = O\,(e + 2\, f).$$

Jeżeli klin ucięty jest po linii mn, to prowadzę mh równolegle od CB (Fig. 131) i wtedy $C = \frac{Ah}{Am}$.

Przykład. Chcemy użyć klina dla utwierdzenia koła na wale. Niechaj $AB = 1{,}2$ cm; $mn = 1$ cm; $Am = 16$ cm; i $f = 0{,}30$; to będzie:

$$Ah = 1{,}2 - 1 = 0{,}2\ cm;\ e = \frac{0{,}2}{16} = \frac{1}{80} = 0{,}0125.$$

$$\text{Siła } P = Q\,(0.0125 + 2 \times 0{,}30) = 0{,}6125\ Q;$$

to jest siła P wynosi $61\,^1/_4$ procentów względem ciśnienia bocznego Q; gdybyśmy tarcie pominęli to B wynosiłoby tylko $1\,^1/_4$ procentu względem oporu Q.

Wyskoczenie klina. Jak tylko siła P przestanie na łeb klina działać, zaraz klin usiłuje wyskoczyć. Wtedy tarcie ma miejsce w przeciwnym kierunku. Na przypadek kiedy klin znajduje się w punkcie wyskoczenia, musi być z formuły (2):

$$o = e - 2\, f \text{ lub } e = 2\, f,$$

t. j. stosunek e szerokości łba do wysokości klina musi się równać podwójnemu tarciu czyli $2\,f$. Jeżeli ten stosunek e jest większym od $2\,f$, wtedy klin wyskoczy; jeżeli jest mniejszy, wtedy utrzyma się w tém miejscu, gdzie go siła P pozostawiła. W klinach, gdzie wysokości klina nie można zastąpić bokiem, należy zawsze brać $2\,f \frac{CD}{CA}$ zamiast $2\,f$.

202. Tarcie kół zębatych. Jeżeli dwa koła czołowe zaczepiają o siebie, których linije działu mają za promienie R i r, jedno z nich ma liczbę zębów m, zaś drugie m', gdy dział równa się b, to aby jedno koło za pomocą drugiego poruszyć (nie zwracając uwagi na tarcie zębów), należy do obwodu koła poruszającego przyczepić siłę styczną P'; jeżeli zaś uwzględnimy tarcie, to zapomocą dość skomplikowanego rachunku znajdziemy, że dla pokonania tarcia zębów, do obwodu koła poruszającego należy przyczepić siłę P, siła ta będzie się równać:

$$P = \frac{1}{2} f P' \frac{b\,(R+r)}{R\,r} = f \pi P' \left(\frac{1}{m} + \frac{1}{m'}\right) = f \pi P' \left(\frac{m+m'}{m m'}\right) \quad (1)$$

gdzie f wyraża spółczynnik tarcia zębów, a $\pi = 3{,}1416$.

Ze względu zatém na tarcie, należałoby powyższą siłę P' o P powiększyć, a zatém rzeczywista siła poruszająca będzie: $S = P' + P$.

Dla zazębiania wewnętrznego będzie:

$$P = f \pi P' \left(\frac{1}{m} - \frac{1}{m'}\right) \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (2)$$

gdzie $m' > m$. Zwraca się uwagę, że m' oznacza liczbę zębów w kole poruszającém, zaś m w kole poruszaném. Dla sztangi zębatéj $m' = \infty$, więc $\frac{1}{m'} = 0$, zkąd:

$$P = f \pi P' \, . \, \frac{1}{m} \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (3)$$

203. O stałości. Jakieś ciało pełne BE (Fig. 132), np. bryła kamienia lub téż mur graniczny, stanowiący parkan równoległościenny albo skarpę, spoczywa na podstawie BD. Ciężar owéj bryły niechaj będzie równy P. Siła K działająca w punkcie C na ciało w kierunku poziomym, stara się tę bryłę obrócić około punktu B; jak wielką będzie wtedy siła K?

Wynajduję środek ciężkości S owéj bryły BC i prowadzę przez ten punkt linię pionową SA, to ciężar P działać będzie na dół w kierunku téj linii AS. Wyobraźmy sobie bryłę BC jako drążek z osią obrotu w B, to ramiona jego będą AB dla ciężaru P, a CD dla siły K, zatém w czasie równowagi, będzie:

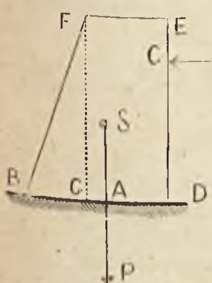


Fig. 132.

$$K \times CD = P \times AB \text{ zkąd:}$$

$$K = P . \frac{AB}{CD}$$

Siła więc K musi być wielka, gdy:

a) Ciężar P jest wielki;

b) Gdy odległość AB jest wielką, t. j. gdy rzut środka ciężkości na podstawę, znajduje się bardzo oddalony od osi obrotu;

c) Gdy odległość CD od podstawy BD jest małą.

Moment statyczny $P \times AB$ w skutek którego ciało na swém stanowisku zostaje, nazywa się jego *stałością*.

Tym sposobem oblicza się stałość muru, filaru, mostu i t. p.

Przykład. Niechaj np. bryła kamienna ma postać (Figury 132); niechaj $AB = 1^m$, $CD = 2{,}5^m$, to siła K starająca się obrócić czyli skantować to ciało około punktu B, musi być przynajmniéj równa:

$$P \times \frac{1}{2{,}5} = 0{,}4 \; P.$$

Ale ten kamień w skutek działania siły K może się także posuwać w kierunku poziomym po swojéj podstawie. Niechaj spółczynnik tarcia kamienia o swoją podstawę $= 0{,}3$, przeto jego opór z tarcia $= 0{,}3 \; P$.

Ten opór jest mniejszy od powyższéj siły K o 0,1 P. Będzie się przeto kamień ślizgał raczéj po podstawie, aniżeli około osi B obracał.

Jeżeli Figura $GDEF$ stanowi mur równoległościenny, to oczywiście punkt A znajdować się będzie w środku GD, to jest pod swoim środkiem ciężkości, który się wtedy w prawo t. j. do środka posunie; jeżeli grubość muru $GD = g$, wysokość jego $GF = w$, a długość $= d$, gdy ciężar gatunkowy tego muru uczynimy $= \gamma$, to miarą stałości S tego muru podług *Weisbacha* będzie:

$$S = g.^2 \; w. \; d. \; \gamma.$$

Dla muru zaś skarpiastego albo z odsadzkami $BDEF$, podaje *Weisbach* na wynalezienie stałości formułę następującą:

$$S = \left(\frac{1}{2} g^2 + n. g. w + \frac{1}{3} n^2 w^2\right) w. d. \gamma$$

gdzie n oznacza spadek na każdą stopę wysokości muru.

Pokazuje się ztąd, iż aby jaka budowla posiadała warunki stałości, jéj środek ciężkości powinien padać na podstawę i nie bardzo się od niéj w górę oddalać. Szczególniejszy przykład stałości, przedstawiają nam: pochyła wieża *Pizańska* we Włoszech na 190 stóp wysoka, którćj środek ciężkości zbacza wprawdzie z linii pionowéj o stóp 12, ale który zawsze na swoją podstawę pada; oraz także wieża w *Bolonii* na 134 stóp wysoka, któréj środek ciężkości od linii pionowéj na 9 stóp zbacza, jednakże wieże te stoją od wieków, będąc podziwieniem świata.

Machiny złożone.

204. Machiny złożone. Machiny złożone są to tego rodzaju przyrządy, które się z machin prostych składają. Celem niniejszego traktatu będzie wykazać, jak się wynajduje stosunek siły do ciężaru przy maszynach złożonych. Ażeby zaś takowy stosunek wykazać, należy przedtém oznaczyć stosunek dla każdéj machiny prostéj, a zestawiwszy je dopiero razem, otrzymamy stosunek siły do ciężaru dla machin złożonych, jak to niżéj obaczymy.

205. Drążek lub dźwignia złożona. System dwóch drążków złożonych, przedstawia nam (Fig. 133).

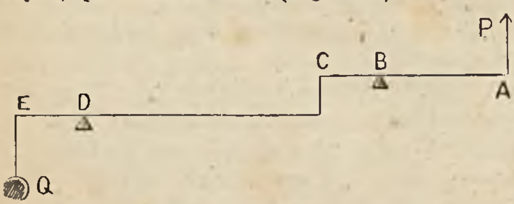


Fig. 133.

Jeżeli siła P działa w punkcie A do góry, to ramię BC w punkcie C wywiera pewne ciśnienie P' na dół, skutkiem czego ciężar Q zawieszony na drugim końcu tego drążka utrzyma się w równowadze.

Podług praw wyżéj podanych dla drążka CA:

$$P : P' = BC : AB.$$

A dla drążka CE:

$$P' : Q = ED : CD.$$

ponieważ ciśnienie P' dla drugiego drążka zarazem siłę stanowi. Zestawiwszy razem te dwie proporcye, otrzymamy:

$$P : Q = BC \times ED : AB \times CD$$

to jest, przy drążku złożonym ma się siła do ciężaru, jak iloczyn z ramion drążka leżących od strony ciężaru, do iloczynu z ramion drążka leżących od strony siły.

Przykład. Gdyby $DC = AB = 3$ stopy i $ED = CB = \frac{1}{2}$ stopy, zaś $P = 50$ funtów, zachodzi pytanie, jak wielki należy zawiesić ciężar Q aby za pomocą owéj siły utrzymał się w równowadze?

Weźmy w tym celu wartość na Q z proporcyi powyższéj; a otrzymamy:

$$Q = P.\frac{AB \times DC}{BC \times ED}.$$

Wstawiając w to równanie wartości liczebne, otrzymamy:

$$Q = 50 . \frac{3 . 3}{\frac{1}{2} . \frac{1}{2}} = 50 \times 36 = 1800 \text{ funtów.}$$

A zatém do zrównoważenia ciężaru 1800 funtów za pomocą tego drążka, potrzeba jest tylko siły 50 funtów.

206. Waga dziesiętna. Gdybyśmy chcieli ważyć przedmioty wielkiéj objętości i wielkiéj ciężkości, to waga kramarska (Fig. 99 str. 123) przedstawiałaby niezmierne trudności, należałoby bowiem w tym celu urządzić kolosalne rusztowanie i używać bardzo wielkich ciężarów. Te obie niedogodności usunęli pp. *Rolle* i *Schwilgue* mechanicy francuzcy w *Strasburgu*, wprowadzając w użycie wagi przenośne dziesiętne, bez których dzisiaj żaden zakład przemysłowy i handlowy obejść się nie może.

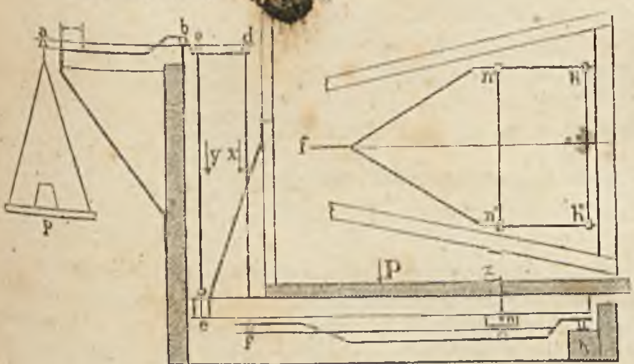


Fig. 134.

Machinę taką przedstawiają nam (Figury 134 i 135). Figura 134 przedstawia mechanizm wewnętrzny téj wagi, zaś Figura 135 wyobraża wagę od zewnątrz w widoku perspektywicznym.

Linije ad, en i fh stanowią 3 drążki. Drążek en jest zawsze poziomym, podczas gdy dwa inne obracają się. Dla tego cztery ostrza a, b, c, d muszą leżeć na jednéj linii, a 5 ostrzów f, n', h', h'', n'' drążka widełkowatego fh (obacz rzut poziomy) muszą się znajdować na jednéj płaszczyźnie.

Jeżeli p jest ciężarem położonym na ważce;

jeżeli P oznacza ciężar ciała ważonego, z, y, siły za pomocą których ciężar P sprawia ciśnienie na podpory n i e.

x jeżeli jest siłą ciągnącą po kierunku pręta df, to nastąpi równowaga, dla drążka ad, gdy $p \times ab = y \times be + x \times bd$ (1)

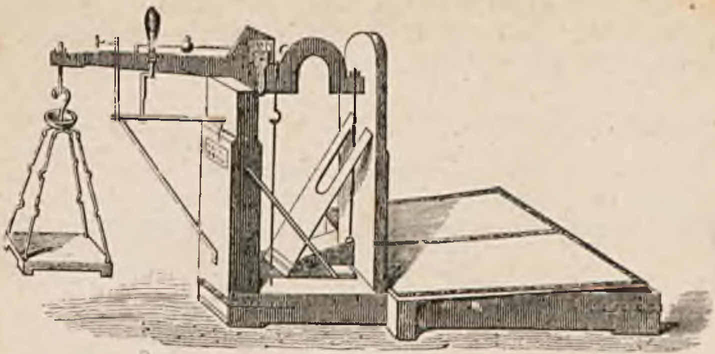


Fig. 135.

dla drążka hf, gdy $x \times fh = z \times nh$ (2)

Wstawiwszy wartość za x z równania (2) w równanie (1) i podzieliwszy go następnie przez ab, otrzymamy:

$$p = y \cdot \frac{bc}{ab} + z \frac{nh}{fh} \times \frac{bd}{ab} \dots\dots \text{(3)}$$

Aby zaś drążek en a zatém i deska na któréj ciężar P spoczywa został równoległym do pierwotnego kierunku, musi być:

$$\frac{nh}{fh} = \frac{bc}{db}.$$

W tym razie formuła (3) zamieni się na:

$$p = y \frac{bc}{ab} + z \frac{bc}{ab} = (y + z) \frac{bc}{ab};$$

a ponieważ $y + z = P$; daléj $\frac{p}{P} = \frac{bc}{ab}$.

Że zaś w wadze dziesiętnéj zachodzi stosunek:

$$bc : ab = 1 : 10; \text{ więc}$$

$$p = 0{,}1 \ . \ P.$$

207. Waga setna. Do ważenia bardzo wielkich przedmiotów w fabrykach, jako to: lokomotyw, wagonów, mostów, kotłów parowych, słowem wszelkiego rodzaju ciężkich machin, oraz obładowanych wozów po fabrykach cukru, browarach, gorzelniach i bydła w rzezalniach, używa się wag setnych czyli pomostowych, albowiem wozy z ciężarami i bydło wprowadzać na nie można. Taką wagę setną albo pomostową przedstawiają nam (Figury 136 i 137). Figura 136 przedstawia konstrukcyę wewnętrzną, figura zaś 137 przedstawia wagę setną od zewnątrz, w widoku perspektywicznym, na którą wprowadzono brykę.

Pod pomostem A (Fig. 136) na którym ustawia się przedmiot który chcemy zważyć, znajduje się drążek de z osią poziomą w d. Symetrycznie z owym drążkiem leżą dwa widełkowate drążki cnn', których osi nn', nn' znajdują się w płaszczyźnie pozioméj, i których końce spotykają się z drążkiem de w punkcie c. Ciężar leży na czterech ostrzach w m, m', m, m'; przez co ciśnie na dół drążek de w punkcie c. Pręt ef wznosi się pionowo do góry obracając drążek fh w punkcie g około osi pozioméj.

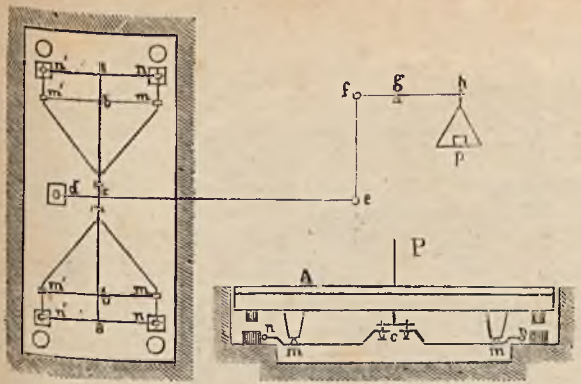


Fig. 136.

Niechaj P oznacza ciężar leżący na wadze, y ciśnienie w c przez ten ciężar sprawione, x siłę ciągnącą po kierunku pręta ef, i p ciężar położony na szalce, zawieszonéj w punkcie h.

Poprowadziwszy linię prostą cba prostopadle do nn', to w czasie równowagi, będzie:

dla drążka fh . . . . $p \times gh = x \times fg$

„ de . . . . $x \times ed = y \times cd$

„ cn . . . . $y \times ca = P \times ba$.

Pomnożywszy te trzy równania przez siebie, a następnie podzieliwszy iloczyn przez xy, otrzymamy:

$$p \times gh \times ed \times ca = P \times fg \times cd \times ba \text{ lub:}$$

$$\frac{p}{P} = \frac{ba}{ca} \times \frac{cd}{ed} \times \frac{fg}{hg}.$$

Chcąc wagę setną z tego rachunku otrzymać, można np. wziąźć:

$$\frac{p}{P} = \frac{13}{99} \times \frac{9}{65} \times \frac{11}{20} = \frac{1}{100} \text{ lub:}$$

$$\frac{p}{P} = \frac{1}{7} \times \frac{1}{8} \times \frac{14}{25} = \frac{1}{100}.$$

Wybrawszy sobie dwa stosunki, można z nich trzeci obliczyć.

Weźmy np. dwa pierwsze stosunki $\frac{1}{6}$ i $\frac{1}{8}$, a znajdziemy łatwo trzeci stosunek x.

$$\frac{1}{6} \times \frac{1}{8} \times x = \frac{1}{100} \text{ zkąd}$$

$$x = \frac{6 \times 8}{100} = \frac{48}{100} = \frac{12}{25}.$$

Na (Figurze 137) widzimy pomost, a na nim wóz ustawiony, który chcemy zważyć. Daléj widzimy pręt żelazny pionowy, komunikujący górnym końcem z drążkiem fh w punkcie f, a drugim dolnym z drążkiem de w punkcie e. Drążek czyli wahadło fh wspiera się tu w punkcie g na że-

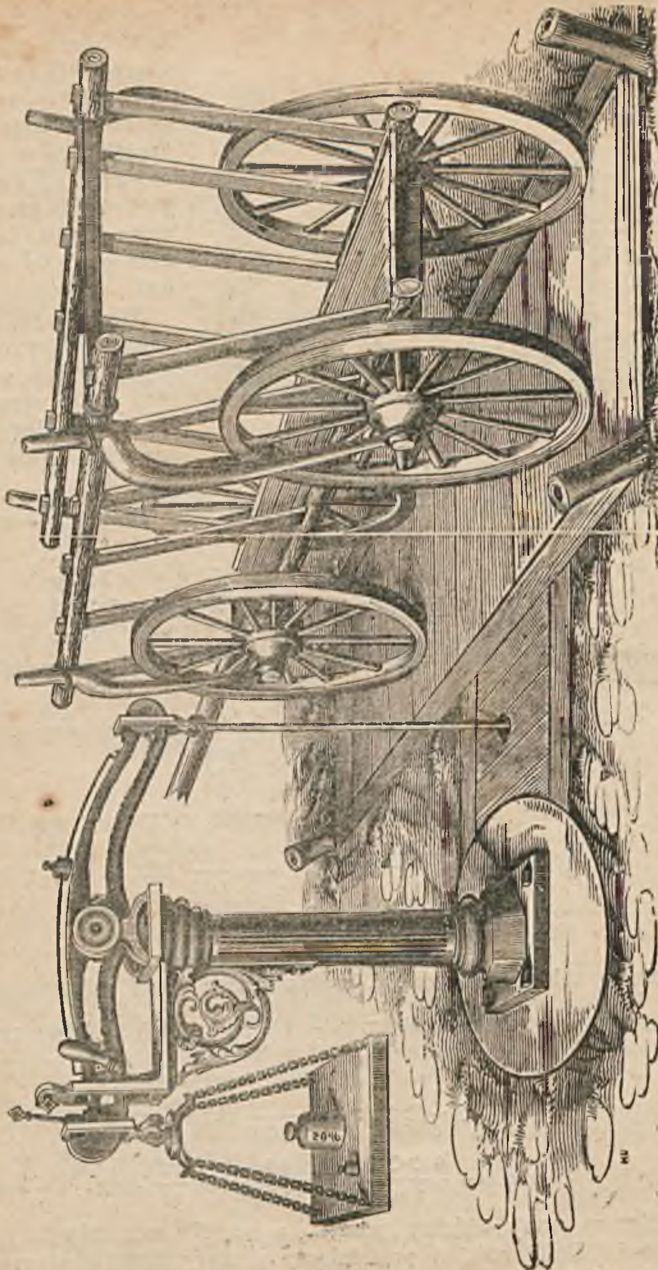


Fig. 137.

laznym lanym filarze. W końcu owego wahadła t. j. w punkcie h zawieszona jest szalka, na którój położone są dwa ciężary, jeden jak widzimy 20 funtów a drugi 5 funtów czyli razem 25 funtów; zatém bryka, kiedy waga znajduje się w równowadze, ważyć będzie 25 $\times$ 100 = 2500 funtów czyli 25 centnarów.

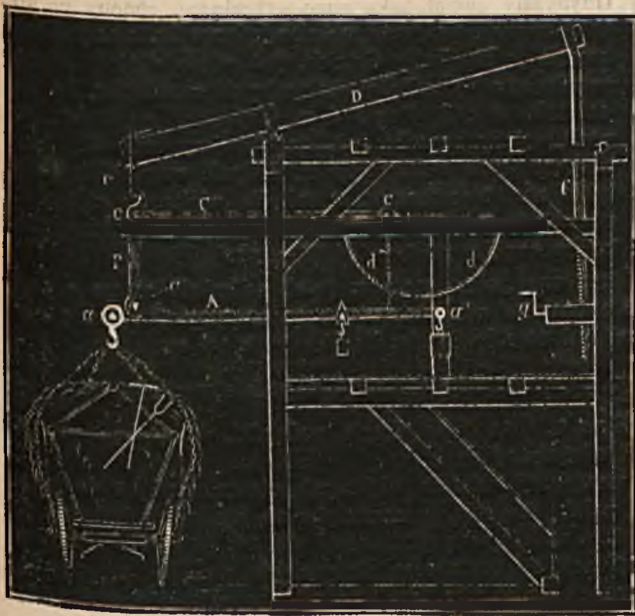


Fig. 138.

208. Waga gospodarska. Opisaliśmy tutaj wagi używane po wielkich fabrykach. Obecnie opiszemy wagę używaną po wsiach, w zagranicznych gospodarstwach postępowych. Waga ta wykonaną być może przez majstrów miejscowych, a zatém jest tańszą od poprzedzających, co jest ważną rzeczą dla oszczędnego rolnika.

Bardzo często zdarza się potrzeba w racyonalném gospodarstwie wiejskiem, dowiedzieć się o wadze obładowanego wozu sianem, zbożem lub innymi produktami. Urządzenie proste i dokładne, zupełnie celowi swemu odpowiadające, przedstawia nam (Fig. 138), wyobrażająca tak zwaną *wagę gospodarską.*

Najważniejszą częścią składową téj wagi, jest *przeźmian A* czyli *waga rzymska*, na str. 124 szczegółowo opisana. Waga ta znajduje się w zabudowaniu drewnianém pod dachem. Zawieszona jest na żelaznym haku B. Za pomocą sztangi C wspartéj na krążku c biegającym po kolei drewnianéj, można tę wagę na zewnątrz budowli wysuwać, ciągnąc za linę dd' od d ku d'. Kiedy belka C wysuniętą zostanie z budynku, hak c na końcu téjże umieszczony, sam wpada w ucho żelazne e wiszące na końcu drąga drewnianego D. Na krótszém ramieniu przeźmianu A, w punkcie a zawieszone są cztery łańcuchy, dla schwycenia wozu za osie, znajdującego się na zewnątrz budynku.

Ucho e i całą dźwignię drewnianą D można tak wysoko w górę podnieść, że koła wozu, nie będą ziemi dotykać. Do podnoszenia téj dźwigni, służy sztanga zębata f i korba g opatrzona dwoma kołami zębatemi i śrubą, który to przyrząd na większą skalę, przedstawia (Figura 139). Po ukończonéj czynności ważenia, znowu dźwignia D opuszcza się na dół, aby koła wozu stanęły na ziemi. Łańcuchy zdejmują się z osi wozu, przeźmian za pomocą opisanego przyrządu C wsuwa się w budynek, aby go od szkodliwych wpływów atmosferycznych ochronić.

Fig. 139.

Obładowany wóz, waży od 60 do 100 centnarów. Gdybyśmy chcieli taką wagę wybudować choćby na 60 centnarów, i otrzymać różnice jednego funta za pomocą kresek jedną linię długich, już wtedy dłuższe ramię przeźmianu wypadłoby kolosalnych rozmiarów, bo na 41 stóp 8 cali długie i odpowiedniéj ciężkości, co pociągnęłoby za sobą wielkie rozmiary budowli. Aby uniknąć tych niedogodności, długość wagi, oblicza się tylko na 10 centnarów, a zaś dla większych ciężarów, używa się tak zwanego *przeciwciężaru* zawieszonego na końcu wagi, w punkcie a' (Fig. 138).

Jeżeli ciężar ruchomy waży jeden centnar, jeżeli odległość ostrza o pod hakiem B, od ostrza a na którém wóz wisi, równa jednéj stopie, to ramię $o\,a'$ licząc od punktu o musi być 10 stóp długie, dla odważenia 10 centnarów. Podzielenie skali na stopy, daje całkowite centnary, a podzieliwszy ją na $\frac{10}{1100}$ części czyli na 1,‴ 31 (linii) długie podziałki, które będą dosyć wyraźnemi, otrzymamy funty.

Fig. 140.

Aby umożebnić ważenie większych ciężarów od 60 do 100 centnarów, należy zawiesić przeciwciężar na końcu przeźmianu t. j. w punkcie a', a zaś dla przewyższszek nad 60, 70, 80 i 90 centnarów t. j. w granicach 10 centnarów, służy *ciężar ruchomy* wiszący na drążku i mogący się na nim tam i nazad posuwać (Obacz § 161, str. 124).

Przyrząd na którym jest zawieszony ciężar ruchomy czyli latający, wyobraża (Figura 140) wykonana na większą skalę. Dwa krążki a a' ułatwiają posuwanie się ciężaru po drążku, a pion b w górze umieszczony, wskazuje, czy przeźmian stoi do poziomu.

209. **Śruba bez końca.** Zastósowanie śruby bez końca widzieliśmy już na Figurze 139-téj. Machinę tę na większą skalę przedstawia (Fig. 141). Na rysunku widać, że śruba AB za pomocą korby AD poruszana, zaczepia przy E o zęby koła CE, a posuwając te zęby, tém samém koło w ruch wprawia. Z tém kołem obraca się jednocześnie i walec C, na który nawinięta linka dźwiga ciężar Q do góry. Z tego opisu widzimy, że ta machina składa się z dwóch machin prostych, to jest ze śruby i kołowrota. Jeżeli więc r znaczy promień śruby, długość korby $AD = L$, wysokość kroku śruby $= h$, promień koła $EG = R$, wału $C = r'$ i siła wywierająca działanie na korbę $= P$, to na zasadzie znanych nam prawideł, otrzymamy dwie następne proporcye:

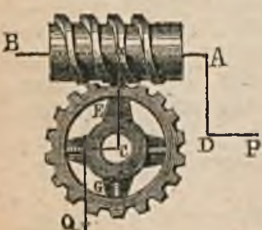


Fig. 141.

$$P : P' = h : 2\pi \,.\, L, \quad \text{i}$$
$$P' : Q = r' : R,$$

gdzie P' wyraża siłę działającą przy E. Jeżeli te dwie proporcye zestawimy razem, to otrzymamy:

$$P : Q = hr' : 2\pi . R . L.$$

Proporcya ta wyraża szukany stosunek siły do ciężaru.

Przykład. Jeżeli $h = 1''$, $L = 1{,}5$ stopy $= 18$ cali, $R = 2' = 24$ cali, $r' = 4$ cali, to wstawiwszy te wartości w proporcyę powyższą, otrzymamy:

$$P : Q = 4 : 2 \times 3{,}14 \times 24 \times 18 = 1 : 678,$$

t. j. bez względu na tarcie, można za pomocą téj machiny utrzymać w równowadze 678 funtów, kiedy siła równa się tylko jednemu funtowi; zkąd się pokazuje, że ta machina posiada nadzwyczajny skutek, ale zarazem widzimy, że podnoszony ciężar Q odbywa ruchy nadzwyczajnie wolne. Gdyż przypuściwszy, że koło EG ma zębów 120, iż za każdym obrotem korby AD posuwają się trzy zęby, to potrzebaby $\frac{120}{3} = 40$ obrotów, aby się koło EG oraz wał C raz obróciły; zkąd się pokazuje, że po 40 obrotach korby AD, ciężar Q przebiegnie drogę równą obwodowi wału C. Aby jednak oznaczyć czas w jakim ciężar Q robi ową drogę, przypuśćmy że $AD = 1\frac{1}{2}$ stopy, że człowiek obraca korbę z prędkością 3 stóp na sekundę, to droga opisana równać się będzie $\pi . 3 = 3{,}14 \times 3 = 9{,}42$ stóp; człowiek więc potrzebuje $\frac{9{,}42}{3} = 3{,}14$ sekund do jednego obrócenia korby, a zatém do zrobienia 40 obrotów potrzeba jest 125 sekund, lub dwóch minut czasu. Jeżeli daléj promień wału $= 4$ cale $= \frac{1}{3}$ stopy, to jego obwód $= 3{,}14 \times \frac{2}{3} = 2{,}1$ stóp, i to jest droga jaką robi ciężar Q w przeciągu dwóch minut. Widzimy więc, że ta prędkość jest niezmiernie mała, i że pracując taką machiną, zyskuje się wprawdzie na sile, ale się za to wiele na czasie traci.

210. Wielokrążki albo wielokluby. Każdy system krążków czyli bloków stałych i ruchomych połączonych z sobą liną, nazywa się *wielokrążkiem* albo *wieloklubem*. Taki system pojedyńczy przedstawia (Figura 142), składający się z jednego krążka ruchomego AB a drugiego stałego eg. Haki d, d służą do utwierdzenia całéj machiny, do dolnego zaś haka, mocuje się jeden koniec liny, i przeprowadza się ją najprzód przez krążek ruchomy AB, następnie przez krążek stały eg; na drugi koniec téjże liny działa siła P, gdy na haku krążka ruchomego, zawieszony jest cięzar Q. Stosunek siły do ciężaru, jest tu bardzo łatwo oznaczyć. Jeżeli Q jest ciężarem dźwiganym, a N ciężarem krążka ruchomego, to $(Q + N)$ będzie całkowitym ciężarem dźwiganym przez dwie części liny Ad i Be; na każdą więc część téj liny połowa ciężaru przypada, t. j. $\frac{Q+N}{2}$ i tak samo wielką musi być siła P dla utrzymania ciężaru w równowadze. A przeto będzie:

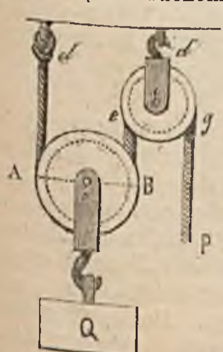


Fig. 142.

$$P = \frac{Q + N}{2}, \text{ lub } 2P = Q + N$$

a ztąd: $P : (Q + N) = 1 : 2.$

To jest, w maszynie tego rodzaju ma się siła do ciężaru, jak 1 do liczby lin natężonych. $\frac{Q+N}{2}$ można uważać jako natężenie części liny $A\,d$ i $B\,e$.

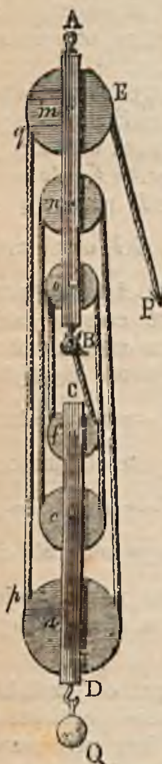


Fig. 143.

211. Aby się lepiéj przekonać, iż to prawidło da się zawsze zastósować, z iluby się krążków wieloklub nie składał, weźmy wieloklub wyobrażony na (Figurze 143), który jak widzimy, składa się z trzech krążków stałych i trzech ruchomych. Trzy krążki ruchome f, e, d, umieszczone są w żelaznéj osadzie CD, opatrzonéj w dole hakiem, na którym zawieszony jest ciężar Q.

Stałe zaś 3 krążki m, n, o, umieszczone są w osadzie również żelaznéj AB, zakończonéj z obu stron hakami, z których górny A służy do utwierdzenia machiny, zaś dolny B do umocowania jednego końca liny, na drugim końcu któréj, działa siła P.

Aby i tutaj oznaczyć stosunek siły do ciężaru, widzimy, że ciężar Q wraz z osadą na któréj jest zawieszony, dźwigany jest przez sześć części liny, każda więc z tych części natężona jest przez szóstą część całkowitego ciężaru. Jeżeli zatém N jest ciężarem dolnéj osady z krążkami, to $\frac{Q+N}{6}$ wyrażać będzie natężenie każdéj części liny; że jednak część liny EP na którą siła P wywiera działanie i część liny $p\,q$, ma to samo natężenie, przeto $\frac{Q+N}{6}$ jest zarazem siłą potrzebną do równowagi; będziemy zatém mieli równanie:

$$P = \frac{Q+N}{6}, \text{ zkąd:}$$

$$P : (Q + N) = 1 : 6.$$

Proporcya ta znowu nam wskazuje, że przy wieloklubie ma się siła do ciężaru jak jedność do liczby lin natężonych. Za pomocą téj machiny ciężar 6 centnarów, utrzyma w równowadze siła równająca się 1 centnarowi.

212. Lecz najczęściéj widzimy w użyciu *wieloklub* przedstawiony na (Figurach 144 i 145), gdzie nie ma krążków rozmaitéj średnicy ponad sobą ustawionych, jak to przedstawia (Fig. 143), ale wszystkie krążki mają jednaką średnicę, umieszczone są obok siebie w jednéj mufie czyli osadzie i na jednéj osi. Korzyści tego urządzenia są widocznemi, gdyż wielka długość osad jak poprzednio jest tu niepotrzebna, przezco wieloklub ruchomy B można więcéj zbliżyć do wielokluba stałego A, a zatém ciężar Q podnieść daleko wyżéj, aniżeli za pomocą wielokluba na (Fig. 143) przedstawionego. Ponieważ jednak w gruncie rzeczy, pomiędzy tą machiną a poprzednią żadna nie zachodzi różnica, zatém stosunek siły do ciężaru w czasie równowagi, będzie tutaj taki sam, jak i poprzednio.

Przypuściwszy więc, że dolny wieloklub B posiada 3 krążki ruchome, a wieloklub górny A ma 3 krążki stałe, przeto ciężar $Q + N$ utrzymuje 3 jednakowo natężonych linek, a każde to natężenie $= \frac{Q+N}{6}$, gdzie N oznacza ciężar trzech krążków dolnych wraz ze swoją osadą. Tak samo natężona jest i lina AP. W czasie więc równowagi będzie, pomijając tarcie czopów i niegiętkość liny:

$$P = \frac{Q+N}{6}, \text{ czyli :}$$

$$P = (Q+N) = 1 : 6.$$

Przez co prawidło powyższe, jeszcze się raz potwierdza.

Fig. 144.

Fig. 145.


Fig. 146.

213. Wieloklub łańcuchowy. Przy podnoszeniu wielkich ciężarów i kiedy wielokluby wystawione są przez dłuższy czas na działanie zmiennéj atmosfery, zamiast liny *konopnéj* zaczęto używać łańcuchów z ogniwami eliptycznemi (Fig. 146). Ale w takim razie krążki muszą być opatrzone rowkami odpowiadającemi ogniwom łańcucha. Ważna bardzo okoliczność przemawia za łańcuchami, albowiem ogniwa pomiędzy sobą i na krążku daleko mniejsze sprawiają tarcie od niegiętkości liny konopnéj. Liny druciane, wymagają oczywiście krążków o bardzo wielkiéj średnicy, dla uniknienia tarcia z niegiętkości ich wynikającego. W wieloklubach linowych znajdują się najwyżéj 4 krążki, dla uniknienia szkodliwych oporów, ale za to w wielokrążkach łańcuchowych, liczba ich może być większą.

214. Wieloklub różnicowy. W roku 1861 inżynier *Weston* wynalazł, a fabrykant angielski *Ransome*, najpierwszy wykonał wieloklub łańcuchowy, tak nazwany *różnicowy*, szczegółowo przedstawiony na (Figurach 147, 148 i 149), sprawiający bardzo małe tarcie. Zasada jego jest ta sama co i windy różnicowéj, którą (Fig. 110) wyobraża, a którą opisaliśmy na str. 131.

W górnym wieloklubie znajdują się na téj saméj osi dwa łańcuchowe krążki a i b o różnych średnicach (na Fig. 147 przez D i D' nazwanych); obadwa opatrzone są rowkami i karbami odpowiadającymi ogniwom łańcucha, o które też ogniwa zaczepiają. Krążek luźny c, na którym zawiesza się ciężar Q, wisi na łańcuchu bez końca, opasującym wszystkie trzy krążki a, b, c w ten sposób, że siła P ciągnąć może za łańcuch f luźny, na zewnątrz wiszący.

Fig. 148.

Fig. 147. Fig. 149.

W czasie równowagi będzie:

$$P \,.\, D\pi = \frac{Q}{2}\pi D - \frac{Q}{2}\pi D'$$

zkąd:

$$P = \frac{Q}{2}\left(1 - \frac{D'}{D}\right).$$

Biorąc z *Ransomem* $\frac{D'}{D} = \frac{10}{11}$ (to jest dając większemu krążkowi 22, a mniejszemu 20 karbów, o które zaczepiają się ogniwa łańcucha), otrzymamy wtedy:

$$P = \frac{1}{22} Q;$$

czyli że dla równowagi potrzeba jest 22 razy mniejszéj siły od ciężaru; nie zwracając jednak baczenia na szkodliwe opory.

215. Użycie wieloklubów przy podnoszeniu ciężarów na bardzo wielką wysokość, ma tę niedogodność, iż liny do tego potrzebne, muszą być niezmiernie długie. Jeżeli bowiem w wieloklubie sześciokrążkowym, siła działać będzie na téj saméj wysokości co ciężar, wtedy długość liny musi być równa 7 razy wziętéj wysokości do jakiéj ciężar podnieść chcemy, powiększonéj 6 razy wziętą grubością kluby.

Przy wyborze krążków i lin, należy zwracać uwagę na następujące okoliczności:

1) Aby krążki metalowe lub z twardego drzewa były o dużéj średnicy, aby liny przez gwałtowne zginanie się nie pękały, a czopy o ile się da, aby były jak najcieńsze.

2) Aby krążki szczelnie pasowały w klubach, dla zapobieżenia wyskoczeniu liny z rowka i wpadnięciu jéj pomiędzy krążek i osadę.

3) Aby lina do ciągnienia w wieloklubach używana, była cienką, gładką i bez węzłów, dla tego, aby dobrze do obwodu krążka przylegała.

4) Mokrych i smolonych lin należy unikać, gdyż się bardzo wyciągają i są niegiętkiemi.

5) Do grubych lin należy zawsze używać krążków o wielkiéj średnicy, aby się bardzo nie wyginały.

Przy podnoszeniu ciężarów, za każdém pociągnięciem liny, należy takową dobrze w rękach trzymać, ażeby ciężar nie opadł; a więc za każdém pociągnięciem liny, potrzeba tyle siły użyć, aby taż siła z ciężarem pozostała w równowadze.

Dobrze i z dobrego materyału ukręcona lina, może z wszelkiem bezpieczeństwem znieść ciężar, jak następuje:

kiedy obwód jéj wynosi	6''' (linij czyli 12 milimetrów)	200	funtów,
„	8''' (16^{mm}).	300	„
„	10''' (20^{mm}).	500	„
„	12''' (24^{mm}).	800	„
„	16''' (32^{mm}).	1000	„
„	20''' (40^{mm}).	2000	„
„	24''' (48^{mm}).	3000	„

Bouguer podaje prawidło na wynalezienie ciężaru liny takie: Kwadrat z obwodu sznura w centymetrach, pomnożyć przez długość sznura w metrach, a iloczyn rozdzielić przez 107, a otrzymamy ciężar liny w kilogramach.

Np. Sznur ma obwodu 10 centymetrów, a długości 60 metrów; kwadrat z 10 będzie 100, mnożąc przez 60, będzie 6000, dzieląc przez 107, otrzymamy około 56 kilogramów jako ciężar liny.

Tenże sam *Bouguer* na wytrzymałość sznura podaje następujące prawidło: Obwód sznura w centymetrach podnieść do kwadratu, a ten rozmnożyć przez 38, wypadnie ztąd ciężar w kilogramach, jaki sznur znieść może. (Obacz: *Teorya machin* przez Fr. *Miechowicza*, nauczyciela szkoły mechaników w b. Liceum Krzemienieckiem).

216. Rusztowanie pod krążki i wielokluby, oraz kombinacya wieloklubu z kołowrotem. Mając wielkie ciężary podnosić do góry, częstokroć nie mamy stałego przedmiotu, dla umocowania górnego krążka lub wieloklubu, w takim to razie ustawia się odpowiednie rusztowanie. Jeżeli mamy ciężar podnieść pionowo, ale nie bardzo wysoko, ustawiają się naprzeciwko siebie trzy belki drewniane w ten sposób, aby na dole utworzyły trójkąt równoboczny, w górze zaś zwięzują się razem liną, lub też łączą z sobą zapomocą mocnego żelaznego sworznia. U góry mocuje się wieloklub stały, a pod nim ruchomy; jeżli niema wieloklubu, wiesza się kilka krążków w górze i tyleż na dole, co stanowić będzie wieloklub.

Figura 150 przedstawia takie urządzenie, które się pospolicie nazywa *kozłem* lub *trójnogiem*. Wolny koniec liny idący z krążków wieloklubu górnego, nawija się na wał koła, osadzonego na dwóch ramionach trójnoga, a z obwodu tegoż koła inna znowu lina, komunikuje z wałem kołowrota pionowego. Przy czterech ramionach drążków przechodzących przez głowę wału, ustawieni robotnicy, nadają ruch téj machinie i dźwigają kamień złączony z wieloklubem dolnym zapomocą szczypców żelaznych. Łatwo tu jest dostrzedz, iż zapomocą tego urządzenia, czyli zapomocą kombinacyi wieloklubu z kołowrotem, przy małej sile, bardzo wielkie ciężary podnosić można.

Marek *Vitruviusz* Weroneńczyk, w czasach narodzenia Chrystusa żyjący, w swojem sławném dziele „O budownictwie,“ opisuje już podobną machinę, używaną przez Rzymian przy wznoszeniu wielkich budowli; a ruiny świątyni w *Baalbek*, 15 do 16 godzin od *Damaszku*, dziś jeszcze świadczą, jak olbrzymie kamienie za czasów *Trajana* (98 — 117 r. po Chrystusie) umiano z łomów sprowadzać i do 20 stóp w górę podnosić; chociaż niektóre z nich ważą od 7,200 do 20,000 centnarów angielskich.

Fig. 150.

Przypuśćmy, że wieloklub ma 4 krążki stałe A i 4 ruchome C; ma więc 8 lin natężonych. Jeżeli drążek $OP = L$, promień wału $= r$, gdy siła P zrobi obrót, to lina opasze wał długością $2\pi r$; a ponieważ ta długość rozdziela się na 8 części natężonéj liny, przeto każda z nich skróci się o $\frac{2\pi r}{8}$ i o takąż ilość podniesie się ciężar Q do góry, kiedy siła P odbyła drogę w tym czasie $= 2\pi L$. Ponieważ siła do ciężaru ma się w odwrotnym stosunku do dróg w tym samym czasie odbytych, będzie więc:

$$P : Q = \frac{2\pi r}{8} : 2\pi L, \text{ lub}$$

$$P : Q = r : 8\,L \text{ zkąd w czasie równowagi:}$$

$$P = Q\,\frac{r}{8\,L}, \text{zaś } Q = P\,.\,\frac{8\,.\,L}{r}.$$

Pierwsze równanie daje siłę, gdy mamy ciężar wiadomy; drugie zaś równanie daje ciężar, mający być przez daną siłę zrównoważony.

Przykład. $L = 4$ stopy, $r = 4''$ (cale) $= \frac{1}{3}$ stopy. Wstawiając te wartości w pierwsze powyższe równanie, będziemy mieli:

$$P = Q \cdot \frac{1}{3 \times 8 \times 4} = \frac{1}{96} Q;$$

t. j. siła wynosi tylko 96-tą część ciężaru w czasie równowagi.

217. **Koła zębate.** Koła zębate mają przeznaczenie przenosić ruch obrotowy z jednego wału na drugi.

Taką maszynę z kołami zębatemi, przedstawia nam (Fig. 151); składa się ona jak widzimy z dwóch kół zębatych i dwóch bębnów. Łatwo jest zrozumieć działanie owéj maszyny. Siła P obracając koło BL około swéj osi C, wprawia w ruch obrotowy tryb AD, którego zęby zaczepiają o zęby koła zębatego GH, przezco to ostatnie obraca się również na około swéj osi O, a tém samém lina LQ nawijając się około bębna LI, ciężar Q do góry podnosi.

Maszyna więc ta, składa się z dwóch maszyn prostych, z których każda oddzielnie wzięta, jest *kołowrotem*. Stosunek siły do ciężaru, wynajduje się tutaj w sposób następujący. Niechaj promień $BC = R$, $AC = r$, a przy D pokonywany opór $= P'$, to otrzymamy dla pierwszego kołowrota proporcyę:

$$P : P' = r : R.$$

Fig. 151.

Ponieważ zaś opór P' można uważać jako siłę dla drugiego kołowrota, jeżeli $DO = R'$, i $LO = r'$, to dla drugiego kołowrota, otrzymamy proporcyę następującą:

$$P' : Q = r' : R'.$$

Zestawiając te dwie proporcye razem, otrzymamy następujący stosunek:

$$P : Q = rr' : RR'.$$

To jest że w kołach zębatych ma się siła do ciężaru, jak iloczyn z promieni trybów do iloczynu z promieni kół zębatych. Z ostatniéj proporcyi będzie:

$$(1) \qquad P = Q \frac{rr'}{RR'}.$$

Przykład. W maszynie tego rodzaju $R = R' = 5$ stóp $= 60$ cali, $r = r' = 6$ cali $= \frac{1}{2}$ stopy, jak wielką będzie siła P do zrównoważenia ciężaru Q potrzebna? Podstawiwszy te wartości w równanie (1) otrzymamy:

$$P = Q \frac{\frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2}}{5 \cdot 5} = \frac{1}{100} Q.$$

To jest siła równa się setnéj części dźwiganego ciężaru. Gdyby $Q = 5000$ funtów, to $P = 50$ funtów.

218. Gdyby przy kołach zębatych danym był stosunek siły do ciężaru, łatwo byłoby obliczyć zapomocą równania (1) wymiary promieni obudwóch kół zębatych. Z powyższego równania mamy:

$$\frac{Q}{P} = \frac{R}{r} \cdot \frac{R'}{r'}.$$

Jeżeli podstawimy za $\frac{Q}{P} = 120$, to otrzymamy równanie:

$$120 = \frac{R}{r} \cdot \frac{R'}{r'}.$$

Przy urządzaniu tego rodzaju machin, zwykło się dawać trybom liczbę zębów dowolną, przezco ich promienie stają się wiadomymi. Jeżeli tutaj uczynimy $r = r' = 1$, to otrzymamy jeszcze:

$$120 = R \,.\, R'.$$

Teraz rozkładamy liczbę na takie dwa najodpowiedniejsze czynniki, aby średnice kół nie różniły się bardzo między sobą. Otrzymamy więc w tym wypadku:

$$12 \,.\, 10 = R . R'.$$

To jest, jeżeli promień jednego koła weźmiemy 12 razy większy od promienia trybu do tegoż koła należącego, a zaś promień drugiego koła weźmiemy 10 razy większy, od promienia jego trybu, to żądaniu stanie się zadość.

Chcąc zaś promienie trybów wynaleźć, przypuśćmy że każdy z nich będzie miał po 9 zębów, a odległość obudwóch od siebie, niechaj się równa 3 cale (co się nazywa działem), to obwód każdego trybu $= 27$ cali, czyli $\pi\, d = 27''$, zkąd $d = \frac{27}{\pi} = \frac{27 \,.\, 7}{22} = 8{,}6''$ czyli że promień każdego trybu będzie się równał 4,3 cali; a zatém jedno koło otrzyma za promień:

$$4{,}3 \times 12 = 51{,}6 \text{ cali} = 4 \text{ stóp } 3{,}6'' \text{ cali};$$

drugie zaś koło:

$$4{,}3 \times 10 = 43 \text{ cali} = 3 \text{ stopy } 7 \text{ cali}.$$

Tym sposobem machina będzie dobrze zbudowana.

219. Przypatrując się bliżej (Figurze 151) widzimy, że koło BL musi pewną liczbę obrotów wykonać, zanim koło GH wykonało jeden obrót. Jest bowiem widoczném, że w tym samym czasie, gdy siła P przebiegła łuk BK, opór na obwodzie trybu AD odbyć tylko może drogę AS, zkąd się pokazuje, że chyżość kątowa trybu AD jest mniejszą od chyżości kątowéj koła LB. Że zaś zęby trybu AD stykają się bezpośrednio z zębami drugiego koła zębatego GH, przeto obwód tego koła ma tę samą chyżość co i obwód trybu AD. Wszelako, ponieważ obwód bębna LI na który nawija się lina ma mniejszą chyżość od obwodu koła zębatego, przeto obwód bębna będzie częścią téj machiny mającą obrót najwolniejszy, gdy obwód koła na który siła wywiera działanie, jest częścią maszyny najpospieszniejszą. Nastręcza się więc z tego powodu pytanie: Ile razy musi się obrócić część najpospieszniejsza, aby część tejże najpowolniejsza, wykonała jeden obrót? Aby nato odpowiedzieć zapytanie, przypatrzmy się znów (Fig. 151), na któréj widzimy, że jeden ząb trybu AD może posunąć tylko jeden ząb koła zębatego, że zatém po całém obrocie trybu, koło zębate GH posunie się tylko o tyle zębów, ile ich ma trybik AD. Aby się więc koło zębate raz jeden obróciło, musi koło BL tyle wykonać obrotów, ile razy mieści się liczba zębów trybu AD, w liczbie zębów koła zębatego. Jeżeli więc n znaczy liczbę zębów w trybie, N liczbę zębów koła, wreszcie O liczbę obrotów koła BL, kiedy bęben LI jeden obrót zrobi, to będziemy mieli:

$$O = \frac{N}{n};$$

t. j. liczbę obrotów części maszyny najpospieszniejszéj łatwo jest wynaleźć (gdy najpowolniejsza zrobi jeden obrót), jeżeli liczbę zębów koła zębatego podzielimy przez liczbę zębów na trybie. Gdyby więc koło zębate miało 120 zębów, a tryb 8 zębów, to $O = \frac{120}{8} = 15$, to jest część najpospieszniejsza musiałaby zrobić 15 obrotów, zanim najpowolniejsza zrobi jeden obrót.

Wyobraźmy sobie daléj, że na (Fig. 151) zamiast bębna LI znajduje się trybik opatrzony liczbą zębów N', zaczepiających o zęby trzeciego koła, na którego wale dopiero nawinięta jest lina do dźwigania ciężaru; przypuśćmy że liczba zębów tegoż koła $= N'$, to trybik LI musi $\frac{N'}{n'}$ obrotów wykonać, zanim się raz obróci to trzecie koło zębate; że zaś koło BL musi zrobić obrotów $\frac{N}{n}$, nim się trybik LI raz obróci, ztąd przeto wypada, że koło BL musi wykonać obrotów $\frac{N}{n} \cdot \frac{N'}{n'}$ aby się trzecie koło zębate raz obróciło; będziemy więc mieli następujące równanie:

$$(2) \qquad O = \frac{N}{n} \cdot \frac{N'}{n'},$$

t. j. w każdym przyrządzie złożonym z kół zębatych znaleźć można liczbę obrotów części najszybszéj, przy jednorazowym obrocie części najwolniejszéj w taki sposób, jeżeli iloczyn z liczby zębów kół zębatych, podzielimy przez iloczyn z liczby zębów kółek trybikowych.

220. Dopiero co otrzymany wzór (2) ma wielkie zastósowanie przy budowie młynów. (Fig. 152) przedstawia młyn z podwójną przystawką (Vorgelege), poruszany kołem wodném nasiębierném. CD jest to koło wodne, na którego wale AB osadzone jest koło czołowe EF którego zęby poruszają tryb G; na wale HI owego trybu znajduje się koło koniczne palcate KL, którego palce poruszają tryb N koniczny, na którego osi, nazywanéj pospolicie wrzecionem, osadzony jest kamień (biegun), przez obrót którego, odbywa się proces mielenia zboża. Młyn ten zowie się dla tego o podwójnéj lub dubeltowéj przystawce, gdyż tu znachodzą się dwie pary kół zębatych.

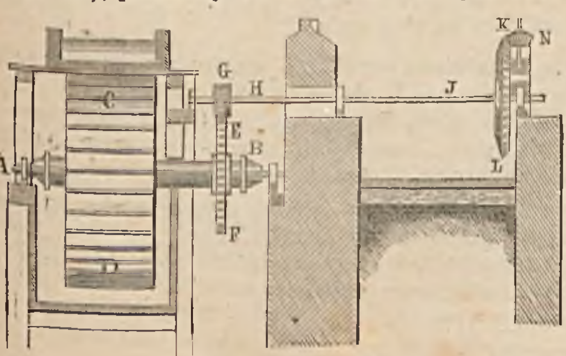


Fig. 152.

Łatwo tu jest dostrzedz, że kamień biegun jest częścią machiny najszybszą, zaś koło wodne najpowolniejszą, jeżeli przeto dane są: liczba zębów kół zębatych i liczba zębów w trybach, to łatwo jest znaleźć liczbę obrotów kamienia ze wzoru (2), przy jednorazowym obrocie koła wodnego. Wszelako z praktyki młynarskiéj wiadomo, że liczba obrotów kamienia w pewnym danym czasie, nie może być dowolną, ale owszem że ma pewne stałe granice, zakreślone wielkością bieguna i w skutek czego wiemy, że kamień o 3-stopowéj średnicy, w jednéj minucie, nie może robić nad 180 obrotów; kamień 4-stopowéj średnicy nie więcéj jak 120 obrotów; kamień 6-stopowéj średnicy, nie więcéj nad 60 obrotów, jeżeli mlewo ma być nie nagannem, i z tego powodu następujące pytanie przy budowie młyna, ma niezmiernie ważne znaczenie: *Liczba obrotów bieguna (na jedną minutę) jest dana, należy obliczyć liczbę zębów tak w kołach jak w trybach, aby rzeczywiście biegun robił tyle a nie więcéj i nie mniéj obrotów.*

Przypuśćmy, że biegun ma 3 stopy średnicy, liczba obrotów jego ma wynosić 180 w jednéj minucie czasu; daléj, niechaj koło wodne robi pięć obrotów w minucie czasu, to oczywiście biegun za każdym obrotem koła wodnego musi zrobić obrotów $\frac{180}{5} = 36$; jeżeli damy trybowi G zębów 9, trybowi zaś N zębów 8, to wstawiwszy te wartości w równanie (2), otrzymamy:

$$36 = \frac{N \,.\, N'}{8 \,.\, 9} \text{ czyli } 36 \,.\, 8 \,.\, 9 = N \,.\, N',$$

rozkładając te liczby na najdogodniejsze czynniki otrzymamy:

$$54 \,.\, 48 = N \,.\, N',$$

t. j. jednemu kołu należy dać zębów 54 a drugiemu 48, jeżeli kamień biegun, ma rzeczywiście robić obrotów 180 w jednéj minucie czasu. Ale i średnice kół zębatych łatwo można wyrachować, gdyż biorąc dział 4 cale, to obwód jednego koła będzie równy $54 \,.\, 4 = 216$ cali, a obwód koła drugiego $48 \,.\, 4 = 192$ cali, następnie ze zrównań:

$$216 = \pi \,.\, D \text{ i } 192 = \pi \,.\, d.$$

otrzymamy średnice kół zębatych:

$$D = 68{,}73'' = 5'\ 8{,}73''$$
$$\text{zaś } d = 61{,}1'' = 5'\ 1{,}1''.$$

221. Winda. Jednę z najwięcéj używanych maszyn przedstawia nam (Fig. 153). W ramie żelaznéj lanéj AGE, obraca się koło zębate B wraz z bębnem około osi C; zęby tego koła zaczepiają o zęby trybu A poruszanego zapomocą korby AP. Na obwodzie bębna C nawinięta lina, przechodzi przez krążek stały D i służy do dźwigania ciężaru Q. F oznacza kółko hamulcowe (Sperrad).

Dla oznaczenia stosunku siły do ciężaru, niechaj długość korby AP na którą siła P wywiera działanie $= L$, promień trybu $A = r$, promień koła $= R$, promień bębna $= r'$, nakoniec opór przy zaczepianiu się zębów $= P'$, to dla pierwszéj machiny prostéj otrzymamy proporcyę:

$$P : P' = r : L.$$

Dla drugiéj machiny prostéj:

$$P : Q = r' : R.$$

A złączywszy z sobą owe proporcye, otrzymamy:

$$P : Q = r \,.\, r' : R \,.\, L, \text{ zkąd:}$$

$$P : Q \cdot \frac{r \,.\, r'}{R \,.\, L}, \text{ a zaś}$$

$$Q = P \cdot \frac{R \,.\, L}{r \,.\, r'}.$$

Przykład. Przy windach w żwyczajném użyciu będących $L = 18''$, $r = 1{,}5''$, $R = 15''$, zaś $r' = 4''$; jak wielką będzie siła potrzebna do zrównoważenia pewnego ciężaru?

Podstawiwszy te wartości w powyższe równanie, otrzymamy:

$$P = Q \cdot \frac{1{,}5 \,.\, 4}{18 \,.\, 15} = Q \cdot \frac{0{,}3 \,.\, 2}{9 \,.\, 3} = \frac{1}{45},$$

t. j. siła przy takich wymiarach będzie 45-tą częścią ciężaru; to jest: że jed-

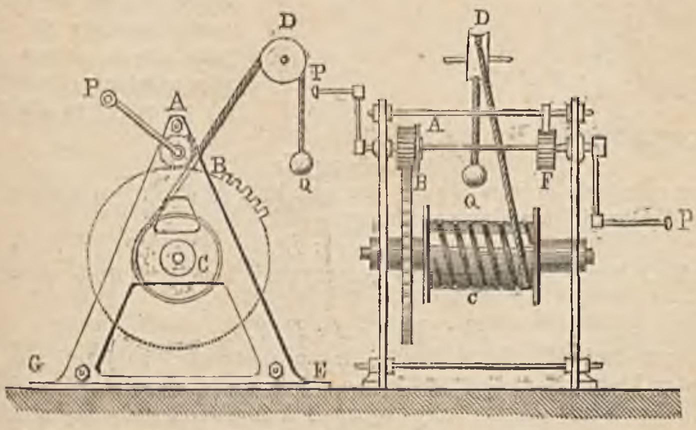


Fig. 153.

nym centnarem siły, można utrzymać w równowadze ciężar wynoszący 45 centnarów.

Jeżeli zapomocą takiéj windy, siłą wynoszącą jeden centnar, chcemy utrzymać w równowadze ciężar wynoszący 100 centnarów, to $\frac{P}{Q} = \frac{1}{100}$, a czyniąc $r = 1{,}5''$, $r' = 4''$, $L = 20''$, to zapomocą powyższego równania, łatwo nam będzie wyrachować promień koła R; a zatém:

$$\frac{1}{100} = \frac{1{,}5 \,.\, 4}{20 \,.\, R} \text{ żkąd } R = \frac{1{,}5 \,.\, 40}{2}\ 30'' = 2'\ 6'';$$

t. j. że promień koła zębatego, musi się równać 2 stopy 6 cali.

222. Koła pasowe. Częstokroć zdarza się wypadek że odległość wału na który ruch przenieść chcemy jest za bardzo wielką, dla uniknienia więc wielkiéj liczby kół zębatych, których budowa jest zawsze kosztowną, używa się w takich razach: lin konopnych, drucianych, sznurów surowcowych i pasów skórzanych. Taką konstrukcyę wprawioną w ruch za pomocą pasów przedstawia nam (Fig. 154). Na obwodzie koła L, którego promień $A\ O = R$ działa siła P wprawiająca w ruch toż koło; na osi owego koła znajduje się bęben, którego promień $O\ B = r$.

Na obwodzie tego bębna i drugiego koła M, którego promień $EO' = R'$ napięty jest pas bez końca. Jeżeli siła P porusza koło L, to pas $mnqp$ w skutek tarcia poruszać będzie drugie koło M; że zaś na wale koła M osadzony bęben ma na sobie nawiniętą linę dźwigającą ciężar Q, to i ten ciężar będzie się podnosił do góry.

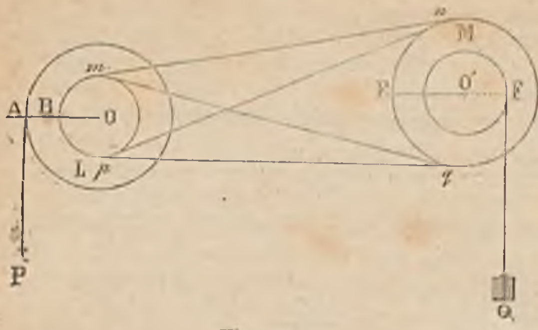


Fig. 154.

Stosunek siły do ciężaru znajdziemy tak samo jak przy kołach zębatych, z tą tylko różnicą, że natężenie pasów musimy tu uważać jako siłę działającą. Jeżeli więc natężenie pasa oznaczymy przez N, to dla pierwszéj maszyny otrzymamy proporcyę:

$$P : N = r : R;$$

a ponieważ natężenie N jako siłę na obwodzie koła M działającą uważać należy, przeto dla drugiéj machiny otrzymamy:

$$N : Q = r' : R'.$$

Jeżeli $O'F$ uczynimy $= r'$, to połączywszy z sobą te dwie proporcye, otrzymamy:

$$P : Q = rr' : RR'.$$

Z poprzedzającéj figury bardzo łatwo dostrzedz, że jeżeli pas obejmuje koła w kierunku $mnpq$, to bęben i koło będą się obracać w jednym kierunku. Jeżeli zaś chcemy aby bęben i koło M obracały się w kierunkach przeciwnych, to należy tylko pas skrzyżować na bębnie i kole, t. j. dać mu kierunek $mqnp$.

223. Zastósowanie kół pasowych do piły okrągłéj. Dla lepszego uzmysłowienia przedmiotu, weźmy za przykład piłę okrągłą do rznięcia drzewa służącą, poruszaną maszyną parową. Koło zamachowe AB ma 16 stóp średnicy (Fig. 155), na które oraz na bęben CD naciągnięty jest pas bez końca. Koło zamachowe obracane jest maszyną parową, w skutek czego obraca się i bęben CD około swéj osi E. Na téj saméj osi znajduje się drugi bęben o téjże saméj średnicy co i CD, na który jako téż na dalszy bęben F naciągnięty jest drugi pas bez końca, przez co wprawia się w ruch obrotowy tak bęben F jako téż i piła okrągła GH. Zachodzi pytanie, z jaką prędkością obracają się zęby piły okrągłéj?

Aby tę prędkość oznaczyć, musimy przedewszystkiem obliczyć obwód koła zamachowego, który równa się $\pi d = 3{,}14 \times 16 = 50{,}26$ stóp.

Bęben CD ma średnicę $= 2{,}5$ stóp, zaczém jego obwód $= 3{,}14 \times 2{,}5 = 8{,}85$ stop. Nakoniec bęben F ma średnicę $= 15'' = 1{,}25$ stóp zaczém jego obwód $= 3{,}14 \times 1{,}25 = 4$ stopy. Dzieląc zaś obwód koła zamachowego przez obwód bębna CD, otrzymamy liczbę obrotów bębna CD kiedy koło zamachowe tylko jeden obrót wykona $= \frac{50{,}26}{8{,}85} = 5{,}7$. Jeżeli następpnie obwód bębna CD podzielimy przez obwód bębna F, to otrzymamy liczbę obrotów bębna F, kiedy bęben CD jeden obrot wykona i znajdziemy $= 2{,}21$; ponieważ jednak w czasie jednego obrotu koła zamachowego, bęben CD robi 5,7 obrotów, musi więc bęben F w czasie jednego obrotu koła zamachowego $5{,}7 \times 2{,}21 = 12{,}6$ obrotów wykonać i tyleż obrotów robi piła okrągła, ponieważ osadzona jest

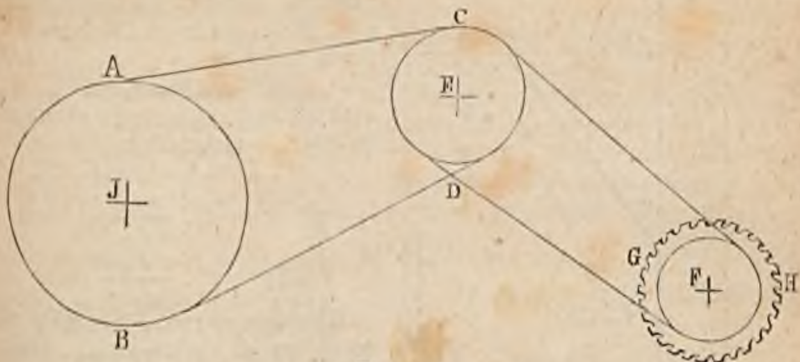


Fig. 155.

na téj saméj osi co i bęben F. Ponieważ piła ma 24 cale czyli 2 stopy średnicy, przeto jéj obwód $= 3{,}14 \times 2 = 6{,}28$ stóp, a ponieważ ten obwód piły podczas jednego obrotu koła zamachowego, obróci się razy 12,6, przeto $12{,}6 \times 6{,}28 = 79{,}128$ stóp jest drogą jaką każdy ząb piły odbywa, w czasie jednego obrotu koła zamachowego. Ponieważ zaś koło zamachowe obraca się 45 razy w jednéj minucie, czas więc do jednego obrotu potrzebny $= \frac{60}{45} = \frac{4}{3}$ sekundy. Drogę zatém jaką obwód piły w jednéj sekundzie odbywa, otrzymuje się z proporcyi następującéj:

$$\frac{4}{3} : 79{,}128 = 1 : x, \text{ zkąd}$$

$$x = \frac{3}{4} \cdot 79{,}128 = 59{,}346,$$

t. j. że zęby piły okrągłéj poruszają się w tym przypadku z prędkością 59,346 stóp w jednéj sekundzie czasu.

223. Żuraw, jest to machina używana po fabrykach i na kolejach żelaznych do dźwigania wielkich ciężarów, jako téż w żegludze, do ładowania i wyładowywania statków. Są one stałe i przenośne. Fig. 156 przedstawia nam żuraw stały, mogący tylko odbywać ruchy około osi pionowéj AB. Machina ta składa się ze słupa pionowego AB, z ramienia BG i przyrządu złożonego z kół zębatych. Koło zębate C opatrzone jest bębnem D, na który nawinięty jest łańcuch lub lina; jeden koniec owéj liny lub łańcucha utwierdzony jest w G, ciężar zaś Q wisi na ruchomym krążku F; nakoniec na korbę OP działa siła P, wprawiając w ruch ciężar Q zawieszony na krążku.

Dla oznaczenia stosunku siły do ciężaru, niechaj długość korby $= L$, promień trybu $= r$, promień koła zębatego $= R$, promień bębna $= r'$, i opór przy $C = P'$, to dla pierwszéj maszyny mamy:

$$P : P' = r : L.$$

Jeżeli dalej na obwodzie bębna D działający opór uczynimy $= P''$, to dla drugiej machiny otrzymamy proporcyę:

$$P' : P'' = r' : R.$$

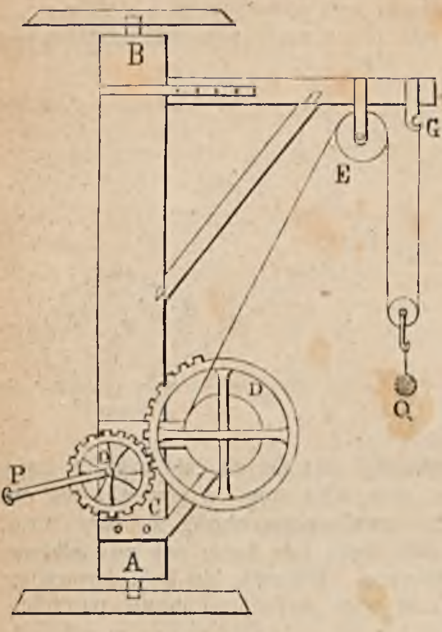


Fig. 156.

Ponieważ krążek stały E nie ma żadnego wpływu na zmniejszenie siły, przeto dla krążka ruchomego F mamy:

$$P'' : Q = 1 : 2.$$

Jeżeli te trzy proporcye razem połączymy, to otrzymamy:

$$P : Q = r\,r' : 2\,L\,.\,R,$$

zkąd: $P = Q\,.\,\frac{r\,.\,r'}{2\,L\,.\,R}$, zaś

$$Q = P\,.\,\frac{2\,L\,.\,R}{r\,.\,r'}.$$

Równanie pierwsze daje nam siłę potrzebną do podniesienia danego ciężaru potrzebną; drugie zaś równanie wskazuje ciężar, dający się przez oznaczoną siłę pokonać.

Przykład. Niechaj $L = 1\,^1/_2$ stopy $= 18''$, $r = 1{,}5'' = \frac{3}{2}''$, $= \frac{1'}{8}$ $R = 1'8'' = 20'' = \frac{5'}{3}$ dalej $r' = 4{,}5'' = \frac{3}{8}'$; przypuśćmy że przy korbach czterech ludzi pracuje, każdy z siłą 30 funtów, to cała siła $P = 120$ funtów; zachodzi pytanie, jaki ciężar taż siła podnieść jest w stanie? Wstawiwszy te wartości w ostatnie równanie, otrzymamy:

$$Q = 120\,.\,\frac{2\,.\,1{,}5\,.\,\frac{5}{3}}{\frac{1}{8}\,.\,\frac{3}{8}} = \frac{120\,.\,2\,.\,1{,}5\,.\,5\,.\,8.8}{3\,.\,3} = 12800 \text{ funtów;}$$

t. j. czterech ludzi w powyższych warunkach, mogą podnieść 128 centnarów do góry.

224. Lewar lub winda wozowa. Lewar który (Fig. 157) przedstawia, bywa $2\,^1/_2$ do 3-ch stóp wysoki, w oprawie drewnianéj 6 do 10 cali szerokiéj, $2\,^1/_2$ do $3\,^1/_2$ cali grubéj, opatrzonéj od dołu ostrymi żelaznymi zębami, aby się lewar nie obsuwał w czasie działania. Wewnątrz drewnianéj oprawy znajduje się płaski żelazny drążek zębaty KQ $^3/_4$ do 1 cala gruby, a na 2 cale szeroki, opatrzony od góry ruchomym pazurem Q, do dźwigania ciężarów służącym; aby zaś ciężary jak najniżéj chwytać było można, ów drążek zębaty opatrzony jest z dołu hakiem K pod kątem prostym zagiętym.

Ze względu na mechanizm, rozróżniamy dwa rodzaje lewarów czyli wind wozowych, mianowicie windy z *pojedyńczém zazębieniem* i windy z *zazębieniem podwójném.* Windy pierwszego rodzaju poruszane są korbą Ah do 12 cali długą, na osi korby znajduje się trybik e, którego zęby zaczepiają o zęby koła zębatego C; zęby zaś trybika b zaczepiają o zęby drążka zębatego.

Windy drugiego rodzaju oprócz już wzmiankowanych trybów, mają jeszcze jedną parę, z których koło f zaczepia o zęby trybika b, a kółko g porusza dopiero sztangę zębatą KQ. Oba rodzaje wind, opatrzone są zatrzaskami czyli hamulcami osadzonymi na osi korbowéj, dla zapobiegania spadaniu ciężaru, kiedy siła przestaje działać na korbę A. Windy wozowe o podwójném zazębieniu, służą do dźwigania bardzo wielkich ciężarów i używane są przez furmanów, cieśli, po fabrykach machin i na kolejach żelaznych. Aby się dowiedzieć, jak wielki ciężar jeden człowiek może zapomocą pojedyńczego lewaru podnieść do góry, przypuśćmy że promienie obydwóch kółek trybowych e i $b = r$ i r', długość korby d czyli $Ah = L$, promień koła zębatego $C = R$, siła działająca przy $A = P$ i ciężar spoczywający na windzie $= Q$, a otrzymamy dwie następne proporcye:

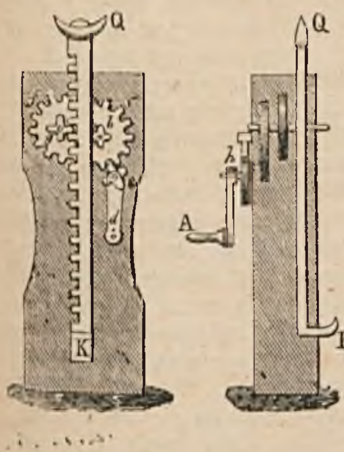


Fig. 157.

$$P : P' = r : L \quad \text{i}$$
$$P' : Q = r' : R \quad \text{zkąd:}$$
$$P : Q = r r' : L . R,$$

a zatém:

$$P = Q . \frac{r r'}{L . R}, \quad \text{zaś} \quad Q = P . \frac{L . R}{r . r'}.$$

Jeżeli np. $P = 40$ funtów, $L = \frac{4}{3}$ stopy $= 15''$, $R = 5''$, zaś $r = r' = \frac{3}{2}$ cala, to wstawiwszy te wartości w powyższe równanie, otrzymamy:

$$Q = 40 . \frac{15 . 5 . 2 . 2}{3 . 3} = 1333 \text{ funtów} = 13\,^1/_3 \text{ centnarów.}$$

Ogólna reguła do wynajdywania siły mając dany ciężar i wymiary kół zębatych oraz długość korby w lewarze, podług L. *Schöne* (der praktische Werkmeister) jest następująca:

Pomnóż całkowity ciężar mający być podniesionym przez iloczyn z promieni wszystkich kół trybowych (mniejszych), *a ten iloczyn podziel przez iloczyn z promieni wszystkich kół zębatych* (większych), *rozmnożony jeszcze przez długość korby, a iloraz pokaże ci siłę, jakiéj potrzeba użyć przy lewarze.*

Jeżeli zatém w dubeltowym lewarze (Fig. 157), promienie trybików e, b, g $= \frac{3}{4}$ cala, promienie kół zębatych c i $f = 2\,^1/_4$ cali, długość korby d czyli $Ah = 6$ cali, a ciężar mający być podniesiony $= 6000$ funtów; to podług powyższéj ogólnéj reguły będzie:

$$P = \frac{6000 \times \frac{3}{4} \times \frac{3}{4} \times \frac{3}{4}}{2\frac{1}{4} \times 2\frac{1}{4} \times 6} = 84\frac{3}{4} \text{ funtów.}$$

225. Winda śrubowa czyli lokomotywowa. Winda, którą nam wyobraża (Fig. 158) używaną jest do podnoszenia parowozów czyli lokomotyw na drogach żelaznych i ustawiania ich na szynach, na przypadek wykolejenia się pociągu. W ramie żelaznéj lanéj a około 2 stóp długiéj, 15 cali szerokiéj, 5 cali wysokiéj, za pomocą śruby c horyzontalnéj, przesuwa się druga rama b około

13 cali długa. Na ramie *b* na czterech żelaznych prętach, w odległości mniéj więcéj 18 cali po nad ramą *b*, znajduje się mutra *e*, w któréj chodzi śruba *f*, przeznaczona do dźwigania parowozów. Śruba ta posiada przy *g* kółeczko zębate, a przy *h* głowę ruchomą odpowiednio wyżłobioną. Śruba *f* poruszana jest kluczem obejmującym też śrubę z pod spodu i z wierzchu kółka zębatego *g*. Przyrząd przy *n* służy do tego, aby za pomocą jednego i tego samego klucza, można śrubę w mutrę wkręcać i odkręcać. Lewary czyli windy tego rodzaju, oprócz tego że dają bardzo wielki skutek, mają jeszcze tę zasługę, że za pomocą śruby *c* pozioméj, podniesiony ciężar w górę, można z 10 cali na bok posunąć, co jest koniecznóm, przy wpychaniu na szyny, parowozów wykolejonych.

Fig. 158.

226. Inny rodzaj wind czyli lewarów śrubowych, przedstawia nam (Fig. 159). Lewary takie odznaczają się wielką prostotą budowy i niezmierną siłą, również jak dwa poprzednio opisane lewary. Składają się te lewary z oprawy drewnianéj mającéj kształt stożka ściętego *a* około 2 $^1/_2$ stóp wysokiego, w którym znajduje się w kierunku podłużnym wywiercona dziura 3 $^1/_2$ do 4-ch cali średnicy. Stożek tak w górze jak w dole ściśnięty jest mocnemi żelaznemi obręczami *b b'*. W górze znajduje się mutra *c* czterokanciasta, przeciwko wyskoczeniu w górę zabezpieczona obręczą *b'*. Ponieważ ciśnienie mutry odbywa się na dół, przeto takie jéj umocowanie jest dostateczne. Mutrze *c* daje się 5 do 6 gwintów. W mutrze porusza się śruba *d* mająca około 3 cale średnicy, dolny koniec śruby porusza się swobodnie w otworze drewnianego stożka *a*; w górnym końcu śruby znajduje się tarcza *e*, po nad którą śruba posiada kształt sześciokanciasty *f* i w tém miejscu zasadza się klucz (Fig. 160), którym się śruba *d* podnosi do góry lub opuszcza na dół. Okrągła głowa *g* jest z czterech stron z góry wyżłobiona i opatrzona okrągłym czopem, który wchodzi w wywiercony otwór śruby, dla tego aby ruch obrotowy śruby, nie mógł się udzielić głowie, która tylko powinna odbywać ruch powolny do góry lub na dół. Z boku lewaru znajdują się ucha *m m*, dla łatwego przenoszenia onego, z miejsca na miejsce. Obliczenie siły obydwóch lewarów śrubowych, podane jest w § 179 na str. 138 i 139.

Fig. 159.

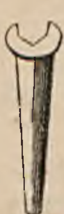


Fig. 160.

227. Maszyna do dziurawienia blachy. Zdumiewający skutek posiada maszyna, wyobrażona na (Fig. 161), z niemiecka nazywana *lochmaszyną*; używaną bywa po fabrykach machin, przy budowie mostów żelaznych, kotłów, zbiorników, statków parowych i gabar do wybijania dziur w blasze.

Na wale wielkiego koła zamachowego *AB* wprawianego w ruch siłą ludzką za pomocą korby, lub też maszyną parową, znajduje się tryb *C*, którego zęby zaczepiają o zęby koła zębatego *HI* i takowe wraz z mimośrodem (excentrykiem) *OL* osadzonym na osi *O* koła *HI*, w ruch obrotowy wprawiają. Mimośród ten wywiera działanie na drąg żelazny kuty EL w punkcie L, obracający się około punktu N. Na krótszém ramieniu EN tego drąga, znajduje się walec żelazny kuty obtoczony G 2 do 2½ cali średnicy mający, ruchomo z punktem E złączony. Dolny koniec walca G opatrzony jest otworem, w który wsuwa się odpowiedniéj grubości sztyfty czyli stęple stalowe, stosownie do tego, jakiéj średnicy mają być otwory w blasze. Walec G suwa się w kulisie M opatrzonéj panewką mosiężną. Kulisa ta przytwierdzona jest tak zwanemi sztelśrubami, do sztendra żelaznego lanego NQZ. Obróciwszy korbą CP tak, aby punkt L drąga, przyszedł do punktu O mimośrodu, natenczas walec G wraz ze stęplem podniesie się w górę i wtedy podsuwa się blachę pod stępel, już poprzednio namarkowaną. Kiedy mimośród znajduje się w takiem położeniu, jak figura przedstawia, już blacha przebitą została,

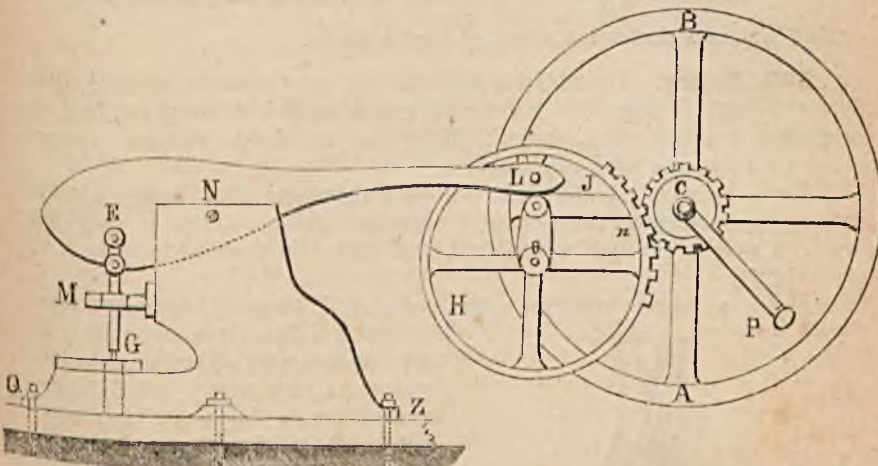


Fig. 161.

a wy tłoczone w ten sposób krążki blachy spadają na dół otworem, na figurze wykropkowanym.

Aby obliczyć ciśnienie jakie wywiera stępel stalowy w punkcie G na blachę żelazną, niechaj długość korby $CP = L$, promień trybu C niechaj $= r$, promień koła zębatego $HJ = R$, długość ramienia $OL = r'$, długość ramienia drąga $NL = l$, a $EN = a$, to dla pierwszéj maszyny będzie:

$$P : P' = r : L,$$

gdzie P jest siłą wywartą na korbę, a P' jest oporem w punkcie n pomiędzy zębami. Dla drugiéj maszyny będzie:

$$P' : P'' = r' : R,$$

gdzie P'' jest ciśnieniem w punkcie L. Oznaczywszy nakoniec ciśnienie przy G przez N, to otrzymamy dla trzeciéj maszyny proporcyę następującą:

$$P : N = a : l.$$

Połączywszy z sobą te trzy proporcye otrzymamy:

$$P : N = r \,.\, r' \,.\, a : L \,.\, R \,.\, l, \text{ zkąd:}$$

$$N = P \cdot \frac{L \cdot R \cdot l}{r \cdot r' \cdot a},$$

i to jest formuła, podług którój obliczyć można ciśnienie stępla w punkcie G na blachę.

Przykład. Niechaj $L = 1{,}5$ stóp, $R = 2'$, $l = 4'$, $r = 2'' = \frac{1}{6}'$, $r' = 4'' = \frac{1}{3}'$, zaś $a = 6'' = \frac{1}{2}'$.

Przypuśćmy przypadek, że przy korbie CP pracuje dwóch ludzi z siłą funtów 80, to ciśnienie N podług ostatniéj formuły będzie:

$$N = 80 \cdot \frac{1{,}5 \cdot 2 \cdot 4}{\frac{1}{2} \cdot \frac{1}{6} \cdot \frac{1}{3}} = 80 \cdot 1{,}5 \cdot 8 \cdot 36 = 34560 \text{ funtów} = 345{,}6 \text{ centnarów};$$

t. j. stępel EG wywiera ciśnienie na blachę 345,6 centnarów, a ponieważ to ciśnienie wywiera swój skutek na powierzchnię równą zaledwie $\frac{1}{4}$ cala □, przeto skutek ten musi być bardzo wielki.

228. Kafary. Do zabijania pali w ziemię, przy budowie tam, mostów, młynów wodnych i przy tym podobnych hydraulicznych robotach, używa się przyrządów nazywanych *kafarami.* Kafary są trojakiego rodzaju: *ręczne, pociągowe* i *sztuczne* czyli *mechaniczne.*

Kafar ręczny zbudowany jest z drzewa dębowego i ma formę klocka; opatrzony jest czterema rękojeściami i obręczami żelaznemi tak z góry jak z dołu. Czterech robotników podnoszą ten kafar do wysokości 3 do $3\frac{1}{2}$ stóp najwyżéj.

Kafar pociągowy opatrzony jest *babą* czyli *taranem* uderzającym pal w głowę. Taran ten może mieć do 300 funtów, gdyż do podnoszenia onego, można użyć więcéj ludzi. Taran zawieszony na linie przez blok przechodzącéj, posuwa się po słupie pionowym i podnoszony jest siłą robotników, ciągnących za linki, uwiązane do drugiego końca liny głównéj.

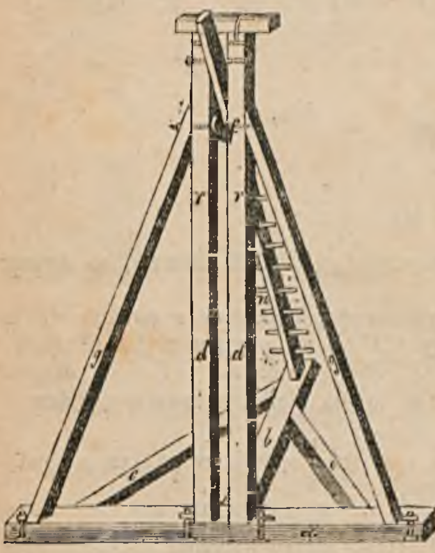


Fig. 162.

Kafar sztuczny czyli mechaniczny (Fig. 162) składa się z podwaliny a, 18 stóp długiéj (8 na 8 cali); prostopadle do niéj osadzony jest słup dubeltowy pionowy dd, do 24 stóp wysoki, podparty dwoma zastrzałami gg. Podwalina ogonowa b jest 12 stóp długa (8 na 8 cali), zaś zastrzały cc mają wymiary 6 na 6 cali. Podpora n (6 na 7 cali), utrzymuje słup podwójny dd w kierunku pionowym. Podpora ta opatrzona jest szczeblami aby robotnik mógł na wierzch kafaru wychodzić dla utwierdzenia krążka i założenia weń liny. Słup dd opatrzony jest pasami z cienkiéj blachy żelaznéj rr od zewnątrz i wewnątrz na $\frac{1}{4}$ cala grubéj, aby się drzewo w skutek suwania się baby, nie wydzierało.

Baby czyli tarany żelazne lane (Fig. 163) bywają zwykle 2 do $2^1/_2$ razy wyższe od swojéj grubości a ciężar ich wynosi od 6 do 24 centnarów. Spód *ac* z tylną ścianą *ab* tworzyć powinny kąt prosty. Wierzch baby węższy jest

Fig. 163.

od spodu 2 do 3 cali. Dziury *dd* w babie robią się 4 na 4 cale i leżą w odległości 6 cali od spodu i wierzchu. Ucho *e* żelazne kute w które wchodzi lina, wstawia się w otwory baby i ołowiem zalewa. Tyble *dd* chodząc pomiędzy słupami *dd* (Fig. 162) mają wymiary 4 na 4 cale i robią się z drzewa jesionowego lub bukowego, opatrzone są z jednéj strony głowami a z drugiéj otworami *gg* na kliny. Takie tyble drewniane trzeba mieć w zapasie, gdyż się prędko wydzierają.

Figura 164, przedstawia kafar poruszany za pomocą windy ręcznéj. Winda ta może być także poruszana zapomocą maszyny parowéj przenośnéj czyli lokomobili. Działanie tego przyrządu rysunek dokładnie tłómaczy, dla tego nie będziemy takowego opisywać.

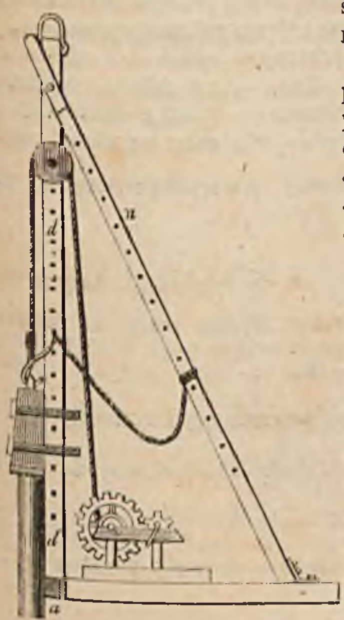


Fig. 164.

Siła uderzenia baby podług L. *Schöne* (Der praktische Werkmeister) oblicza się sposobem praktycznym jak następuje: *Rozmnóż ciężar baby wyrażony w centnarach, przez pierwiastek kwadratowy z wysokości z któréj baba spada, ten iloczyn rozmnóż jeszcze przez liczbę stałą* 7,88, *a otrzymasz siłę uderzenia baby.*

Przykład. Z jaką siłą uderza baba o głowę szpicpala ważąca 7 centnarów i spadająca z wysokości stóp 5?

Rozwiązanie.

$7 \,.\, \sqrt{5} \times 7{,}88 = 7 \,.\, 2{,}23 \,.\, 7{,}88 = 123$ centnarów.

Lub odwrotnie: jak ciężką powinna być baba, która z wysokości 5 stóp spadając sprawia skutek 215 centnarów?

Oznaczywszy niewiadomy ciężar baby przez x będzie:

$$x \,.\, \sqrt{5} \times 7{,}88 = 215 \quad \text{czyli:}$$

$$x = \frac{215}{7{,}88\,\sqrt{5}} = \frac{215}{7{,}88 \times 2{,}23} = 12{,}23$$

centnarów.

Jeżeli zaś mamy dany ciężar baby oraz siłę uderzenia a mamy wysokość spadania wynaleźć, to postępuje się w sposób następujący: Przypuśćmy, że ciężar baby = 20 centnarów, siła uderzenia = 1200 centnarów; oznaczywszy wysokość spadania przez x, będzie:

$$20 \cdot \sqrt{x} \times 7{,}88 = 1200, \quad \text{czyli}$$

$$\sqrt{x} = \frac{1200}{20 \,.\, 7{,}88} \quad \text{zatém}$$

$$x = \left(\frac{1200}{20 \,.\, 7{,}88}\right)^2 = 7{,}6 = 7\frac{1}{2} \text{ stóp.}$$

Widzimy z powyższych przykładów iż nic tak nie wpływa na skutek pożyteczny baby jak wysokość z jakiéj spada na głowę pala; że zaś w kafarach pociągowych wysokość spadania baby nie może przechodzić granicy 5 do $5\frac{1}{2}$ stóp, aby więc jak największy skutek otrzymać przy wbijaniu grubych pali do znaczniejszéj głębokości, używa się zwykle kafarów mechanicznych, poruszanych windą albo maszyną parową.

Adam *Burg* profesor szkoły politechnicznéj Wiedeńskiéj, w książce swojéj ułożonéj z polecenia ministra oświaty: „Lehrbuch der Maschinenlehre“ na znalezienie liczby robotników mających być użytymi przy kafarze działającym za pomocą kołowrota pionowego, podaje wzór następujący:

$$N \,.\, P \,.\, R = s\left(r + \frac{1}{2}\,d + ef\right),$$

w przypuszczeniu, że ciężar baby $Q = 12$ centnarów, a ciężar nożyc $q = 2$ cent. W tém równaniu N znaczy liczbę robotników, P siłę jednego robotnika wyrażoną w funtach, a R promień koła na obwodzie którego robotnicy pracują (t. j. odległość przyczepienia siły od osi wału) wyrażony w calach $= 6$ stóp $= 72$ cali, r promień wału na który nawinięta jest lina $= 18$ cali; s natężenie liny między krążkiem stałym a bębnem kołowrota $= 1555{,}2$ funtów (t. j. $Q + q +$ szkodliwe opory); d grubość liny $= 1\frac{1}{2}$ cala; e grubość czopa krążka $= 1$ cal; f tarcie $= \frac{1}{8}$; to podstawiwszy te wartości w powyższe równanie, otrzymamy:

$$N \,.\, P = \frac{1555{,}2}{72}\left(18 + \frac{3}{4} + \frac{1}{8}\right) = 21{,}6 \times 18{,}875 = 407{,}7 \text{ fun-}$$

tów; jeżeli teraz siłę robotnika P oznaczymy średnio przez 25 funtów, otrzymamy:

$$N = \frac{407{,}7}{25} = 16.$$

To jest że do dźwigania takiego taranu, potrzeba użyć 16 ludzi.

Uwaga. Gdyby w téj maszynie nie istniały żadne szkodliwe opory, to w czasie równowagi następująca proporcya miałaby miejsce:

$$N \,.\, P : (Q + q) = r : R \quad \text{zatém:}$$

$N \,.\, P = \frac{18}{72} \times 1400 = 350$ funtów, którą to liczbę porównawszy z powyższą 407,7, otrzymamy proporcyę następującą:

$$350 : 407{,}7 = 100 : 116\tfrac{1}{2} \quad \text{to jest:}$$

że w maszynie takiéj samo szkodliwe opory $16\frac{1}{2}$ procentów użytéj siły niweczą.

Skutek użyteczny. Jeżeli V wyraża prędkość z jaką robotnicy przy wale stojącym pracują czyli wkoło chodzą, a v prędkość z jaką baba czyli taran podnosi się w górę a zatém i chyżość na obwodzie bębna, to ponieważ:

$$V : v = R : r \quad \text{zatém:}$$

$v = \frac{r}{R}\,V$, jeżeli zaś baba ma być do wysokości h podnoszoną, to czas do tego potrzebny będzie: $t = \frac{h}{v}$.

Przypuściwszy, jak się zwykle dzieje, że robotnicy w ciągu 12-godzinnéj pracy, tylko rzeczywiście przez ośm godzin pracują, to ich dzienna praca składać się będzie z podniesienia baby w górę n razy, gdzie $n = \frac{8 \times 3600}{t}$, gdy t wyraża sekundy.

Ponieważ tyle również uderzeń wykonywa baba, a skutek jednego uderzenia $= Q\,h$ stopofuntów, gdy Q wyrażone w funtach a h wyrażone w stopach, to dzienna praca wykonana przez N robotników $= n \,.\, Q \,.\, h$ stopofuntów, czyli na jednego robotnika przypada $= \frac{n \,.\, Q \,.\, h}{N}$ stopofuntów.

Zatém w powyższym przykładzie, jeżeli $h = 20$ stóp, $v = \frac{1}{4}\,V$, czyli jeżeli weźmiemy średnią chyżość robotnikow $V = 2\,\frac{1}{2}$ stopy, wtedy $v = \frac{5}{8}$ stopy.

Przy takich warunkach czas jednego skoku $= \frac{20}{\frac{5}{8}} = 32$ sekund.

Zatém wstawiając w powyższe równanie zamiast t 32 sekund, otrzymamy: $n = \frac{8 \times 3600}{32} = 900$ uderzeń babą ważącą 12 centnarów, przy długości skoku stóp 20; zatém praca 16 robotników będzie:

$$900 \times 1200 \times 20 \text{ stopofuntów,}$$

lub jednego robotnika:

$$\frac{900 \times 1200 \times 20}{16} = 1350000 \text{ stopofuntów.}$$

Ponieważ zaś najkorzystniejsza praca średniéj siły robotnika, przy zwykłém dźwiganiu ciężaru, w 8 godzinach czasu może być przyjęta:

$$8 \times 3600 \times 25 \times 2\frac{1}{2} = 1800000 \text{ stopofuntów,}$$

przeto z proporcyi następującéj:

$$180 : 135 = 100 : 75$$

wypada, że przy maszynach tego rodzaju, skutek użyteczny wynosi 75 procentów, zaś 25% siły traci się na bierne opory.

ROZDZIAŁ VII.

O WYTRZYMAŁOŚCI MATERYAŁÓW.

---

229. Materyały używane do budowy machin. Każdy mechanik i budowniczy, w ogólności każdy technik, trudniący się budownictwem, winien posiadać znajomość materyałów budowlanych i ich własności. Wybór właściwych materyałów, z dokładnością roboty i rozsądną oszczędnością muszą iść ze sobą w parze. Powinni oni znać trwałość materyałów w różnych okolicznościach ich zastósowania; powinni znać sposoby podwyższenia téj trwałości, wiedzieć jak dalece te materyały obciążać można i znać ich siłę oporu przeciwko tarciu, zgnieceniu, złamaniu, zerwaniu, albo téż skręceniu. Nakoniec powinni znać czas i koszta, jakich potrzeba do ich obrobienia.

Materyały budowlane dzielą się na trzy kategorye: na *kamienie*, *drzewo* i *metale*. Środki do ich połączenia służące, są: zaprawa wapienna, cement, kity, kleje, nity, śruby etc. Zewnętrzną powłokę materyałów przeciwko zgubnym wpływom zmiennéj atmosfery, stanowi pomalowanie.

W budownictwie jednak machin, czemu niniejszą książkę poświęcamy, najważniejszą rolę grają: drzewo i metale, dla tego téż tylko o nich kilka słów objaśniających powiemy.

230. Drzewo. Materyał ten po kamieniu jest najważniejszym, z powodu swojéj trwałości, wytrzymałości i powszechnéj użyteczności.

Drzewo do budowy domów, mostów, machin etc., powinno być: rosłe, mocne, lekkie, zdrowe i do obróbki łatwe. Chociaż w naszym kraju rośnie przeszło sto gatunków drzewa, to jednak w budownictwie przydatne są tylko niektóre, np. dąb, wiąz, grab, jesion, buk, klon, olsza, brzoza i topola, z pomiędzy drzew liściastych; a z iglastych: modrzew, sosna, świerk i jodła.

1. *Dąb.* Około dwudziestu czterech gatunków dębu, liczą botanicy w lasach meksykańskich i Stanach Zjednoczonych Ameryki północnéj. Niektóre z nich gatunki stanowią dobry materyał; odmiany czerwonego dębu, nie są do użycia w budownictwie machin.

D ą b b i a ł y (Quercus alba; die weisse Eiche; chêne), nosi taką nazwę od koloru kory i należy do najcenniejszych gatunków; używa się go na rozmaite roboty, ale szczególniéj do budowy okrętów. Drzewo to jest mocne i trwałe, koloru nieco czerwonego. Na deski jednak jest nieprzydatne, z powodu zsychania się, paczenia i pękania.

W naszych lasach znamy tylko dwa gatunki dębu: *dąb pospolity* czyli *twardy* (Quercus robur, Winter Eiche) i *dąb szypułkowaty* (Quercus pedunculata; Stiel-Sommer Eiche). Pierwszy gatunek ma żołędzie bez szypułek czyli ogonków, liść ma nieregularnie wykrawany, ku ogonkowi nieco klinowaty, z ogonkiem na pół cala długim; kora na młodych gałązkach jest zielonawo-brunatna, na pniach i gałęziach starych: siwa, gruba, głęboko pobrózdowana. Włókna samego drzewa, są ciemno-piaskowego koloru, najczęściéj powichrzone i gęsto sękami przerosłe. Drzewo jest ciężkie i twarde, na długie belki nieprzydatne, ale do grubszych wodnych robót użyteczne i posiada tę własność, że długo pod wodą leżąc, staje się czarném. Drzewo dębowe, któremu natura kres życia do tysiąca lat prawie zakreśliła, 300 lat rośnie, 300 lat trwa, a 300 lat starzeje się i próchnieje. Bardzo się trwałość dębu pomnoży, kiedy na rok przynajmniéj przed ścięciem, u pnia, w miesiącu maju, kora z niego zdjętą zostanie. Nie tylko on dobrze wyschnie, ale i biel która jest drzewem niedojrzałém, zjędrnieje i wzmocnieje tym sposobem.

Drugi gatunek dębu mający żołędzie zawieszone na długich szypułkach, dzieli się jeszcze na dwie odmiany, z których pierwsza daje drzewo najlepszych własności. Odznacza się tém, że drzewa téj odmiany rodzą żołędzie pojedyncze albo po dwie najwięcéj na jednéj szypułce, korę mają gładką, szarawą; dają drzewo twarde, zwięzłe, łupkie, koloru jasno-żółtawego. Rzadko jednak znajduje się w naszych lasach i zwykle z cieplejszych stron się sprowadza. Druga odmiana dębu szypułkowatego odznacza się żołędziami małemi, w gronach po 3, 4 i 5 razem rosnącemi, kolorem drzewa i kory ciemniejszym, korą chropowatą i popękaną. Daje drzewo ciężkie, włókna powichrzone i przerosłe sękami, dla tego trudne do obrabiania, po porznięciu łatwo pęka. Liść ma głębiéj wykrawany i na krótszym ogonku osadzony, niż liść dębu pospolitego.

2. *Wiąz* (Ulmus; Rüster-Ulme; orme). Kilka gatunków tego drzewa w naszych lasach rośnie; daje drzewo twarde, sprężyste, nie łatwo paczące się, i nie bardzo podlegające robactwu; tak w suchém miejscu jak w wodzie, nie o wiele ustępuje dębowi.

3. *Jesion* (Fraxinus; Esche; frêne)), daje drzewo proste i smagłe, dojrzewające po 60—70 latach. Żyje niekiedy do 200 lat i dochodzi 120 stóp wysokości. Jesion w suchém miejscu jest trwały, w zmiennéj temperaturze i wilgoci butwieje. Kolor drzewa żółtawy; jest ono ścisłe, twarde i ciężkie. Jesion pospolity rośnie w całym kraju.

4. *Buk pospolity* (Fagus sylvatica; Roth-Mastbuche; hêtre), daje piękne i wyniosłe drzewo, wzrastające aż do 200 lat, żyje do lat 600, dorasta 120 stóp wysokości. Kora na starych pniach jest gładka, szara z białemi plamami. Drzewo ścisłe i twarde, jest jednak kruche i na złamanie nie wytrzymałe. W suchém miejscu butwieje i podlega robactwu; ale w wodzie za to jest trwałe. Rośnie w Galicyi, szczególniéj na Bukowinie, w Lubelskiem, Radomskiem, w Lipnowskiem i Płockiem.

5. *Grab pospolity* (Carpinus betulus; Hornbuche; charme), dorasta swéj największéj wysokości 60 stóp dopiero po 140 latach, a grubość pnia nawet do 250 lat ciągle się powiększa. Daje drzewo białe, ciężkie, sprężyste, na

zmiany powietrza niewytrzymałe. Rośnie w całém królestwie Polskiem, oprócz w Augustowskiem, gdzie rzadko takowe napotkać można. Używa się zwykle przez młynarzy na panewki i na palce do kół zębatych.

6. *Olsza* (Alnus; die Erle; aune), drzewo nie wytrwałe na powietrzu, ale do robót podwodnych wyborne. Używa się na rury do pomp studziennych. W ciągu lat 40 do 50 dorasta do 80 stóp wysokości. Kolor drzewa czerwonawy, z czasem bielejący; podlega na powietrzu robactwu, butwieje i pęka. Dwa gatunki olszy rosną w naszych lasach, mianowicie: olsza pospolita czyli czarna (alnus glutinosa) i olsza biała (alnus incana).

7. *Brzoza pospolita* (Betula alba; Birke; bouleau), dorasta najwyżéj 60 stóp wysokości, wydaje drzewo białe, dość ciężkie lecz kruche i na powietrzu nie trwałe, łatwo podlega robactwu. Dwie są odmiany tego gatunku, a mianowicie: *brzoza czeczotka* lub *rokieta* (Betula alba pubescens) odznaczająca się naroślami na pniu i *brzoza płacząca* (Betula alba pendula), długie, zwisłe gałęzie mająca.

8. *Klon* (Acer; Ahorn; érable), dochodzi do 100 stóp wysokości i 200 lat wieku. Drzewo to w suchém miejscu trwałe.

9. *Topola* (Populus; Pappel; peuplier). Z pomiędzy kilku gatunków topoli które rosną w naszym kraju, najważniejsze są: *topola biała* czyli *białodrzew* (populus alba); *topola osika* (populus tremula); *topola sokora* lub *nadwiślańska* (populus nigra).

10. *Lipa* (Tilia; Linde; tilleul), daje drzewo miękkie i ścisłe, tak że słojów prawie nie widać, nie paczy się i nie podlega łatwo robactwu, jednak prędko butwiejące, i dla tego tylko w suchém miejscu jest trwałe.

Właściwemi u nas drzewami budulcowemi, są drzewa iglaste, a mianowicie:

1. *Modrzew zwyczajny* (Pinus larix; die Lärche; mélèze), daje najlepsze drzewo budulcowe, z powodu swego pięknego wzrostu i zalet drzewa. Kora modrzewiu jest na starych pniach brunatno-czerwona, dość gruba i równo spękana. Drzewo brunatno-czerwonego koloru, ku środkowi pnia ciemniejsze, przejęte żywicą właściwego zapachu, długo opiera się butwieniu i robaki go nie toczą. Wytrzymałe w wodzie i w powietrzu, daje najlepsze belki, podciągi i wszystkie w ogóle główne części wiązań, jak również drzewo okrętowe, młyńskie, rynny, rury wodne i t. p. Liczne mamy kościoły i dwory szlacheckie z tego drzewa, które kilka wieków zdrowo przetrwały. Drzewo to dojrzewa po 80 latach, dochodząc do 100 stóp wysokości, 3 do 4 stóp grubości, a żyje do 400 lat. Rośnie dziko w gubernii Radomskiéj, Lubelskiéj tudzież w Rawskiem i Łęczyckiem.

2. *Świerk* (Pinus abies; Kiefer; pin). Kora szaro albo czerwono-brunatna, w starości nieco popękana; ma słoje grubo żywicą przerosłe. Jest to jedno z najtrwalszych i najsprężystszych drzew iglastych; podlega jednak robactwu i na powietrzu o wiele modrzewiowi ustępuje. Drzewo to dostarcza wyśmienity materyał na maszty. Żyje do 400 lat, dorasta do 160 stóp wysokości i 4 do 5 stóp grubości. Rośnie w Augustowskiem, Lubelskiem i Radomskiem.

3. *Jodła* (Pinus picea; Weiss-Edeltanne; sapin), ma korę gładką, jasno-szarego koloru, tylko na bardzo starych pniach spękaną. Z guzowatych naróśli młodych pni, tworzących się pod korą, za nacięciem wypływa jasna żywica. Gałęzie są prawie poziomo i piramidalnie w około strzały osadzone. Drzewo

to jest koloru biało-żółtawego; lekkie, nie sprężyste i nie wytrzymałe na zmiany suszy i wilgoci. W fundamentach w ciągłéj wilgoci zostając, jest dosyć trwałe. Daje drzewo rznięte czyste, białe, nie paczące się. Rośnie w okolicach Ojcowa, Szczebrzeszyna, na górach Ś-to Krzyzkich, nad Bugiem, w Rawskiem i w Białowiezkiéj puszczy. Dorasta 180 stóp wysokości, 5 do 6 stóp grubości. Dojrzewa między 80 a 120 rokiem.

4. *Sosna pospolita* (Pinus sylvestris; Fichte, Rothtanne; sapin rouge). Najpospolitsze drzewo w naszym kraju, rośnie prosto i wysoko, korę ma brunatno-czerwoną z wiekiem pękającą. Zawiera wiele żywicy, jest koloru czerwonawo-żółtawego; z powodu swéj żywiczności drzewo sosnowe jest bardzo trwałe; zmiennéj jednak temperatury nie wytrzymuje i gnije bardzo prędko; pod wodą jednak zaleca się trwałością. Wiek doskonałego wzrostu naznacza się sosnie lat 140, może jednak żyć w zupełnéj czerstwości do 200 lat i dłużéj, i wtedy dochodzi do 120 stóp wysokości i 4 stóp grubości.

Oto są główne rodzaje drzewa używanego do budowy machin. Dokładniejsze zaś i szczegółowsze opisanie własności drzewa, poznawanie jego dobroci na pniu, ścinanie czyli spuszczanie drzewa, o drzewie budulcowém, jego obrabianiu, przechowywaniu, o pleśni drzewnéj, o konserwacyi i wytrzymałości drzewa, znajdzie czytelnik w książkach, pod tytułem: „Przewodnik dla cieśli“ i „Przewodnik dla stolarzy“ przez p. Jana *Heuricha* budowniczego z wielką znajomością rzeczy i w sposób możliwie jasny i przystępny opracowanych.

231. Metale. Wszystkie metale są nieprzenikliwe, mają swój właściwy połysk i są dobrymi przewodnikami cieplika i elektryczności. Wszystkie one są topliwe, ale w rozmaitéj temperaturze; kiedy np. rtęć czyli merkuryusz już w $-39{,}5^{0}$ C. jest płynnym, potrzebuje platyna bardzo wysokiego ciepła bo $+1700^{0}$ C., dla przejścia ze stanu stałego do stanu płynnego. Niektóre znowu metale za pomocą ciepła, mogą przejść ze stanu płynnego w stan lotny czyli gazowy, np. rtęć przy $+350^{0}$ C., cynk przy $+360^{0}$ C. i t. d. Jak to już wiemy, metale mają ciężar gatunkowy rozmaity, jedne po wodzie pływają, a drugie są dwadzieścia razy cięższe od wody.

Tylko niektóre metale mają bardzo wielką twardość, niektóre są giętkie, mogące się wyciągać, młotami wykuwać albo też walcować. Niektóre zaś bardzo kruche i łamliwe. Jeden i tenże sam metal, stosownie do tego jak był traktowany w robocie, czy był prędko albo też wolno ogrzany, a następnie ostudzony, może być kruchym lub ciągłym. Wszystkie metale łączą się z kwasorodem powietrza, na tak zwane niedokwasy, w rozmaitym stopniu ukwaszenia. Stopień powinowactwa kwasorodu do metali rozklasyfikował je na *metale szlachetne* i na *nieszlachetne.* Metalami szlachetnymi nazywamy takie, które choć żarzone lub topione na powietrzu, a jednak się nie zniedokwaszają, ani też połysku nie tracą; gdy przeciwnie nieszlachetne metale już w zwyczajnéj a témbardziéj w podwyższonéj temperaturze, chciwie przyciągają kwasoród z powietrza i pokrywają się do tego stopnia warstwą niedokwasu, że na nich metalicznego połysku dojrzeć nie można. W żelazie taka warstwa niedokwasu, nazywa się *rdza* lub *zendra.* Zniedokwaszonym metalom można znowu kwasoród odebrać; metalom szlachetnym (złotu, srebru) przez proste ich zagrzanie; zaś metalom nieszlachetnym odbiera się w taki sposób, że się je ogrzewa razem z takiemi ciałami, które mają większe powinowactwo do kwasorodu aniżeli metale, tak że w podniesionéj temperaturze kwasoród opuszczając metal, łączy się z tém ciałem (np. węglem, wodorem). Takie oswobodzenie metalu od związku z kwasorodem powietrza, nazywa się *redukcyą*. Redukować także można metale za pomocą kwasów.

Z siarką i chlorem łączą się również wszystkie metale, tak samo jak z kwasorodem. Z innymi *niemetalami*, łączą się także częściowo metale, jak np. z węglem, krzemionką, borem i t. p. Dla nas jednakże najważniejsze są połączenia żelaza z węglem, gdyż ztąd otrzymujemy: *żelazo kute*, *stal* oraz *surowiec*.

Połączenia metali pomiędzy sobą, zowią się *spiżami*, *aliażami*, *spławami* albo téż *zlewami*. Otrzymuje się takowe przez topienie metali. I tak, mosiądz jest zlewem cynku i miedzi; metal działowy i metal dzwonowy składają się głównie z cyny i miedzi; moneta srebrna składa się z aliażu srebra i miedzi, etc. Niektóre metale dają się łączyć we wszystkich stosunkach z innymi; niektóre zaś wcale się z innymi metalami nie łączą.

Niektórych metali dostarcza nam sama natura w stanie rodzimym, jak np. metale szlachetne, następnie miedź, żelazo i t. d.; lub téż pojawiają się jako metale nieszlachetne w połączeniu z kwasorodem, siarką, chlorem, arszenikiem, antymonem etc.

Zdolność do łatwego zekształtnienia się czyli krystalizacyi niektórych metali, pozbawia ich dwóch cennych własności: *ciągłości* i *klepalności*, a ztąd i *wytrzymałości*; uderzane bowiem na kowadle młotem, lub ściskane pomiędzy walcami, kruszą się w kawałki, tém drobniejsze, im uderzenie było gwałtowniejsze, a ściskanie silniejsze.

Przeciwnie, trudno-krystaliczne, pod temi okolicznościami płaszczą się, przybierając postać coraz cieńszych blaszek. Pierwsze zowią się metalami kruchymi, a drugie rozciągliwymi. Metale kruche niedadzą się użyć samoistnie w żadném zastósowaniu; rozciągliwe przeciwnie, ważne mają użycie w przemyśle i sztukach, ile tylko razy rudy ich są obfite, dobywanie łatwe, a przeto i cena produkcyi nie wysoka.

W następujących szeregach ułożone są metale:

1. Wedle stopnia ich rozciągliwości, przy walcowaniu lub kuciu:

1. Złoto,	4. Cyna,	7. Zynk,
2. Srebro,	5. Platyna,	8. Żelazo,
3. Miedź,	6. Ołów,	9. Nikiel.

2. Wedle stopnia ich ciągłości przechodząc przez drutownicę:

1. Złoto,	4. Żelazo,	7. Zynk,
2. Srebro,	5. Nikiel,	8. Cyna,
3. Platyna,	6. Miedź,	9. Ołów.

3. Wedle wytrzymałości drutów z najwięcéj używanych metali, bez zerwania się ich:

1. Żelazo	250	kilogr.	4. Srebro	85	kilogr.	7. Nikiel	48	kilogr.
2. Miedź	137	„	5. Złoto	68	„	8. Cyna	16	„
3. Platyna	125	„	6. Zynk	50	„	9. Ołów	12	„

4. Według przewodnictwa ciepła podług Despretza:

1. Złoto	1,000	4. Miedź	898	7. Cyna	303
2. Platyna	981	5. Żelazo	374	8. Ołów	180.
3. Srebro	973	6. Zynk	363		

Z téj własności korzysta się przy budowie kotłów parowych np. ognisk lokomotywowych, które się dają miedziane, aparatów cukrowniczych, gorzelniczych i chociaż cena miedzi jest daleko wyższą od żelaza, wszelako dla swojego ciepłoprzewodnictwa dwa razy większego od żelaza, chętnie się jéj w niektórych razach zamiast żelaza używa.

232. Żelazo (Ferrum; das Eisen; le fer). Żelazo odgrywa najważniejszą rolę między metalami i ma w technice najobszerniejsze zastósowanie. Żelazo znachodzi się prawie wszędzie w naturze, a nawet jego ślady napotykamy tak w królestwie roślinném jako i zwierzęcém; w tém ostatniém — mianowicie we krwi. Rzadko jednak napotykamy go w stanie rodzimym, i to jako żelazo meteoryczne. Znajduje się prawie zawsze w ukwaszonym stanie, jak równie w połączeniu z siarką i innemi pierwiastkami. Czyste żelazo jest białawo-szare, mocno lśniące, najtwardsze i najciąglejsze z metali. Posiada ziarnisto-włóknistą budowę i haczysty odłam. Jest prócz tego trudnotopne, ale w gorącu czerwoném mięknieje i dozwala się w słabym białym ogniu spajać czyli szwejsować.

W handlu będące żelazo nie jest czyste. Najczystsze jest jeszcze to, z którego są wyrobione druty a raczéj struny do instrumentów muzycznych, ponieważ tylko czyste żelazo pozwala się ciągnąć na nitki i cienkie włókna.

Surowiec. (Roheisen; fer de guesse). Do wydobycia żelaza, używa się takich tylko minerałów, które zawierają w sobie w znacznéj ilości żelazo połączone z kwasorodem, a następnie z innemi ciałami, które się dają zupełnie oddzielić i nie nadają kruchości otrzymanemu żelazu; nigdy zaś tych, które są połączone z siarką. Najważniejsze są:

Żelazo magnetyczne, żelazo szklące, żelazo czerwone, żelazo brunatne i spatyczne; nakoniec żelazo gliniaste i darniowe. Ażeby wydobyć z tych rud żelazo, należy pozbawić takowe jego kwasorodu i od rozmaitych obcych domięszań uwolnić. W tym celu rozdrabniają się poprzednio rudy i potém wypalają, a raczéj prażą, poczęści aby je kruchemi uczynić i mechanicznie jak równie chemicznie związaną wodę z nich wydzielić; poczęści także, aby obecne przy nich piryty żelazne utraciły siarkę, któréj obecność nawet $\frac{1}{1000}$ przy żelazie, wpłynęłaby szkodliwie na dobroć otrzymanego żelaza.

Po wyprażeniu, rudy bogatsze mięszają się z uboższymi (gattiren) z przyłączeniem węgla i odpowiedniego dodatku czyli przysadu (Zuschlag) t. j. kwarcu albo wapna, która to operacya zowie się przyporządzeniem. Przysady te dodają się do rud dlatego, aby zawarte w nich trudnotopliwe domieszki jak: glina, wapno, krzemionka, które wydzieleniu się żelaza stawiają przeszkodę, zamienić w łatwotopne połączenia.

Do rud ubogich w kwas krzemowy, a bogatszych w glinę, dodaje się kwarcu; do takich zaś które wiele kwasu krzemowego w sobie zawierają, dodaje się wapna.

Tak przyporządzone rudy, poddają się w *wysokich piecach* (Hochofen; grand fourneau) zupełnemu stopieniu. W ten sposób otrzymane żelazo zowie się *surowcem* albo *żelazem laném* które nie jest czystém, lecz węgiel zawierającém 4: 5%, tudzież szczupłe ilości krzemionki, glinki, siarki, i t. p.

Żelazo lane (Gusseisen; fer fondu) jest albo *srebrno-białe*, albo *szare*, w ogniu białém topne, kruche, a pozwala się nie tylko kuć ale i szwejsować. Topliwość jego zależy od większéj ilości zawartego w niem węgla. Trudniéj topne jest szare, jako mniéj węgla w sobie zawierające, i węgiel jest tu najczęściéj mechanicznie domięszany, kiedy w białym surowcu chemicznie z żelazem złączony; albowiem z pierwszego przy rozpuszczaniu w kwasie solnym obok wodorodu wydziela się grafit, gdy z ostatniego tylko wodoród węglowy.

Surowiec szary albo wprost, albo raz jeszcze przetopiony, używa się do wyrabiania rozmaitych sprzętów i naczyń lanych, ponieważ wypełnia doskonale wszystkie zarysy form modelowych.

Żelazo kute (Schmiedeeisen; fer forgé). Surowiec biały używany bywa do roboty żelaza sztabowego, przez tak zwane *fryszowanie* czyli *odświeżanie żelaza*. Ma ono na celu odciągnąć węglik surowemu żelazu i tym sposobem zamienić go w *żelazo kute*. Fryszowanie żelaza uskutecznia się najlepiéj w piecach *pudlingowych* i dlatego téż ta operacya czyli odciąganie węglika żelazu, zowie się *pudlowaniem* żelaza.

Stal (Stahl; acier). Jest żelazem węgiel w sobie zawierającém; stosunek jego do czystego żelaza, trzyma środek między żelazem laném a sztabowém.

Stal można w dwojaki sposób otrzymywać: *a*) jeżeli się odbierze surowemu żelazu tylko pewną część jego węgla, co daje stal tak zwaną *fryszerską* czyli *surową* (Rohstahl); albo *b*) jeżeli się sztabowemu żelazu różnymi sposobami węgla umyślnie dodaje, co daje stal tak nazwaną *cementową* czyli *prażoną* lub *paloną* (Cement oder Brennstahl). Jest jeszcze stal *lana* i *szwejsowana*, która w obu tych odmianach uchodzi pod nazwą stali *damasceńskiéj* na różny sposób przyrządzanéj. Do niéj także liczy się stal aliażowa otrzymana przez stopienie zwyczajnéj stali z chromem, niklem, platyną, glinem, wolframem lub molibdenem, a nakoniec z ozmem, rodem lub tytanem. Te ostatnie odmiany stali są najtwardsze i do robienia zwierciadeł nawet używane. Stal posiada jasno-szarą lub szarawą do niebieskiéj wpadającą barwę, jest twardszą i kruchszą od żelaza. Twardość jéj jest różną, podług tego jak po wyżarzeniu szybcéj albo wolniéj zastygała. Jeżeli rozpalona stal w zimnéj wodzie zanurzoną została, wtedy nabiera takiéj twardości że szkło rysuje.

Stal Bessemera fabrykuje się z surowcu w ten sposób, że w surowiec wypuszczony z pieca wielkiego bezpośrednio w piec tyglowy, wdmuchuje się parę wodną lub powietrze atmosferyczne ogrzane. Tym sposobem wypala się część węglika w surowcu, i otrzymuje się stal laną, zwaną *stalą bessemerowską*, która ma bardzo liczne zastósowanie przy budowie kotłów parowych i na drogach żelaznych.

Dla rozpoznania stali, żelaza kutego i lanego, używa się kwasu saletrowego rozcieńczonego taką ilością wody, aby tylko słabo na żelazo działał. Puszcza się tego kwasu kropelkę na żelazo doświadczane i po chwili zmywa się ją wodą. Na stali powstaje *plama czarna* (w skutek wydzielonego proszku węgla); na żelazie kutém *biaława* (w skutek utraty połysku i wystąpienia utkania krystalicznego); na żelazie lanėm *popielata* (w skutek wydzielonego węgla w postaci blaszek grafitowych).

Blacha żelazna (Eisenblech; tôle). Jak wyciąganie żelaza na sztaby, tak znów przerabianie owych sztab na blachę, uskuteczniało się dawniéj zapomocą kucia młotami, poruszanymi kołami wodnemi. Mimo wszelkiéj staranności było prawie niemożliwém, produkować w taki sposób blachę gładką i jednostajnéj grubości. W tym względzie oddają dziś wielką usługę walcownie, które oprócz tego że dają blachę gładką i jednostajnéj grubości, działają jeszcze daleko prędzéj od młotów. Od czasu wprowadzenia walców, to jest od roku

1820, nastąpił zupełny przewrot w wyrobie blachy. Na blachę bierze się w płaskich sztabach żelazo czyste, miękkie i ciągliwe. Sztaby rozcinają się w kawałki tak nazwane *sztorce* odpowiedniéj długości i grzeją się aż do żarzenia. Następnie udają się pomiędzy walce sztorcowe, które przebiegają 3 do 4-ch razy. Za każdym przejściem walce ściskają się co raz więcéj. Tak przewalcowane sztorce rozgrzewają się powtórnie i znowu przepuszczają się przez walce gładkie. Długość walców wynosi 4, 6 a czasem stóp 8, stósownie do szerokości blachy; długość bowiem blachy może być większą od szerokości. Gotowa blacha w wielkich pakietach jeszcze raz się grzeje, pod prasami ściska i za pomocą mechanicznych nożyc podług danych wymiarów obcina. Podług *Karstena* przy grubszych wymiarach blachy, otrzymuje się ze 100 centnarów sztabowego żelaza, 72 centnarów blachy i 22 centnarów obcinków; 6 centnarów ginie w ogniu. Cienkiéj blachy otrzymuje się tylko 50 procent.

Dobra blacha żelazna daje się giąć i z brzegów dziórawić, nie łamiąc się ani nie pękając. Pod nożycami blacha trzeszczeć czyli skwierczeć i kruszyć się nie powinna. Powierzchnia jéj powinna być zupełnie gładka, a delikatna niebieskawa barwa, każe wnosić o dobrym jéj gatunku. Z żelaza pudlowanego huty wyrabiają zwykle blachę wielkich rozmiarów: do budowy mostów, okrętów i kotłów parowych. Z żelaza fryszowanego wyrabia się blacha mniejszych i delikatniejszych rozmiarów. Łączenie jednego arkusza blachy żelaznéj z drugim arkuszem, nie uskutecznia się za pomocą lutowania, ale falcowania czyli zaginania, tudzież nitowania na brzegach. Nitowanie uskutecznia się ręcznie lub za pomocą maszyny wynalezionéj w r. 1838 przez *Fairbairna* a ulepszonéj przez braci *Schneider* w Creuzot.

W nowszych czasach zaczęto wyrabiać blachę ze stali lanéj, która z powodu swéj wytrzymałości kwalifikuje się do budowy okrętów i kotłów parowych. Najlepszą w tym celu jest stal Bessemera. Koszta produkcyi blachy rosną w stosunku prostym wymiarów i wagi arkuszy. I tak towarzystwo angielskie „Low-Moor“ żąda około 8 rs. za centnar blachy; ale jak tylko waga arkusza przejdzie 5 centnarów, cena centnara podnosi się do 12 przeszło rubli. Ze stali bessemerowskiéj, dają się łatwiéj niż z żelaza fabrykować arkusze 10 do 20 centnarów ważące, i mają wytrzymałość większą niż żelazne. Cztery okazy blachy kotłowéj wyprodukowanéj ze stali Bessemera, oparły się obciążeniu od 68,314 do 73,100 funtów, gdy blacha żelazna *Staffordshire* oparła się średniemu obciążeniu 45,000 funtów, a blacha Low-Moor i Bowling—najlepsze gatunki w Anglii—wytrzymały tylko 57,120 funtów na cal kwadratowy.

Miedź (Cuprum; das Kupfer, le cuivre). Metal ten w przyrodzie znajduje się albo w stanie rodzimym skrystalizowany w 6-cio albo 8-ściany, lub też połączony z kwasorodem, z siarką, chlorem, arsenem, z siarczykami i arsenkami innych metali, a nawet srebra. Znany jest od niepamiętnych czasów. Grecy i Rzymianie wyrabiali broń z niego. Nazwisko *cuprum* pochodzi od wyspy Cypr, zkąd go otrzymywali. Sposób otrzymania tego metalu jest różny, podług składu chemicznego rud i kruszców miedzianych, znajdujących się w tém lub innem miejscu. Miedź rodzima jest zbyt rzadka, aby można myśleć o jéj przetapianiu. Niedokwas i węglan miedzi, stanowiące w niektórych miejscach znaczne pokłady, mianowicie w Peru, Chili, w Uralu i t. d., przedstawiają drogocenne rudy, jaką z nich jest Malachit sybirski, których obrabianie metalurgiczne bardzo jest proste; albowiem dość jest stopić je z węglem w piecach stósownych, a otrzyma się miedź surową, którą łatwo się uwalnia od obcych domieszań przez rafinowanie.

Czysta miedź posiada charakterystyczną czerwoną barwę z mocnym metalicznym blaskiem, który się jeszcze podnosi przez polerowanie; jest ciągła i kowalna, daje się płaszczyć na cienkie blaszki i wyciągać na drut bardzo delikatny, a twardsza jest od srebra. Przez tarcie nabiera właściwego zapachu i odznacza się przykro-ckliwym smakiem. Topi się w czerwoném gorącu, a stygnąc powoli krystalizuje się w sześciany. W suchém powietrzu w zwyczajnéj temperaturze nie ulega żadnéj zmianie; lecz w wilgotném zmienia się zwolna w materyę zielonawą, złożoną z wodnika niedokwasu 1-go i węglanu miedzi; jakie to zjawisko przedstawiają posągi bronzowe w miejscach publicznych, na działanie powietrza wystawione.

Miedź ma wielkie zastósowanie w mechanice: do budowy kotłów (szczególniéj ognisk na lokomotywach), w cukrownictwie, gorzelnictwie i piwowarstwie, do pokrywania dachów, w domowém gospodarstwie, na naczynia kuchenne, tudzież na zdawkową monetę.

Cynk albo *zynk* (Zincum; das Zink; le zinc). Odkrycie tego metalu sięga czasów odległych. Starożytni znali już galman pod nazwą *Cadmia*, i używali go do wyrobu mosiądzu i innych spiżów, chociaż w nim zawartego jego metalu otrzymywać jeszcze nie umieli; a wprzódy zanim w Europie zaczęto go z rudy wydobywać, sprowadzali go z Chin do Europy Holendrzy a potém Anglicy. Dopiero w XVI wieku *Paracelsus*, właściwy metal w nim uznał i dzisiejszém nazwiskiem oznaczył.

Czysty cynk posiada niebieskawo-białą barwę z mocnym metalicznym blaskiem, a odłam krystaliczny listkowy. W zwyczajnéj temperaturze jest nieco kruchy, ogrzany pomiędzy 100 a 150^0, staje się tak ciągłym i kowalnym, iż się pozwala walcować i przerabiać na blachy, gwoździe i druty, lecz przy $+200^0$ i nieco wyżéj nabiera takiéj kruchości, że łatwo w moździerzu na proszek utrzeć się daje. Topi się częściami pomiędzy 450 a 500^0; w białém gorącu wre.

Używa się cynku do pokrywania dachów, do wyrabiania rozmaitych sprzętów, stosów galwanicznych, do przyrządzania mosiądzu, bronzu, nowego srebra i t. p.

Cyna (Stannum; das Zinn; l'etain). — Metal ten jeszcze Fenicyanom był znany; natrafia się w przyrodzie połączony z kwasorodem jako kwas cynowy (Zinnstein), lub siarką, w towarzystwie niedokwasów, albo siarczyków innych metali, jak arsenu, miedzi, zynku, żelaza i t. p. Cyna handlowa, z wyjątkiem cyny wschodnio-indyjskiéj z Malakka i Banka, jest nieczysta. Angielska z hrabstwa Cornvallis i Devonshire zawiera ślady miedzi i żelaza, oprócz ziarnistéj, która jest wolną od miedzi. Cyna niemiecka zawiera zawsze przy sobie żelazo, miedź, arsen, molybden, wolfram i bizmut.

Czysta cyna posiada barwę białą, srebrzystą, jest mało twarda, bardzo ciągła i kowalna. Wydaje pewną charakterystyczną woń, podobną nieco do gnijących ryb, mianowicie gdy jest ogrzana lub pocierana ręką, a do ust wtedy wprowadzona, wznieca nieprzyjemny smak. Zginana wydaje szelest, zwany trzeszczeniem cyny, co pochodzi od wzajemnego wywierania na siebie pewnego tarcia kryształów, składających jéj massę. Pręt cynowy gięty kilka razy w jednem i tém samém miejscu, ogrzewa się wyraźnie. Topi się w temperaturze $+228^0$.

Cyna znajduje zastósowanie do wyrabiania rozmaitych sprzętów i naczyń, do pobielania wyrobów żelaznych, miedzianych, mosiężnych, do podkładania zwierciadeł i t. p.; do przyrządzania rozmaitych preparatów cynowych, oraz wielu aliaży.

Ołów (Plumbum; das Blei; le plomb). — Metal ten znany w bardzo odległéj starożytności i zwany przez dawnych chemików *Saturnem* dla tego, iż wedle ich mniemania, wypalany z innymi metalami, miał je pożerać, znajduje się w naturze tak rodzimy jak i w połączeniu z kwasorodem, lub z kwasem węglowym, a najzwykléj ze siarką, pod nazwiskiem ołowianki albo galeny. Handlowy ołów zawiera w sobie często ślady żelaza i miedzi, a czasami srébra. Czysty ołów ma barwę szaro-niebieskawą z żywym metalicznym połyskiem na świeżo odkrajanéj powierzchni; jest bardzo miękki i daje się nożem krajać i paznokciem rysować; przy tém nieco wala i szaro pisze. Jest bardzo kowalny. Topi się między $+325$ a 335^0.

Ołowiu używa się na rury do przeprowadzania wody rzecznéj lub źródlanéj, do fabrykacyi śrótu, do robienia blach, różnych spiżów, do pokrywania izb, w których wyrabiają a w części zagęszczają kwas siarkowy, do fabrykacyi blejwasu, różnych farb ołowianych i t. p.

Spiże, czyli aliaże lub amalgamata. Z pięćdziesięciu kilku metali dotąd znanych, mała tylko ich liczba, jak platyna, żelazo, miedź, cynk, rtęć, ołów, cyna, srebro i złoto używają się w stanie czystym. Co zaś do innych metali, te albo bardzo łatwo zmieniają się pod wpływem atmosferycznych działaczy, lub kruszą pod naciskiem, albo uderzeniem. Ale, jeżeli niektóre metale, jak np. ołów, są zbyt miękkiemi, inne zaś jak antymon, zbyt kruchemi, wtedy zmieszane z sobą w pewnym stosunku i stopione poprawiają swoje nieużyteczne własności i dają nam związki znane pod ogólném mianem spiżów; które, gdy do nich wchodzą metale szlachetne, zowią się aliażami, ortęciami zaś lub amalgamatami, jeżeli rtęć mieszczą w sobie, a jakie w sztukach najkorzystniéj zastosować się dają. Chcąc np. odlać czcionki drukarskie, nie można użyć do tego ani samego ołowiu ani antymonu; pierwszy jako miękki płaszczyłby się pod naciskiem prasy; antymon bardzo znowu kruchy, kruszyłby się. Wszelako połączywszy te metale w stosunku: 4 części co do wagi ołowiu, na 1 część antymonu, otrzymamy produkt odlewający się bardzo łatwo, mający dostateczną wytrzymałość na ciśnienie i nie dziurawiący papieru.

Przez łączenie metali jednych z drugiemi, nie tylko zmieniamy ich własności, ale zmieniając ich stosunek do siebie, nadajemy tym związkom różne charaktery.

Miedź w stanie wolnym jest zbyt miękkim metalem na działa; kula odbijając się o ściany, wkrótceby w niéj porobiła jamy, które zmniejszyłyby celność strzału. Łącząc jednak miedź z cyną w stosunku: 90 części miedzi a 10 części cyny, otrzyma się produkt topliwszy od miedzi, a twardszy i stawiający taki opór kuli, że działa wyrobione z niego, mogą dać bardzo wielką liczbę strzałów, nim staną się nieużyteczne. Lecz spiż ten nie daje się znów użyć na dzwony i na narzędzia muzyczne, dla braku dźwięku. Zmieniwszy jednak stosunek do siebie tych metali, miedzi 78 : 80, a cyny 22 : 20, otrzymamy spiż posiadający znakomitą dźwięczność, ale bardzo kruchy, który nie byłby na armaty przydatnym. Jeżeli metale wchodzą do spiżu w równym stosunku, wtedy takie spiże bywają albo ciągłe, albo kruche; jeżeli zaś ilość jednego metalu jest znacznie większa, natenczas spiż w ogóle bywa ciągły. Jednak gdy metal ciągły łączy się z kruchym, a metal kruchy góruje nad nim, to spiż będzie kruchy. Spiże zaś, w których ilość ciągłego metalu znacznie przeważa, są prawie zawsze ciągłe; a wszystkie utworzone z kruchych metali, są kruche. Spiż składający się z 8 części bizmutu, 3 części ołowiu i 3 części cyny, topi się w temp. pomiędzy + 93 a 95°; własność ta ma zastósowanie przy robieniu topliwych klap bezpieczeństwa do kotłów parowych.

Mosiądz (Messing; laiton, cuivre jaune).

Mosiądz składa się $^2/_3$ części miedzi, a $^1/_3$ części cynku, lecz obrabianie go pilnikiem lub na tokarni jest daleko łatwiejsze, jeżeli doda się do niego nieco ołowiu i cyny. Zastósowanie mosiądzu przy budowie machin i kotłów parowych jest wielkie. Wszystkie panewki, kraniki, oliwiarki i rury płomienne, robią się z tego metalu. Tu należą także spiże znane pod nazwą: similoru, złota manheimskiego, tombaku i t. p. do których przy cynku, a czasem i cynie, wchodzi mniéj lub więcéj miedzi, a jakie mają bardzo piękną barwę, podobną do złota. Spiż braci Keller, z którego odlano posągi stojące w Wersalu, składa się z 91 miedzi, 6 cynku, 2 cyny i 1 części ołowiu.

Spiż używany we Francyi na wyrób monety zdawkowéj, składa się z 95 części miedzi, 5 cyny i 1 części cynku. Bronz na medale zawiera 95 części miedzi, 5 cyny i kilka tysiącznych cynku. Spiże przedstawiają ciekawą a odwrotną własność stali; są one bowiem twarde i kruche, jeśli będą studzone powoli; przeciwnie zaś studzone prędko, przez zanurzenie w zimnéj wodzie, stają się bardzo kowalnymi.

Aliaże podług Kosaka.

Mieszanina	Miedź	Cyna	Cynk	Ołów
Odlew czerwony . . .	5—10	—	1	—
Mosiądz	5	—	2	—
Bronz	15	2	1—2	1
Metal dzwonowy . . .	4	1	—	—
Metal działowy . . .	10	1	—	—

Aliaże podług Inżyniera A. Miecznikowskiego.

Nazwa metalu	1	2	3	4	5	6	7
Miedzi	80	82	83	90	86	83,6	79
Cyny	18	16	15	4	14	8,8	8
Cynku.	2	2	1,5	6	—	7,6	5
Ołowiu	—	—	0,5	—	—	—	8

	8	9	10	11	12	13	14
Miedzi	66,67	88	84	88,5	91,4	88,7	86,3
Cyny	14,58	10	14	2,5	8,6	8,3	11,4
Cynku	—	2	2	9,0	—	3,0	2,3
Ołowiu	18,75	—	—	—	—	—	—

	15	16	17	18	19	20
Miedzi	80	22,2	13,3	2	80	81
Cyny	16	33,2	73,3	80	18	17
Cynku.	1	—	—	—	—	—
Ołowiu	2	44,4	13,3	18	2	2

Aliaż Nr. 1 jest biały i bardzo twardy, lecz dający się łatwo toczyć i piłować; używa się na panewki do parowozów. Nr. 2 więcéj czerwonawy i kowalny jak poprzedni, używa się na suwacze. Nr. 3 na panewki wystawione na silne tarcie i uderzenia. Aliaże od 4 do 8 włącznie, używają się w ogóle na panewki maszyn; przyczém aliaże zawierające cynk są tańsze, lecz mniéj dobre od innych. Nr. 9 używa się na cylindry pomp i kurki; w rozłamie aliaż ten jest czerwony, daje się łatwo piłować i polerować. Nr. 10 używa się na pierścienie mimośrodów. Nr. 10 do tłoków na lokomotywach. Nr. 12 i 13 na kółka zębate. Nr. 14 na śruby o grubym gwincie. Nr. 15, 16, 17 i 18 przedstawiają aliaże, w których skład wchodzi większa lub mniejsza ilość antymonu i które również używane są na panewki, pierścienie tłoków i stawidła (szybry) w lokomotywach. Aliaże Nr. 19 i 20 są wprawdzie twarde, lecz dają się dobrze toczyć i obrabiać pilnikiem; używane bywają na świstawki przy kotłach parowych.

Aliaże podług mechanika Karola Vogtmana.

1) Metal biały na panwie.

Miedzi . . .	6,38
Antymonu . .	22,34
Cyny	71,28
	100.—

2) Metal biały do wylew. panewek.

Miedzi . . .	14,22
Cyny	85,34
Antymonu . .	0,44
	100.—

3) Metal biały na suwacze.

Miedzi . . .	11,38
Cyny	72,62
Antymonu . .	16,00
	100.—

4) Metal do tłoków.

Miedzi . . .	5,59
Cyny	86,76
Antymonu . .	7,65
	100.—

5) Mosiądz czerwony.

Miedzi . . .	88,50
Cyny	11,50
	100.—

6) Mosiądz żółty.

Miedzi . . .	71,43
Cynku . . .	28,57
	100.—

7) Lut (Szlaglot) Nr. 1.

Mosiądzu w rurach płomien.	74,18
Cynku	25,82
	100.—

8) Lut Nr. 2.

Mosiądzu	64,51
Cynku	35,59
	100.—

Biały metal na obręcze tłokowe, podług Krausa *mechanika w Monachium.*

Cyny . . .	80 części
Antymonu . .	10 „
Miedzi . . .	10 „
	100.

233. Wiadomo jest z doświadczenia, że przy zastyganiu odlewu, takowy się ściąga czyli skurcza, t. j. przyjmuje mniejszą od modelu objętość; przy wyrabianiu przeto modeli, należy mieć wzgląd na owo *skurczanie* się (Schwindmaass) metali i dla tego modele o tyle należy powiększyć, o ile skurcza się odlew po zastygnięciu. Następująca tablica podaje miarę skurczania się niektórych metali:

Miara skurczania się metalu:	Na długość	Na objętość
Dla żelaza lanego	$^1/_{97}$	$^1/_{32}$
„ mosiądzu	$^1/_{64}$	$^1/_{22}$
„ spiżu działowego	$^1/_{130}$	$^1/_{44}$
„ bronzu pomnikowego	$^1/_{77}$	$^1/_{26}$
„ cyny	$^1/_{146}$	$^1/_{49}$
„ ołowiu	$^1/_{92}$	$^1/_{31}$

Wszystkie większe odlewy, płacą się pospolicie podług wagi czyli ciężaru, przy sporządzaniu więc kosztorysów, następująca formuła będzie bardzo użyteczną:

$$C = \frac{a-1}{a} \cdot \frac{S}{s} \cdot M.$$

gdzie C oznacza ciężar czyli wagę niewiadomą odlewu,
„ S ciężar gatunkowy odlewu,
„ s „ modelu,
„ M bezwzględny ciężar modelu
„ a stosunek skurczania, t. j. objętość pierwotna podzielona przez miarę skurczania; ta ostatnia jak widzimy z powyższej tablicy dla żelaza lanego $= ^1/_{32}$ na objętość, zatém w powyższéj formule należy za a podstawić 32. Następująca tablica podaje cyfry czyli spółczynniki obliczone przez *Karmarscha*, przez które należy pomnożyć ciężar modelu, aby ciężar odlewu otrzymać. Pod α są cyfry średnie, a pod β są cyfry najwyższe (maximum).

Materyał modelu	Materyał odlewu					
	żelazo lane α	żelazo lane β	Mosiądz	Czerwony odlew	Metal działowy	Cynk
Drzewo sosnowe	14	17,5	15,8	16,4	16,3	13,5
„ dębowe	9,0	10,9	10,1	10,4	10,3	8,6
„ bukowe	9,7	11,1	10,9	11,4	11,3	9,4
„ lipowe	13,4	—	15,4	15,7	15,5	12,9
„ gruszkowe	10,2	13,0	11,5	11,9	11,8	9,8
„ brzozowe	10,6	13,5	11,9	12,3	12,2	10,2
„ olszowe	12,8	13,5	14,3	14,9	14,7	12,2
„ machoniowe	11,7	—	13,2	13,7	13,5	11,2
Mosiądz	0,84	0,95	0,95	0,99	0,98	0,81
Cynk	1	—	1,13	1,17	1,16	0,96
Cyna	0,89	1,11	1	1,03	1,03	0,85
Ołów	0,64	0,79	0,72	0,74	0,74	0,61
Żelazo lane	0,97	—	1,09	1,13	1,12	0,93

234. Granica sprężystości ciał. Siła z jaką każde ciało stałe opiera się rozdzieleniu swoich cząstek, czy to przeciwko *zerwaniu*, *złamaniu*, *zgnieceniu*, czyli téż *skręceniu*, zowie się w ogólności jego *wytrzymałością*, a wytrzymałość ta w pierwszym razie nazywa się *bezwzględną* (Absolute oder Zugfestigkeit; l'effort de traction); w drugim razie *względną* (Relative oder Biegungsfestigkeit; l'effort de flexion); w trzecim razie *wsteczną* (Rückwirkende oder Druckfestigkeit; l'effort de compression); a w czwartym razie wytrzymałością *skręcenia* (Torsions - oder Verdrehungsfestigkeit; l'effort de torsion).

Wiadomo jest z licznych prób i przedsiębranych doświadczeń, że każde ciało, nim nastąpi rozdział jego cząstek, musi wprzódy uledz pewnemu *przedłużeniu*, *wygięciu*, *skróceniu* albo *przekręceniu*, t. j. musi wprzódy mniéj lub więcéj zmienić swoją pierwotną formę. Gdyby ciała były zupełnie elastycznemi czyli sprężystemi, wtedy każda taka zmiana formy natychmiast musiałaby zniknąć, z ustąpieniem działającéj siły zewnętrznéj; ale to wracanie ciała do pierwotnéj formy, ma jedynie miejsce *w granicach jego sprężystości*. Granica *sprężystości niezmiennéj* oznacza się wielkością siły jakiéj ciało stawia jeszcze opór, mimo to, że jego cząsteczki były przedłużone, wygięte, skrócone albo przekręcone, i natychmiast wraca do pierwotnéj swojéj formy, po usunięciu téj siły.

Ale, jeżeli przedłużenie lub skrócenie przejdzie tę granicę, wtedy zmiana formy ciała odbywa się już daleko prędzéj, niż zwiększanie się siły, która sprowadziła tę zmianę. W takim razie po zniknięciu siły zewnętrznéj, ciało nie tylko że nie wraca już do pierwotnéj swojéj formy, ale nawet po kilku takich powtórzonych przedłużeniach lub skróceniach, *urywa się* lub *łamie*.

235. Prawo przedłużenia się i skracania materyałów. Zamiennik sprężystości. Siła, która drążek pryzmatyczny lub walcowy, w granicach sprężystości przedłuża lub ściska, jest proporcyonalna przekrojowi s i przedłużeniu lub skróceniu a; jest zaś w odwrotnym stosunku do długości L rzeczonego drążka.

Niechaj P oznacza tę siłę, zaś E spółczynnik odpowiadający materyałowi, z którego zrobiony jest pręt czyli sztaba, to będziemy mieli:

$$P = E \cdot \frac{as}{L}.$$

Ponieważ E przedstawia stopień sprężystości materyału, dla tego zowie się *zamiennikiem* czyli *modułem sprężystości*. Gdybyśmy dla pręta, którego przekrój $s = 1$, przedłużenie lub skrócenie a uczynili równém pierwotnéj jego długości, to wtedy siła działająca P, stałaby się równą zamiennikowi E. Zamiennik jest przeto siłą, którą należy wyrazić w téj saméj jednostce, np. w kilogramach, co i siłę P. Jeżeli przekrój drążka przyjmiemy za jedność, to będzie się miała siła P do zamiennika sprężystości, jak przedłużenie pręta do jego pierwotnéj długości.

Przykład I. Podług *Hodgkinsona* (ob. tab. na str. 200) może siła równa 187 kil., przedłużyć pręt żelazny kuty na 1 metr długi, 1^{cm} □ w przekroju mający, o 0,082 millimetrów. Jaki będzie zamiennik sprężystości dla tego żelaza?

Podług powyższego będzie: dla $s = 1^{cm}$ □, $L = 1^{m}$, $a = 0{,}000082^{m}$.

Zatém zamiennik $E = P \dfrac{L}{as} = 187 \times \dfrac{1}{0{,}000082} = 2280487$ kil.

Podług zaś *Ardanta* otrzymamy dla twardego żelaznego drutu:

Zamiennik $E = 500 \times \dfrac{1}{0{,}00026} = 1923080$ kil.

Przykład II. Jeżeli 4 filary utrzymujące wierzch i spód prasy hydraulicznéj, długie po 175^{cm}, wystawione są na działanie siły ciągnącéj 1000 kilogr. na 1^{cm} □; zachodzi pytanie o ile przedłużą się rzeczone filary?

Niechaj zamiennik sprężystości E na 1^{cm} □, przekroju będzie $= 2000000$ kilogr.;

to przedłużenie a wypadnie $= \dfrac{PL}{Es} = \dfrac{1000 \times 175}{2000000 \times 1} = 0{,}0875^{cm}$.

Tabelka

wskazująca przedłużenie się żelaza kutego i lanego na jeden metr bieżący.

Drut żelazny podług Ardanta			Sztaba żel. kuta podług Hodgkinsona			Żelazo lane podług Hodgkinsona		
Obciążenie	Przedłużenie		Obciążenie	Całkowite	Stałe	Obciążenie	Całkowite	Stałe
na 1^{cm} □	Zglijowany	Twardy	na 1^{cm} □	przedłużenie	przedłużenie	na 1^{cm} □	przedłużenie	przedłużenie
500 kilog.	0,29 mil.	0,26 mil.	187 kilog.	0,082 mil.		74 kilogr.	0,075 mil.	
1000	0,59	0,52	375	0,185		111	0,114	0,0018 mil.
1500	1,17	1,04	562	0,284	0,0025 mil.	148	0155	0,0045
2000	1,47	1,30	749	0,380	0,0034	220	0,204	0,0089
2500	2,50	1,57	937	0,475	0,0042	296	0,326	0,0146
3000	13,00		1125	0,571	0,0051	370	0,416	9,0220
3250	14,10	2,22	1312	0,665	0,0068	444	0,551	0,0310
3500	18,00	2,40	1500	0,760	0,0101	517	0,611	0,0430
4000	20,50		1687	0,873	0,0330	592	0,715	0,0559
4250	Zerwanie	2,82	1875	1,013	0,0830	666	0,828	0,0703
4500		3,10	2250	2,227	0,2617	740	0,946	0,0884
4900		Zerwanie	2625	9,156	8,4691	815	1,068	0,1088
			3000	17,888	16,5145	886	1,206	0,1339
			3374	24,774	22,7087	963	1,392	0,1746
			3562	34,935	32,8201	1040	1,548	0,2007
			3745	Zerwanie				

Tabelka dająca miarę przedłużania się drzewa.

Dębina podług Minarda		Sośnina podług Ardanta	
Obciążenie na 1^{cm} □	Przedłużenie na 1 metr bież.	Obciążenie na 1^{cm} □	Przedłużenie na 1^{cm} □
132 kilogr.	0,98 mill.	42 kilogr.	0,26 mill.
0	0	111	0,66
168	1,48	222	1,44
0	0	337	2,44
240	1,72	444	3,26
0	0,25	555	4,16

Tabelka dająca miarę przedłużania się skóry.

Pasy skórzane, nowe			Pasy skórzane krótko używane, cokolwiek już wyciągnięte			Pasy skórzane po długiém użyciu, mocno wyciągnięte	
Obciążenie na 1^{cm} □	Przedłużenie na 1^{m} b.	Przedłużenie stałe	Obciążenie na 1^{cm} □	Przedłużenie na 1^{m} b.	Przedłużenie stałe	Obciążenie na 1^{cm} □	Przedłużenie na 1^{m} b.
20^{k}	$3{,}0^{cm}$	$0{,}82^{cm}$	5^{k}	$0{,}68^{cm}$	$—^{cm}$	$33{,}3^{k}$	$0{,}94^{cm}$
40	4,7	1,33	10	1,18	0,50	57,1	1,67
60	6,25	1,88	20	2,12	0,90	81,0	2,30
80	7,65	2,51	30	3,00	1,21	104,8	3,39
100	9,38	3,10	50	4,60	1,65	123,9	4,60
130	11,70	4,09	70	6,10	2,06	147,6	6,29
160	13,95	5,20	100	8,20	2,65	160,0	7,40
200	16,70	6,77	130	11,29	3,77	176,2	8,20
220	18,75	7,90	155	15,20	5,78	190,0	Zerwanie
235	Zerwanie		185	Zerwanie			

Tabelka dająca miarę przedłużania się rozmaitych materyałów aż do granic sprężystości.

Wyszczególnienie materyału	Przedłużenie na 1 mètr bieżący	Obciąż. odpowiadające temu przedłuż. na 1^{cm} □	Zamiennik sprężystości E na 1^{cm} □
	metrów	kilogr.	kilogr.
Dębina	$^1/_{600} = 0{,}00167$	213	120000
Jodlina	$^1/_{750} = 0{,}00133$	185	130000
Sośnina	$^1/_{470} = 0{,}00210$	315	150000
Buczyna	$^1/_{570} = 0{,}00175$	163	93000
Jesionina	$^1/_{885} = 0{,}00113$	127	110000
Wiąz	$^1/_{414} = 0{,}00242$	225	97000
Żelazo miękkie w drucie . . .	$^1/_{1250} = 0{,}00080$	1475	1800000

Wyszczególnienie materyału	Przedłużenie na 1 metr bieżący	Obciąż. odpowiadające temu przedłuż. na 1cm □	Zamiennik sprężystości E na 1cm □
Żelazo sztabowe	$^1/_{1400}$ = 0,00071	1400	2000000
Stal niemiecka, b. dobra . . .	$^1/_{835}$ = 0,00120	2500	2100000
Stal lana	$^1/_{450}$ = 0,0022	6600	3000000
Żelazo lane, drobno ziarniste . .	$^1/_{1200}$ = 0,00083	670	909600
Drut miedziany	—	—	1310000
Drut mosiężny	$^1/_{742}$ = 0,00135	1500	1000000
Metal działowy (spiż).	$^1/_{1590}$ = 0,00063	200	320000
Mosiądz	$^1/_{1320}$ = 0,00076	480	645000
Glin (aluminium)	—	800	675700
Drut ołowiany wyciągany na zimno, $6\frac{m}{m}$ średnicy	$^1/_{2000}$ = 0,00050	40	80000
Ołów lany	$^1/_{477}$ = 0,00210	100	50000
Pas skórzany, nowy	—	—	666
„ mało używany . .	—	—	850
„ długo używany . .	—	—	1200

Tabelka dająca miarę ściskania się żelaza kutego i lanego na metr bieżący, podług Hodgkinsona.

Sztaba żelazna kuta		Sztaba żelazna lana	
Obciążenie na 1cm □	Całkowite ściśnienie	Obciążenie na 1cm □	Całkowite ściśnienie
kilogr.	millim.	kilogr.	millim.
341	0,23	336	0,45
644	0,43	487	0,63
940	0,61	637	0,85
1093	0,71	792	1,05
1245	0,80	944	1,26
1392	0,90	1230	1,44
1545	0,99	1370	1,75
1695	1,08	1528	2,07
1840	1,18	1825	2,49
1995	1,28	2120	2,97
2145	1,45	2420	3,53
2290	1,78	2720	4,18
		3020	4,72
		3320	5,64
		3620	7,19
		4200	—

Uwagi:

1) Przedłużenia są proporcyonalne siłom, dla żelaza kutego aż do 1400^k, dla żelaza lanego do 660^k; ściśnienia są także proporcyonalne siłom, dla żelaza kutego do 1550^k, dla żelaza lanego do 1400^k.

2) Przy jednakiém obciążeniu, w granicach sprężystości, ściska się żelazo kute prawie tak mocno, jak się i rozciąga. Tak samo i żelazo lane.

3) Rozciągliwość i ścisłość żelaza lanego przy jednakiém obciążeniu, jest prawie dwa razy większa aniżeli żelaza kutego.

236. Wytrzymałość bezwzględna. Jeżeli okrągły lub pryzmatyczny drążek A B (Fig. 165) umocujemy w końcu A w kierunku pionowym, a drugi jego koniec B dotąd ciężarem Q obciążać będziemy, dopóki się ten drążek nie urwie, wtedy ciężar Q stanie się miarą wytrzymałości *bezwzględnéj* czyli wytrzymałości *ciągnienia* owego drążka.

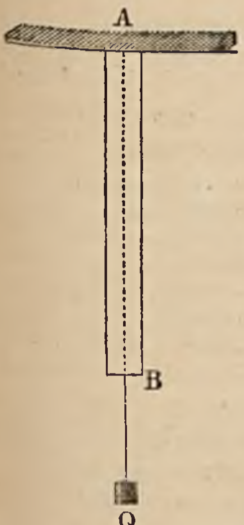


Fig. 165.

Ze względu na wytrzymałość bezwzględną, doświadczenie podaje następujące prawidło: *wytrzymałość bezwzględna ma się w prostym stosunku do przekroju drążka*; t. j. jeźli drążek z tego samego materyału ma przekrój 2, 3, 4 razy większy, to miara jego wytrzymałości będzie także 2, 3, 4 razy większą. Jeżeli przeto a i A są przekrojami drążków z tego samego materyału, zaś q i Q wyrażają ciężary potrzebne do zerwania owych drążków, to otrzymamy następującą proporcyę:

$$Q : q = A : a \quad \text{zkąd}$$

$$Q = \frac{q}{a} A.$$

Aby z téj formuły zrobić potrzebny użytek, należy spółczynnik $\frac{q}{a}$ przez doświadczenie oznaczyć. Dla uproszczenia rachunku, przypuśćmy że q jest ciężarem dostatecznym do zerwania drążka o przekroju $a = 1$. Jeżeli więc podstawimy za $\frac{q}{a} = m$, to otrzymamy:

$$Q = m . A.$$

t. j. że znajdziemy ciężar potrzebny do zerwania drążka o przekroju A, jeżeli ciężar m potrzebny do zerwania jednostki tego przekroju, pomnożymy przez cały przekrój A. Dla oznaczenia spółczynnika m robiono liczne doświadczenia, a otrzymane w liczbach wypadki, ułożono w odpowiednie tablice. Liczby te nazywają się *zamiennikami* wytrzymałości bezwzględnéj. Przekrój bierze się zwykle równy 1 ^{cm} □. Aby więc znaleźć wytrzymałość bezwzględną jakiego materyału, należy jego przekrój wyrażony w centimetrach □, pomnożyć przez zamiennik, odpowiadający owemu materyałowi. Czasami znajdujemy zamiennik odpowiadający 1 millim. □, ale w takim razie ten zamiennik będzie 100 razy mniejszy. Umyślnie bierzemy tutaj miary i wagi francuzkie, gdyż z centimetrów łatwo przejść do cali, a z kilogramów do funtów, przez użycie tylko odpowiedniéj redukcyi (obacz rozdz. V, *miary* i *wagi*, str. 77.)

Dla wszelkiego bezpieczeństwa, bierze się w praktyce dla materyałów następujące części wytrzymałości, jakie wypadają z rachunku:

1) dla konstrukcyj będących w spoczynku, nie wystawionych na żadne uderzenia i na zmienne obciążenia . . . . . . $\frac{1}{5}$ do $\frac{1}{4}$.

2) gdy mają miejsce uderzenia słabe i przy częstych zmianach natężeń . . . . $\frac{1}{12}$ do $\frac{1}{8}$.

3) przy uderzeniach silnych i bardzo częstych zmianach natężeń . . . . $\frac{1}{35}$ do $\frac{1}{20}$.

I. Zamiennik wytrzymałości dla kamieni, na 1cm □.

Bazalt z Auvergne	77	kilogr.
Kamień wapienny z Portland	60	,,
,, biały drobnoziarnisty . .	15	,,
Piaskowiec	23	,,
Cegła b. dobrze wypalona	19	,,
,, słabo wypalona	8	,,
Gips dobry	12	,,
Zaprawa z dobrego hydraulicznego wapna .	15	,,
,, z tłustego wapna, 40-letnia . .	4	,,

II. Zamiennik wytrzymałości dla drzewa na 1cm □.

	W kierunku włókien.	Prostopadle do włókien.
Sośnina	450 kilogr. — 700 kil.	20 kilogr. — 49 kil.
Buczyna	400 ,, — 600 ,,	60 ,, — 80 ,,
Dębina	500 ,, — 700 ,,	60 ,, — 150 ,,
Jesion	700 ,, — 900 ,,	20 ,, — 50 ,,
Klon	400 ,, — 500 ,,	70 ,, — 100 ,,
Bukszpan	1100 ,, — 1200 ,,	

III. Zamiennik wytrzymałości dla metali na 1cm □.

Żelazo sztabowe (najmocniejsze w cienkich sztabach) . . .	5000	kilogr.
,, (najsłabsze w grubych sztabach)	2800	
,, średnich wymiarów	3600	
Drut żelazny (najmocniejszy od 0,5 do 1 millim. średnicy) . .	7000	
,, od 1,5 do 3 millim. średnicy	6200	
,, wyżarzony czyli zglijowany, o miernéj średnicy .	4500	
Blacha walcowana, średnia z licznych doświadczeń	3300	
Żelazo lane, gatunek najlepszy	1300	
,, gatunek pośledni	850	
,, gatunek pośredni z licznych doświadczeń . . .	1150	
Stal cementowa rafinowana	9900	
,, nie rafinowana	3000	
Stal resorowa, angielska	8888	
,, pruska	6464	
,, styryjska	7272	
Stal lana, kuta	10000	
Stal Huntzmana	9696	
Stal Kruppa (w lufie karabinowéj)	8080	

Blacha stalowa (podług profesora Burga)	7180	kilogr.
„ styryjska (podług jenerała Uchatiusa) . . .	6575	
Spiż czyli metal działowy, średni	2300	
Miedź walcowana w kierunku długości	2100	
„ kuta	2500	
„ lana	1340	
Mosiądz	1250	
Glin (aluminium) lany	1096	
„ kuty	2103	
Cyna lana	300	
Cynk lany	600	
„ walcowany	500	
Ołów	130	

IV. Zamiennik wytrzymałości rozmaitych materyałów na 1 ^{cm} □.

Lina konopna smolona, w marynarce angielskiej	390	kilogr.
„ „ francuzkiej	435	
Lina z konopi Strasburgskich 13—14 mill. średnicy . . .	800	
„ Lotaryngskich 23 mill. średnicy	600	
Skóra wołowa i końska wielka	250	
Mała skóra końska	210	
Skóra cielęca	130	
Papiér rysunkowy z Fiume (w Austryi) z lnu i trochy bawełny	199	
Papiér z włókien drzewnych Voltera w Heidenheim . . .	442	

Przykład 1. Sztaba żelazna kuta o jednostajnym przekroju, zawieszona jest pionowo. Jak musi być długą aby się pod własnym ciężarem urwała?

Przekrój sztaby niechaj będzie . . . . $=$ 1^{cm} □.
Ciężar jéj na 1^{m} bieżący . . . . $=$ 0,78 kil.
Ciężar sztaby na x metrów długości przy któréj się urwie . . . . $=$ 0.78 x.
Zamiennik wytrzymałości przy zerwaniu . . . $=$ 3900
Zatém ciężar 0,78 x musi być równy temu zamiennikowi. Zkąd:

$$\text{Szukana długość } x = \frac{3900}{0,78} = 5000^{m}$$

Przykład 2. Jak powinny być grube 4 okrągłe żel. kute filary przy prasie hydraulicznéj, mające wytrzymywać ciśnienie 200000 kilogramów?

Przy poczwórném bezpieczeństwie należy przyjąć w rachunku ciśnienie $=$ 800000 kilogr., a jeżeli zamiennik wytrzymałości dla żelaza kutego weźmiemy 3600 kilogramów, to wszystkie 4 filary razem wzięte muszą mieć przekrój:

$$\frac{800000}{3600} = 222 \text{ centim. } \square,$$

a zatém każdy z nich po $55\,^{1}/_{2}$ centim. □, czyli w przybliżeniu 84 millimetrów średnicy.

Przykład 3. Most drewniany z wiązaniem wiszącém, czyli most hengewerkowy, opatrzony jest dwoma słupami pionowymi wiszącymi, zapobiegającymi wyginaniu się takowego na środku długości; każdy z owych słupów musi dźwigać ciężar 400 centnarów 100 funtowych polskich. Jak wielki musi być przekrój tych słupów, jeżeli mają być sosnowe, aby z wszelkiém bezpieczeństwem powyższy ciężar znosiły?

Wiemy że $A = \frac{Q}{m}$, gdzie A jest przekrojem słupa, Q ciężarem = 400 centn., a m zamiennikiem. Ponieważ 40000 funtów pols. = 16000 kilogr. zaś zamiennik dla drzewa sosnowego na 1 cm. □ = 700 kilogr. Biorąc 6-cio krotne bezpieczeństwo, będzie $m = \frac{700}{6} = 116$ kilogr. Będzie więc $A = \frac{16000}{116} = 138$ centim. □. Ponieważ $\sqrt{138} = 11{,}7473$, zatém słup wiszący o przekroju kwadratowym winien być gruby 11,75 centimetrów, czyli 4,7 cali, a ze względu na butwienie drzewa 6 cali polskich, jeżeli ma znosić ciężar 400 centnarów z 6-cio krotném bezpieczeństwem.

V. Doświadczenia Fairbairna z b. dobrém żelazem sztabowém w różnych temperaturach.

Temperatura	Przekrój sztaby	Rozciągnięcie przy zerwaniu	Ciężar zrywający na 1 cm. □.
— 36° C.	1,6 cm. □	$^1/_{15}$	4445 kilogr.
+ 16	1,6	$^1/_{14{,}6}$	4356
+ 46	1,6	$^1/_{21{,}4}$	4980
+ 100	1,6	$^1/_{18{,}8}$	5812
+ 132	1,6	$^1/_{16{,}2}$	6050
+ 154	1,27	$^1/_{19}$	5664
+ 163	1,27	$^1/_{20}$	6153
+ 213	1,6	$^1/_{18{,}8}$	5753
+ 224	1,6	$^1/_{19}$	6050
Żar czerwony	1,6	$^1/_{21{,}0}$	2536

Podług doświadczeń pp. Thémery i Poirier, wytrzymałość sztaby żelaznéj spadła z 4345 kilogr. na 780 kilogr. a więc na $^1/_6$ pierwotnéj wartości, kiedy została ogrzaną do czerwoności. P. Styffe twierdzi i bardzo racyonalnie, iż podczas twardéj zimy szczególniéj na drogach żelaznych, rozmaite części żelazne pękają daleko częściéj niż w temperaturze zwyczajnéj dla tego, że podkłady i ziemia jako mocno zmarznięte utraciwszy elastyczność, nie mogą się poddawać, przez co wszelkie uderzenia są niezmiernie szkodliwemi.

VI. Doświadczenia z blachą żelazną.

a) Doświadczenia Clarka.

	Obciążenie przy zerwaniu na 1 cm. □.
Najcieńsze i najgrubsze gatunki	2834 kilogr. i 3464 kil.
Średnia ze wszystkich doświadczeń	3089 „

b) Doświadczenia Fairbairna.

Pochodzenie żelaza.	Ciągniona w kierunku walcowania.	Ciągniona prostopadle do walców.
Yorkshire, Low-Moor	3821 kil.	4215 kil.
Derbyshire	3414 „	2737 „
Shropshire	3095 „	3149 „
Staffordshire	3080 „	3308 „

c) Doświadczenie p. Jamphy.

Żelazo na węglu drzewnym . . .	3313 kil.	3240 kil.
Żelazo na koksie	3657 „	2906 „

VII. Doświadczenia Karmarscha z cienkim drutem.

$$F = a d^2 + b d^3.$$

Gdzie F oznacza obciążenie przy zerwaniu w kilogramach, d średnicę w millimetrach, a i b ilości stałe.

Rodzaj materyału	Nie żarzony		Żarzony	
	a	b	a	b
Złoto (14 karatowe)	62,5	11,5	48	7
Stal	50	21	95	3
Żelazo:				
1) Struny fortepianowe . . .	50	18	34	5
2) Drut zwyczajny najlepszy .	50	12,5	26	3
3) Drut zwyczajny	36	18	22,5	5
Nowe srebro	36,5	21	36,5	3,5
Srebro (12 łutowe)	39,5	16,5	25,5	8
Drut mosiężny	43	8	22,5	5,5
Struny fortepianowe mosiężne . .	39,5	5,5	27,5	2
Miedź	27,5	7,5	18,5	0
Platyna	17,5	9,5	14,5	7,5
Srebro (cienkie)	19	7,5	13	1,5
Złoto (cienkie)	14,5	5	12	1,5
Cynk	10	1,75	—	—
Ołów twardy	1,75	0	1,75	0
„ miękki	1,35	0	1,35	0

VIII. Wytrzymałość żelaznych łańcuchów.

Podług Morina próbują się łańcuchy żelazne używane w marynarce francuzkiéj pod ciężarem 1700 kilogr. na 1 centimetr □ podwójnego przecięcia żelaza, kiedy ogniwa opatrzone są *podstawkami* i gdy ich średnica przechodzi 1,6 centimetra; bierze się zaś tylko 1400 kilogr. dla łańcuchów mniejszéj grubości, i nie mających podstawek. Taka próba daje wytrzymałość podwójną. Biorąc w praktyce wytrzymałość poczwórną, otrzymamy tabelę następującą:

Łańcuchy bez podstawek			Łańcuchy z podstawkami		
Średnica	Wytrzymałość	Ciężar 1 metra dług.	Średnica	Wytrzymałość	Ciężar 1 metra dług.
0,4 cm	176 kil.	0,35 kil.	1,6 cm	3418 kil.	6,14 kil.
0,5	275	0,55	1,7	3858	6,94
0,6	396	0,79	1,8	4325	7,78
0,7	539	1,08	1,9	4819	8,66
0,8	704	1,41	2,0	5340	9,60
0,9	891	1,78	2,1	5887	10,58
1,0	1100	2,20	2,2	6461	11,62
1,1	1331	2,66	2,3	7062	12,70
1,2	1584	3.17	2,4	7690	13,82
1,3	1859	3,72	2,5	8344	15,00
1,4	2156	4,31	2,6	9025	16,22

Łańcuchy bez podstawek			Łańcuchy z podstawkami		
Średnica	Wytrzymałość	Ciężar 1 metra dług.	Średnica	Wytrzymałość	Ciężar 1 metra dług.
1,5	2475	4,95	2,7	9722	17,50
1,6	2816	5,63	2,8	10466	18,81
1,7	3278	6,55	2,9	11227	20,18
1,8	3564	7,13	3,0	12015	21,60
1,9	3971	7,94	3,2	13670	24,58
2,0	4400	8,80	3,4	15432	27,74

IX. *Wytrzymałość lin drucianych.*

Pasma czyli sznurki powstają ze skręcenia 3 do 6 drutów jednakiéj grubości na około duszy konopnéj; 4 do 8 takich sznurków, stanowią linę drucianą. W skutek skręcania pojedyncze druty w pasmach zbaczają z kierunku długości na 8 do 15^0, a zaś pasma liny w kierunku odwrotnym na 10 do 25^0. Takie skręcanie konieczném jest tylko wtedy, kiedy lina zakłada się na wał lub na bęben, w przeciwnym razie nie skręca się jéj wcale, albo bardzo słabo.

Skręcanie osłabia cokolwiek wytrzymałość liny; raz z powodu zboczenia z kierunku osi, a powtóre z powodu zginania drutów.

Stałe obciążenie lin drucianych, nie wystawionych na żadne zmienne natężenia, przyjmuje się zwykle 1500 do 1600 kil. na centimetr □.

Przykład. Jeżeli grubość drutu wynosi 0,3 ^{cm}., a liczba drutów = 36, o ile można natężyć linę, kiedy na 1 ^{cm} □ drutu, przyjmuje się obciążenie kil. 1200?

Przekrój wszystkich drutów . . . $36 \times \frac{3,14}{4} \times 0,3^2 = 2,54$ ^{cm} □.

Przeto obciążenie przy 1200 kil. na 1 ^{cm} □ . . . $1200 \times 2,54 = 2048$ kil. A ponieważ drut przy obciążeniu 1200 kil. na 1 ^{cm} □ rozciąga się blizko 0,07 ^{cm} na 1 metr bieżący, jeżeli przeto lina długą jest 50 metrów, to przedłużenie jéj pod powyższym ciężarem wyniesie około $0,07 \times 50 = 3,5$ centimetrów.

X. *Wytrzymałość lin konopnych.*

Obciążenie 125 kil. na 1 ^{cm} □ przekroju.

Średnica w centimetr.	Wytrzymałość w kilog.	Średnica w centimetr.	Wytrzymałość w kilog.	Średnica w centimetr.	Wytrzymałość w kilog
0,5	25	2,2	484	4,4	1936
0,6	36	2,4	576	4.6	2116
0,7	49	2,6	676	4,8	2304
0,8	64	2,8	784	5,0	2500
0,9	81	3,0	900	5,2	2704
1,0	100	3,2	1024	5,4	2916
1,2	144	3,4	1156	5,6	3136
1,4	196	3,6	1296	5,8	3364
1,6	256	3.8	1444	6,0	3600
1,8	324	4,0	1600	6,2	3844
2,0	400	4,2	1764	6,4	4096

237. Wytrzymałość cięcia i nitowania. *Wytrzymałość cięcia* jest to opór jaki stawiają ciała poddane dziórawieniu, krajaniu lub ucinaniu. Opór ten jest proporcyonalny powierzchni cięcia, jeźli zerwanie odbywa się jednocześnie na całéj powierzchni cięcia i równa się prawie bezwzględnéj wytrzymałości materyału.

Próby J a n a J o n e s a *ze względu na opór cięcia w czasie dziórawienia blachy żelaznéj.*

Średnica stępla	Grubość blachy	Przekrój powierzchni ciętéj	Obciążenie na 1^{cm} □ pow. ciętéj
1/4'' ang.	1/4'' ang.	1,2667 ^{cm} □.	4858 kil.
1/2	1/4	2,5333	4390
1/2	1/2	5,0667	4400
1	1/4	5,0667	4320
1	1/2	10,1333	4084
1	3/4	15,2000	4061
1	1	20,2667	3869

Średnie obciążenie na 1 cm. □. . . . . 4283.

Próby dokonane przez p. C r e s y *ze względu na opór cięcia przy dziórawieniu blachy żelaznéj i miedzianéj.*

Średnica otworów	1/2 —	1/2 —	1/2'' ang.
Grubość blachy	0,08 —	0,17 —	0,24''
Przekrój cięcia	0,810 —	1,722 —	2,430 ^{cm} □
Obciążenie na 1 cm. □ pow. ciętéj . . . { Blacha żel.	3373 —	3141 —	3170 kil.
{ „ miedź.	2220 —	2081 —	— kil.

Próby dokonane przez G o u i n a *przy krajaniu sztab cylindrowych.*

Sztaby poddawane próbie były żelazne kute, których wytrzymałość bezwzględna czyli zerwania wynosiła 4000 kil. na 1 centim. □.

Średni wypadek z 10 prób, okazał się następujący:

Średnica sztabek	0,8 —	1,0 —	1,2 —	$1,6^{cm}$
Obciążenie na 1^{cm} □ przecięcia	3270 —	3155 —	3148 —	$3183^{k.}$

W r. 1865 próby wytrzymałości bezwzględnéj (na rozerwanie) z blachą, żelazem kątowém i nitami, wchodzącemi w skład mostu łyżwowego na rzece Wiśle pod m. Włocławkiem i mostu kratowego na odnodze rzeki Prosny w Kaliszu, w belgijskiéj hucie żelaznéj p. Wiktora *Gillieaux* w Charleroi nad rzeką Sambrą, dokonane przez Julijana *Majewskiego* inżyniera gubernii Warszawskiéj, konstruktora mostu kaliskiego (*) i Jana *Pietraszka* dyrektora fabryki machin współki żeglugi par. na rzece Wiśle, która oba mosty zbudowała, przekonały, iż gdy kontrakt z fabryką p. Gillieaux zastrzegał wytrzymałość materyałów żel. 31 kilogr. na millimetr kwadr., materyały te przed rozerwaniem okazywały wytrzymałość 40 przeszło kilogramów; co chlubnie za dobrocią materyałów p. Gillieaux przemawia.

Morin w swojém dziele: „Résistence des matériaux" przy przecinaniu

(*) Czytelnik znajdzie obszerny artykuł o *Moście Kaliskim* opracowany przez Julijana Majewskiego inż. a pomieszczony w *Przeglądzie Technicznym* za rok 1867 na str. 97 i następ.

sztab okrągłych żelaznych kutych, których wytrzymałość bezwzględna (ciągnienia) była 3600 do 4000 kilogr. podaje następujące wypadki:

Średnica sztabek . . . . . . $2{,}14^{cm}$ i $2{,}23^{cm}$

Wytrzymałość na 1^{cm} □ przecięcia 4015 kilogr.

Przykład. Sztaba płaska *A* ma być przymocowana do belki żelaznéj *B* pozioméj, za pomocą dwóch nitów (Fig 166). Niechaj szerokość sztaby $= 10^{cm}$, a jéj grubość $= 1{,}6^{cm}$. Jak grube muszą być nity, gdy wytrzymałość przecięcia nitów ma się równać wytrzymałości zerwania (ciągnienia) sztaby *A*?

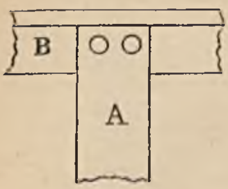


Fig. 166.

W takiém założeniu, przekrój obu nitów, musi być równy przekrojowi sztaby *A*, w kierunku otworów nitowych mierząc. Dochodzimy tego przez próbowanie.

a) Średnica nita niechaj będzie np. $= 2{,}5^{cm}$

to wtedy przekrój obu nitów (jako pow. kół) $= 9{,}81^{cm}$ □.

Szerokość sztaby po nitach mierzona $(10-5) = 5^{cm}$

Przekrój sztaby wzdłuż otworów $5 \times 1{,}6 = 8^{cm}$ □.

Ponieważ przekrój nitów jest nieco większy od przekroju sztaby *A*, przeto średnicę nitów wzięliśmy cokolwiek za wielką. Niechaj zatém będzie:

b) Średnica nitów . . . . $= 2{,}3^{cm}$

to przekrój obu nitów . . . . $= 8{,}31^{cm}$ □

a zaś przekrój sztaby wzdłuż otworów będzie

$(10 - 6{,}4) \times 1{,}6$ . . . . $= 8{,}64^{cm}$ □.

Te przekroje bardzo są do siebie zbliżone, a zatém i średnica nitów jako właściwa, może pozostać.

Wytrzymałość przecięcia nitów na 1 cm. □ *przy łączeniu blach z sobą podług* Fairbairna.

Wytrzymałość blachy na ciągnienie	Opór przy jednym szeregu nitów.	Opór przy podwójnym nitów szeregu
4065 kil.	3290 kil.	3765 kil.
4133	2633	3353
4999	2973	4192
3583	3129	3936
3593	2894	3875
3563	3116	3875
3989 średnio	3006 średnio	3833 średnio.

Zkąd się pokazuje, że nitowanie jednym szeregiem daje $^3/_4$ wytrzymałości blachy, a nitowanie dwoma szeregami równa się prawie całkowitéj jéj wytrzymałości.

Łączenie jednym szeregiem nitów. Jeżeli szereg nitów, składa się z wielkiéj liczby nitów, jak np. w kotlach parowych, rezerwoarach i t. p. to przekrój jednego nita powinien się równać przekrojowi blachy, pomiędzy dwoma sąsiedniemi otworami nitów.

Niechaj grubość blachy $= e$. Jeżeli grubość nita $= 2\,e$, to przekrój nita $= e^2\,\pi$.

Oznaczywszy najmniejszą odległość między dwoma sąsiedniemi nitami przez a, to przekrój kawałka blachy między obiema nitami $= a\,e$. Jeżeli obie wartości z sobą porównamy, otrzymamy:

$$a = 3{,}14 \,.\, e\,.$$

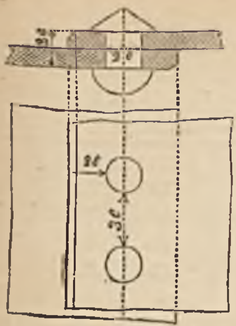


Fig. 167.

A zatém przy takiéj grubości nitów, odległość pomiędzy dwoma sąsiedniemi otworami nitów powinna być $= 3\,{}^1/_7$ grubości blachy (Fig. 167).

Łączenie dwoma szeregami nitów. Niechaj e znaczy grubość blachy, d średnicę nita, zaś a odległość między otworami dwóch sąsiednich nitów jednego szeregu, to przekrój ae blachy pomiędzy dwoma nitami musi się równać $\frac{d^2\pi}{2}$ przekrojowi dwóch nitów.

Niechaj grubość blachy . . .	$e =$	1	1	1
i odpowiednia grubość nita . .	$d =$	1,5	1,8	2,1
to odległość między dwoma nitami	$a =$	3,54	5,08	6,93
a stosunek osłabienia blachy	$\frac{d}{a+d} =$	0,30	0,26	0,23.

Blacha więc przy nitowaniu podwójnym szeregiem osłabia się mniéj, niż przy nitowaniu jednym szeregiem.

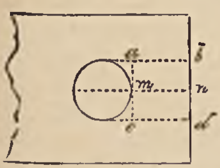


Fig. 168.

Ażeby nit nie wyrwał części blachy $abdc$, oba przekroje ab i cd razem wzięte, powinny się równać przekrojowi nita (Fig. 168). Ponieważ blacha na brzegach podczas nitowania bardzo wiele cierpi i łatwo może pęknąć w kierunku linii mn, nie należy przeto nigdy dawać nitów bardzo blizko brzegu blachy.

Tabella wymiarów jakie się używają przy nitowaniu kotłów parowych, podług pp. Moll *i* Reuleaux.

W téj tablicy oznaczają:

δ grubość blachy w millimetrach;

d średnica nita w millimetrach;

e_1 odległość dwóch środków nitów, przy nitowaniu jednym szeregiem;

e_2 odległość dwóch środków nitów, przy nitowaniu dwoma szeregami.

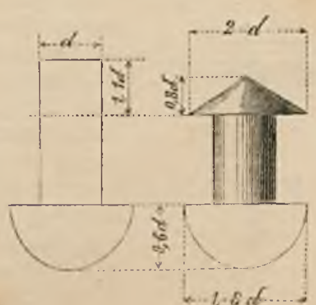


Fig. 169.

Nr.	δ	d	Wysokość 0,6 d	Średnica 1,8 d	Wysokość 0,8 d	Średnica 2 d	Dodatek na głowę 1,1 d	e_1	e_2
I	4	10	6	18	8	20	11	30	50
II	5	11,5	7	21	9	23	13	33	55
III	6	13	8	23	10	26	15	36	59
IV	7	14,5	9	26	12	29	16	39	64
V	8	16	10	29	13	32	18	42	68
VI	9	17,5	11	32	14	35	20	45	73
VII	10	19	11	34	15	38	21	48	77
VIII	11	20,5	12	37	16	41	23	51	82
IX	12	22	13	40	18	44	25	54	86
X	13	23,5	14	42	19	47	26	57	91
XI	14	25	15	45	20	50	28	60	95
XII	15	26,5	16	48	21	53	30	63	100
XIII	16	28	17	50	22	56	31	66	104
XIV	17	29,5	18	53	24	59	33	69	109
XV	18	31	19	56	25	62	35	72	113
XVI	19	32,5	20	59	26	65	36	75	118
XVII	20	34	20	61	27	68	38	78	122
XVIII	21	35,5	21	64	28	71	39	81	127
XIX	22	37	22	67	30	74	41	84	131
XX	23	38,5	23	69	31	77	43	87	136
XXI	24	40	24	72	32	80	44	90	140

Figura 169 służy do objaśnienia niniejszéj tablicy.

Żelazo kątowe. Bardzo wielkie zastósowanie ma żelazo kątowe w robotach kotlarskich, przy budowie parostatków, kotłów, rezerwoarów, mostów i t. p. Służy ono do tworzenia narożników czyli kantów, do usztywnienia powierzchni i brzegów naczyń i różnych przedmiotów. Daje się zwykle żelazu kątowemu kształt litery L w przekroju. Ramiona żelaza kątowego w miejscu gdzie się spotykają bywają grubsze, niż na zewnętrznych końcach; ich środkowa grubość, równa się grubości blachy, mającéj się z niemi nitować. Ponieważ nity i ich głowy, mianowicie przy blasze cienkiéj, stosunkowo więcéj miejsca potrzebują niż przy blasze grubszéj, przeto też i żelazo kątowe przy mniejszéj grubości blachy powinno być szersze, niżeli przy grubszéj. Fig. 170 przedstawia przekrój żelaza kątowego. Stosunki jego wymiarów są następujące:

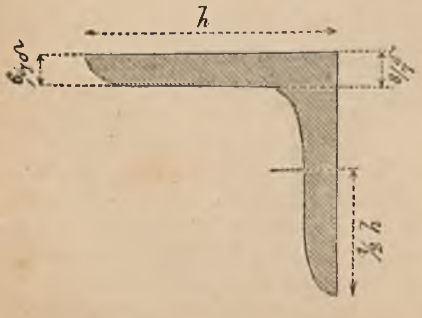


Fig. 170.

Średnia grubość żelaza kątowego = grubości blachy z niém połączonéj = δ.

Zewnętrzna długość ramienia żelaza kątowego h = 24 + 4,5 δ.

Grubość zewnętrznych końców ramion żel. kąt. = $\frac{6}{7}\delta$.

Grubość przy spotkaniu się z sobą dwóch ramion = $\frac{8}{7}\delta$.

Jeżeli grubość blachy będzie δ, a długość ramienia żel. kąt. h, to gdy

δ =	4	5	6	7	8	9	10	11	12
wtedy h =	42	46	51	55	60	64	69	73	78.

Rozmaite walcownie fabrykujące żelazo kątowe, trzymają się zwykle zawsze jednéj skali; konstruktorowi więc łatwo jest zastosować się do niéj, zwłaszcza, że każda fabryka udziela chętnie swoje cenniki illustrowane.

238. Wytrzymałość względna czyli wytrzymałość złamania. Niechaj będzie belka AB (Fig. 171) mająca postać graniastosłupa, w jednym swoim końcu utwierdzona w murze, a na drugim końcu dźwigająca ciężar Q, usiłujący tę belkę ułamać; w takim przypadku mówi się, że wytrzymałość względna belki jest zagrożoną. Zadaniem jest mechaniki, wynaleźć miarę owéj względnéj wytrzymałości, lub co na jedno wychodzi, oznaczyć ciężar Q, który jest w możności ową belkę odłamać.

Aby ten ciężar wyrazić równaniem, winniśmy przedewszystkiem uważać, że jeżeli ciężar Q, dostatecznym jest do złamania belki, to takowa ułamać się musi nie w inném miejscu, lecz zaraz przy murze w kierunku przekroju AD, albowiem w tym właśnie punkcie ciężar Q ma najdłuższe swoje ramię drążka, a więc i moment statyczny największy = Ql, gdzie l jest zarazem długością belki AB. Działaniu ciężaru Q opiera się spójność włókien drzewnych w przekroju AD, którą należy uważać za siłę skoncentrowaną na osi C belki AB która się w mechanice nazywa *osią obojętną*, a która zawsze przez środek ciężkości belki przechodzi. Jeżeli tę siłę oznaczymy przez P, to siły P i Q działają na drążek złamany CAB, którego punktem podpory jest A; jeżeli więc wysokość belki AD uczynimy = h, więc $AC = \frac{1}{2}h$ a ztąd otrzymamy następujące równanie:

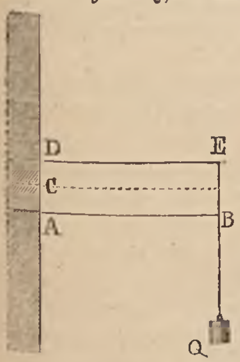


Fig. 171.

$$P \cdot \frac{1}{2} h = Ql \text{ zkąd}$$

$$Q = \frac{P \cdot h}{2l};$$

należy tu tylko P wyrugować, co się uskutecznia w sposób następujący: Nie ulega wątpliwości, że opór przekroju AD o tyle się zwiększa, im ten przekrój jest większy, czyli że ten opór rośnie w prostym stosunku do przekroju belki: jeżeli więc s będzie szerokością belki, to przekrój $AD = sh$, a siła P musi być iloczynowi $s.h.$ proporcyonalną. Aby więc siłę P wynaleźć, należy powyższy iloczyn rozmnożyć jeszcze przez spółczynnik u znaleziony z doświadczenia, a otrzymamy $P = u.s.h$. Jeżeli tę wartość wstawimy za P w powyższe równanie, otrzymamy:

$$Q = \frac{u}{2} \cdot \frac{s.h^2}{l}.$$

Jeżeli zaś $\frac{u}{2} = m$, to otrzymamy jeszcze prostsze wyrażenie:

(1) $Q = m \cdot \frac{s.h^2}{l}$; i ta to formuła daje nam już miarę wytrzymałości belki. Z téj formuły widzimy: że wytrzymałość belki idzie w prostym stosunku do jéj szerokości s, t. j. dwa razy, trzy razy szersza belka, ma także dwa lub trzy większą wytrzymałość. Daléj, wskazuje nam ta formuła, że wytrzymałość belki idzie w prostym stosunku z kwadratem jéj wysokości, t. j. dwa razy, trzy razy wyższa belka ma 4 razy albo 9 razy większą wytrzymałość; dla tego wysokość belki, jest wymiarem nader ważnym. Nakoniec mówi taż formuła: że wytrzymałość belki idzie w stosunku odwrotnym z długością belki; t. j. im jest dłuższą belka, tém mniéj może dźwigać ciężaru. Co się zaś czynnika m dotyczy, jest to tak zwany *spółczynnik wytrzymałości*, który zawsze zależy od gatunku materyału, z którego wykonaną jest belka, i tylko przez doświadczenie może być oznaczony.

Fig. 172.

239. Ważnym w budownictwie jest wypadek przedstawiony na Figurze 172, gdzie dwa końce belki są podpartymi, w środku zaś C, działa ciężar Q usiłujący tę belkę przełamać.

Chodzi tu o znalezienie ciężaru Q, który byłby w stanie tę belkę AB istotnie przełamać w punkcie C.

Chcąc znaleźć ten ciężar musimy uważać, że gdy C jest środkiem belki, to ciężar Q rozdziela się równo na oba punkta podpory A i B t. j. tak punkt A jako też i B będą dźwigać po $\frac{Q}{2}$ ciężaru.

Oznaczywszy długość belki AB przez l, będzie $BC = \frac{1}{2} l$; wyobraziwszy sobie teraz, iż pół belki AC jest zamurowane i zamiast punktu podpory B działa w tym punkcie siła $\frac{Q}{2}$ do góry, to ta siła musi być w możności belkę przy C odłamać, a zatém podług równania (1) będziemy mieli:

$$\frac{Q}{2} = m \cdot \frac{s.h^2}{\frac{1}{2} l}, \quad \text{zkąd}$$

$$(2) \qquad Q = \frac{4m.s.h^2}{l}$$

i to jest właśnie ciężar, który złamie belkę AB w samym środku C, a jakkolwiek środek belki jest zawsze jéj punktem najsłabszym, to przecież z porównania (1) i (2) formuły wynika, że belka w dwóch końcach podparta, znosi 4 razy większy ciężar niż belka w jednym końcu zamurowana, a w drugim wolno wisząca. Jeżeli zaś ciężar jest równo rozłożony na całéj długości belki, to taka belka znosi 2 razy więcéj ciężaru od belki poprzedniéj czyli od tego co formuła (2) wskazuje; zatém w tym wypadku mamy:

$$Q = \frac{8\, m\, .\, s\, .\, h^2}{l}\,.$$

Przykład. Mamy zbudować zwyczajny most drewniany, długi sążni 4 = 24 stóp, szeroki sążni 3 czyli stóp 18. Użyjmy do tego 6 sosnowych belek, na których spoczywać będzie ciężar stały i przypadkowy. Belki te długie są po stóp 24, dając im po 12 cali na szerokość, zachodzi pytanie, jaką każdéj belce dać wysokość, aby ciężar na nią przypadający z wszelkiem bezpieczeństwem znosiła?

Przypuśćmy że największe możliwe obciążenie mostu będzie miało miejsce w skutek wielkiego natłoku ludzi, przy czém na każdy sążeń kwadratowy wypada 30 centnarów; czyli na całą powierzchnię mostu będzie równo rozłożonego ciężaru 480 centnarów, zatém ciężar zredukowany na środek wynosi 240 centnarów; a tém samém $\frac{240}{6} = 40$ centnarów jest ciężarem jaki każda z belek dźwigać będzie. Z formuły (2) mamy:

$$h = \sqrt{\frac{Q\, .\, l}{4\, m\, .\, s}}\,.$$

Jeżeli $Q = 40$ centnarów $= 4000$ funtów, $l = 24$ stóp $= 24'.\,12$ cali, a jeżeli m dla drzewa dębowego weźmiemy tylko $= 140$, to znajdziemy:

$$h = \sqrt{\frac{4000\, .\, 24\, .\, 12}{4\, .\, 140\, .\, 12}} = 13{,}1 \text{ cali},$$

to jest 13,1 cali byłyby zupełnie dostatecznemi do dźwigania powyższego ciężaru z całém bezpieczeństwem; wszelako ponieważ drzewo w mostach prędzéj butwieje jak w innych budowlach na wolném powietrzu, bo jest wystawione na ciągłe parowanie wody, daleko więc będzie ekonomiczniéj i bezpieczniéj dać belkom na wysokość po 15 cali, bo taki most na dłuższy czas wystarczy, niepotrzebując reparacyi.

Jeżeli zaś most ma więcéj niż 4 sążnie długości, należy dokładnie zabezpieczyć jego wytrzymałość, dając np. belki jedne na drugich i nadając im pewną krzywiznę do góry, tworząc niejako sklepienie; przez co most daleko większe ciężary dźwigać może; lub téż most taki w środku albo w kilku punktach otrzymuje podpory, przez co tworzy się tak zwany most *izbicowy* czyli *krzasłowy* (Jochbrücke), przedstawiający niejako system kilku mostów z sobą połączonych; przy obliczaniu których, powyższe formuły zastosować się dadzą.

Spółczynnik m znany z doświadczenia dla różnych gatunków drzewa równa się:

1)	dla drzewa jodłowego	2400	funtów pols.
2)	,, sosnowego	3200	,,
3)	,, świerkowego . . .	3300	,,
4)	,, olszowego	4000	,,
5)	,, dębowego	4674	,,
6)	,, bukowego	5400	,,

Podług Eitelweina w praktyce dla wszelkiego bezpieczeństwa daje się ciężar na belce równy od $\frac{1}{12}$ do $\frac{1}{15}$ części ciężaru, pod jakim się belka łamie.

240. Przekrój najmocniejszéj belki. Łatwo to jest dostrzedz, że z okrągłego pnia drzewa można wiele belek wyciosać, które będą miały postać graniastosłupów o rozmaitych przekrojach; ale pomiędzy wszystkiemi będzie tylko jedna belka z największą wytrzymałością, czyli jak się mówi pospolicie, która będzie najmocniéjsza. Przekrój takiéj najmocniejszéj belki, rysuje się w sposób następujący: Koło (Fig. 173) przedstawia przekrój kłoca drzewnego z którego wzmiankowana belka ma być wyciosaną. Prowadzę średnicę $AB = d$, dzielę takową w punktach E i F na trzy równe części $AE = EF = FB$, z punktów E i F wyprowadzam prostopadłe ED i CF ale w przeciwnych kierunkach, tym sposobem otrzymamy cztéry punkta A, D, B i C które łącząc linijami prostémi, utworzy się prostokąt $ADBC$ przedstawiający przekrój belki o największéj wytrzymałości. Oznaczywszy szerokość CB przez x, a wysokość BD przez y, to z podobieństwa dwóch trójkątów ADE i ADB wynika:

Fig. 173.

$$AE : AD = AD : AB, \text{ lub } \frac{d}{3} : x = x : d,$$

to jest szerokość najmocniejszéj belki jest średnią proporcyonalną pomiędzy całą i $\frac{1}{3}$ średnicy drzewa. Następnie z podobieństwa dwóch trójkątów DEB i ADB wynika:

$$EB : BD = B : DAB \quad \text{lub: } \frac{2}{3} d : y = y : d.$$

t. j. wysokość najmocniejszéj belki jest średnią proporcyonalną pomiędzy całą i $\frac{2}{3}$ częściami średnicy kloca. Z powyższych dwóch proporcyj wypływa:

$$x^2 = \frac{d^2}{3}, \text{ i } y^2 = \frac{2}{3} d^2, \text{ a następnie:}$$

$$x = \frac{d}{3}\sqrt{3} \text{ i } y = \frac{d}{3}\sqrt{6}.$$

z czego otrzymujemy proporcyę:

$$x : y = \sqrt{3} : \sqrt{6} = 1 : \sqrt{2}. \text{ czyli;}$$

$$1 : 1{,}4 = 10 : 14 = 5 : 7.$$

To jest wysokość najmocniejszéj belki winna takich części w sobie zawierać 7, jakich szerokość zawiera tylko 5.

241. Wytrzymałość walca pełnego. Jeżeli w formule (2) wstawimy $s = h$, to wtedy otrzymamy:

$$Q = 4\, m \,.\, \frac{h^3}{l},$$

i to jest właśnie ciężar pod którym się łamie belka w obudwóch końcach podparta, mająca w przekroju wszystkie 4 boki równe, a których długością jest h.

Jeżeli sobie teraz wyobrazimy walec którego średnicą jest d a długością l, to znajdziemy jego wytrzymałość podstawiając w ostatnią formułę d zamiast h, i mnożąc to całe jeszcze wyrażenie przez liczbę 0,589. Zatém wytrzymałość walca będzie:

$$(1)\quad Q = 0{,}589 \cdot 4\, m \cdot \frac{d^3}{l} \text{ a ztąd:}$$

$$(2)\quad d = \sqrt[3]{\frac{Q \cdot l}{0{,}589 \cdot 4\, m.}}$$

Przykład. Do wyciągania materyałów budowlanych na rusztowanie, trzeba ustawić kołowrot, z wałem dębowym na 6 stóp długim. Zachodzi pytanie, jaką średnicę należy dać wałowi, aby za pomocą niego można było z wszelkiém bezpieczeństwem podnosić ciężar 10 centnarów do góry? Wstawiając dane wartości w ostatnie (2) równanie, otrzymamy:

$$d = \sqrt[3]{\frac{1000 \cdot 6 \cdot 12}{0{,}589 \cdot 4 \cdot 140}} = 10\sqrt[3]{\frac{9}{41{,}23}} = 6{,}0184 \text{ cali.}$$

Obliczywszy w taki sposób średnicę wału (Fig. 108, na str. 130), jest jeszcze większéj nierównie ważności obliczenie grubości czyli średnicy czopów, około których wał AB się obraca. Oznaczywszy długość czopów przez l', a wagę maszyny wraz z zawieszonym ciężarem przez P, to na każdy czop działać będzie ciężar $\frac{P}{2}$; że zaś jeden z tych czopów należy uważać jako belkę utwierdzoną jednym końcem w murze na którą działa siła w górę $\frac{P}{2}$ w odległości $\frac{l'}{2}$, to na przypadek złamania będziemy mieli równanie momentów:

$$\frac{P}{2} \cdot \frac{l'}{2} = \frac{Pl'}{4} = \frac{4}{7}\, m\, x^3,$$

gdzie x wyraża średnicę czopa, zkąd zatém wypada:

$$x = \sqrt[3]{\frac{7 \cdot P \cdot l'}{16 \cdot m}}.$$

Przykład. Waga maszyny wraz z zawieszonym ciężarem niechaj będzie $P = 1200$ funtów; długość czopa $= 4$ cale, a czop ma być żelazny lany, zatém $m = 4000$, z czego tylko czwartą część dla bezpieczeństwa należy przyjąć w rachunek. Wstawiając te wartości w ostatnie równanie, otrzymamy:

$$x = \sqrt[3]{\frac{7 \cdot 1200 \cdot 4}{16 \cdot 1000}} = \sqrt[3]{\frac{7 \cdot 300}{1000}} = \sqrt[3]{\frac{21}{10}} = 1{,}28 \text{ cali,}$$

t. j. czop żelazny lany średnicy 1,28 cali jest dostatecznym do dźwigania danego ciężaru do góry.

242. Wygięcie belki i oś obojętna. Belka mająca kształt równoległościanu, w kierunku poziomym jednym końcem zamurowana, a na drugim końcu obciążona, będzie się wyginać. To wygięcie ma miejsce dla tego, że w górnéj czyli części wypukłéj belki, włókna ulegają *przedłużeniu*, zaś w części dolnéj czyli wklęsłéj, *skróceniu*. Najniższa warstwa włókien, skraca się najwięcéj, ku górze skracanie się zmniejsza. Musi więc znajdować się na spotkaniu włókien przedłużonych i włókien skróconych taka płaszczyzna, któréj włókna ani przedłużeniu ani téż skróceniu nie ulegają. Taka warstwa, nazywa się *warstwą obojętną*, a przecięcie jéj płaszczyzną poprzeczną nazywa się *osią obojętną*.

Liczne doświadczenia zebrane ze sztabami równoległościennemi tak drewnianemi, jako téż żelaznemi kutemi i żelaznemi lanemi ze względu na gięcie w granicach jednak sprężystości, dały następujące wypadki:

a) Przedłużenia i skrócenia włókien podczas zginania, w tymże samym przekroju, w jednakiéj odległości od osi obojętnéj, są jednakiéj wielkości.

b) Owe przedłużenia i skrócenia są proporcyonalne odległościom włókien od osi obojętnéj.

c) Są daléj proporcyonalne obciążeniu zawieszonemu na belce.

d) Oś obojętna przechodzi przez środki ciężkości przekrojów belki.

Jedna i ta sama warstwa nie rozszerza się ani nie skraca jednako w całéj swojéj długości. Rozszerzanie i skracanie w téjże saméj warstwie, równoległéj od warstwy obojętnéj, jest proporcyonalne odległości od punktu zawieszenia ciężaru.

Na (Figurze 174), to przedłużenie i skrócenie włókien w pojedynczych warstwach uzmysłowione jest liczbami.

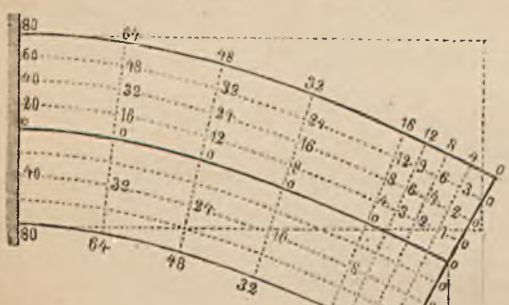


Fig. 174.

Te liczby dają także stosunek sił rozciągających i ściskających w tych włóknach; a więc i wielkość oporu czyli wytrzymałość włókien. Połączywszy miejsca oznaczone temi samemi liczbami, to otrzymamy krzywe jednakiego natężenia.

243. Moment zgięcia. Niechaj belka pozioma umocowana będzie jednym końcem w murze, a w odległości L w drugim końcu obciążona ciężarem Q. Jak (Fig. 175) wskazuje, włókna po nad osią obojętną leżące ulegają wydłużeniu, zaś pod tąż osią A leżące, skróceniu. W skutek tego następuje obrót przekroju ab około punktu A. Jeżeli najwyższa warstwa opiera się przedłużeniu z siłą p, to podczas obrotu, Aa będzie ramieniem drążka dla siły p; a więc moment statyczny z jakim się ta warstwa obrotowi opiera będzie: $Aa \times p$. Jeżeli zaś najniższa warstwa opiera się zgnieceniu z siłą q, to jéj moment oporu będzie $= Ab \times q$. Każdéj warstwie powyżéj A leżącéj, odpowiada moment taki jak $Aa \times p$, a każdéj warstwie poniżéj A leżącéj, odpowiada moment jak $Ab \times q$. Summa tych wszystkich momentów, nazywa się *momentem zgięcia*.

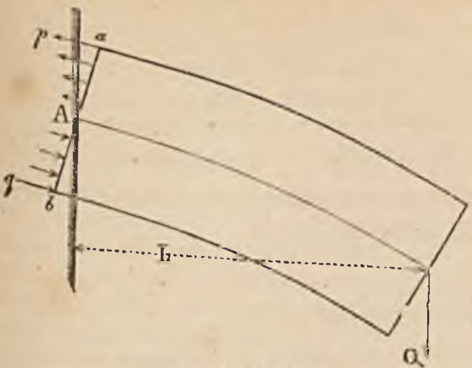


Fig. 175.

Moment statyczny ciężaru Q, zatém $Q\ L$ jest równy temu momentowi zgięcia. Jeżeli siła p stanie się tak wielką że górną warstwę rozerwie, lub gdy siła q będzie tak wielką, że dolną warstwę zgniecie, to wtedy nastąpi zerwanie się belki.

244. Obliczenie momentu zgięcia belki prostokątnéj. Niechaj A będzie przekrój prostokątny belki, zaś $A\ B$ oś obojętna(Fig. 176). Niechaj s, h oznaczają szerokość i wysokość przecięcia, R siłę z jaką włókno przekroju 1 w górnéj części belki, w odległości $z = \frac{1}{2} h$ od osi obojętnéj będzie wyciągnięte; i a niechaj będzie przekrojem cienkiéj warstwy włókien, leżącéj równolegle do warstwy obojętnéj i odległéj od niéj o x. Siła przedłużająca włókno o przekroju 1 w odległości x od osi obojętnéj, jest w stosunku $z : x$ mniéjszą od P, zatém $= \frac{Px}{z}$, a siła przedłużająca włókno o przekroju $a = \frac{P}{z} \times a\,x$. Ten iloczyn składa się z czynników $\frac{P}{z}$ i $a\,x$. Ten drugi czynnik można jeszcze uzmysłowić w sposób następujący: Prowadzę $B\ C$ prostopadłą, a $C\,D$ równoległą do $A\,B$ i robię $B\ C = C\,D = z$, kreślę wzdłuż $m\,n$ równolegle od $A\,B$ równoległościanik, którego podstawa w $m = a$, a więc jego wysokość $m\,n = x$, a jego objętość $= a\,x$. Jeżeli sobie wystawimy x ilością zmienną od najmniejszéj wartości o aż do najwyższéj z, to wszystkie te równoległościanki, odpowiadające wartości x, wypełnią równoległościan, którego podstawą będzie trójkąt $B\,C\,D$, szerokością zaś s t. j. szerokość belki. Objętość więc tego równoległościanu będzie:

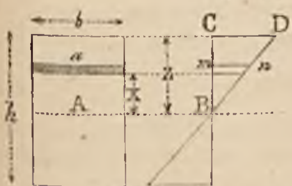


Fig. 176.

$$\frac{1}{2}\,B\,C \times C\,D \times s = \frac{1}{2}\,s\,z^2.$$

Ta objętość pomnożona przez pierwszy czynnik powyższego iloczynu, da siłę, która wszystkie włókna po nad osią obojętną leżące rozciąga. Ta więc siła $= \frac{P}{z} \times \frac{s\,z^2}{2}$. Ta siła jest summą wielu sił równoległych; punktem jéj przyczepienia jest środek ciężkości pryzmatu $B\ C\,D$.

Jeżeli przekrój $B\ C$ obróci się około osi obojętnéj w B to ramię téj siły będzie $= \frac{2}{3}\,z$; a zatém moment statyczny téj siły będzie:

$$(A) \quad \frac{P}{z} \times \frac{s z^3}{3} \text{ lub } \frac{P}{3} s z^2.$$

Poniżej osi obojętnej, na stronie wklęsłej, siły ściskające będące w równych odległościach od osi obojętnej, są tej samej wielkości co i siły rozciągające włókna na stronie górnej. Statyczny więc moment wszystkich owych sił ściskających, będzie taki sam jak go formuła (A) przedstawia. Wstawiając jeszcze za $z = \frac{1}{2} h$, i mając wzgląd, że moment statyczny $Q L$ ciężaru musi być równy oporom wszystkich włókien belkę składających, to otrzymamy szukany moment zgięcia:

$$Q L = \frac{P}{6} s h^2.$$

Jeżeli P zbliża się do takiej wartości, przy której najwyższe włókna pękają, a dolne ulegają zgnieceniu, to następuje wtedy zerwanie się belki.

245. Moment zgięcia belki z prostokątnym otworem. Figura 177 przedstawia przekrój symetryczny, ze względu na oś obojętną.

Fig. 177.

Niechaj $z = \frac{1}{2} h$ połowie zewnętrznej, zaś $z' = \frac{1}{2} h'$ połowie wewnętrznej wysokości przekroju. Otrzymamy statyczny moment sił tak rozciągających jak i ściskających, jeżeli moment dla przekroju wewnętrznego odciągniemy od momentu dla przekroju zewnętrznego. Podług formuły powyższej (A) mamy moment dla całego przekroju: $2 \frac{P}{z} \times \frac{s z^3}{3} = \frac{P}{h} \times \frac{s h^3}{6}$.

Dla przekroju wewnętrznego $2 \frac{P}{z} \times \frac{s_, z_,^3}{3} = \frac{P}{h} \times \frac{s_, h_,^3}{6}$.

Summa tych momentów $= Q L$; zatém

$$Q L = \frac{P}{6} \times \frac{s h^3 - s_, h_,^3}{h}.$$

246. Moment zgięcia dla przekroju T (teowego). Oś obojętna, przechodząca przez środek ciężkości przekroju, odległą jest o z od najwyższych, a o $z_,$ od najniższych włókien belki. Ponieważ bezwarunkowo $z_,$ musi być większe od z przeto téż i najniższe włókna na wklęsłej stronie muszą się daleko więcej ściągać niż górne na wypukłej stronie rozciągać. Jeżeli np. $z_,$ jest 2 razy większe od z, to najniższe włókna ściągać się będą 2 razy więcej, niż górne rozciągać. A zatém i siła, z jaką ściągają się włókna dolne, będzie 2 razy większa, od siły górnej pod działaniem której włókna górne o tym samym przekroju rozciągają się. Niechaj będzie P siła dla warstw dolnych o przekroju 1, $P_,$ siła dla warstw górnych o przekroju 1 w odległościach z i $z_,$ od osi obojętnej.

Fig. 178.

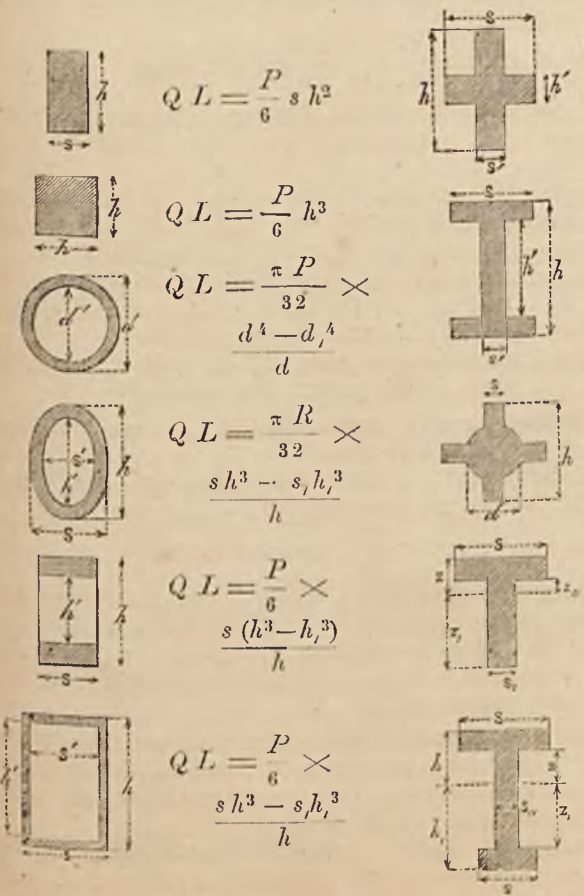
Wyobraźmy sobie powyżej osi obojętnej przekrój $s\,z$ pełny (Fig. 178), to według formuły (A) moment statyczny sił rozciągających będzie $= \frac{P}{z} \times \frac{s z^3}{3}$. Zaś moment dla włókien, których w tym przekroju brakuje, będzie $= \frac{P}{z} \times \frac{(s - s_,) z_,^3}{3}$; następnie moment dla sił ciągnących

$= \frac{P}{z} \times \frac{(s z^3 - (s-s_1) z_1^3}{3}$; następnie moment dla sił cisnących $= \frac{P_1}{z_1} \times \frac{s_1 z_1^3}{3}$, a zatém całkowity moment będzie :

$$Q\,L = \frac{P}{3} \times \frac{s z^3 - (s-s_1) z_1^3}{z} + \frac{P_1}{3} \times s_1 z_1^2.$$

Ta formuła będzie także dobrą, gdy wierzch belki obrócimy na dół. Tylko wtedy P będzie siłą ściskającą, a P' rozciągającą.

247. Momenta zgięcia dla najwięcéj używanych przekrojów. (Fig. 179). Belka czyli stragarz w położeniu poziomém, jednym końcem zamurowany; L długość, Q ciężar na końcu wolnym; P, P_1 siła która belkę o przekroju 1, w najwyższéj i najniższéj warstwie położoną w kierunku długości stragarza wyciąga lub ściska.



$$Q\,L = \frac{P}{6}\, s\, h^2$$

$$Q\,L = \frac{P}{6}\, h^3$$

$$Q\,L = \frac{\pi P}{32} \times \frac{d^4 - d_1^4}{d}$$

$$Q\,L = \frac{\pi R}{32} \times \frac{s h^3 - s_1 h_1^3}{h}$$

$$Q\,L = \frac{P}{6} \times \frac{s\,(h^3 - h_1^3)}{h}$$

$$Q\,L = \frac{P}{6} \times \frac{s h^3 - s_1 h_1^3}{h}$$

$$Q\,L = \frac{P}{6} \times \frac{s_1 h^3 + (s - s_1)\, h_1^3}{h}$$

$$Q\,L = \frac{P}{6} \times \frac{s_1 h_1^3 + s\,(h^3 - h_1^3)}{h}$$

$$Q\,L = \frac{P}{6} \times \frac{0.589\, d^4 + s\,(h^3 - d^3)}{h} + \frac{s^3\,(h - d)}{h}$$

$$Q\,L = \frac{P}{3} \times \frac{s z^3 - (s - s_1)\, z_{11}^3}{z} \times \frac{P_1}{3}\, s_1 z_1^2$$

$$Q\,L = \frac{P}{3} \times \frac{s z^3 - (s - s_{11})\, h^3}{z} + \frac{P_1}{3} \times \frac{s_1 z_1^3 - (s_1 - s_{11}) h_1^3}{z_1}$$

Fig. 179.

Uwaga. Położenie środka ciężkości figur nie symetrycznych można przez rachunek otrzymać, lub też wycina się przekrój z grubego papieru, stawia się go na jakiém ostrzu i tym sposobem znajduje się równowagę. Środek ciężkości leży na linii ostrza.

Z powyższych wzorów otrzymujemy następujące reguły:

1) Wytrzymałości zgięcia dwóch belek téj saméj długości, ale rozmaitych kwadratowych lub okrągłych przekrojów, mają się do siebie jak sześciany z boków lub średnic tychże przekrojów. Belka, któréj powierzchnia przekroju kwadratowa lub okrągła ma dwa razy dłuższy bok, lub dwa razy większą średnicę, przy téj saméj długości, może znosić 8 razy większy ciężar.

2) Wytrzymałość dwóch belek téj saméj długości, ale nierównych prostokątnych przekrojów, mają się do siebie w stosunku prostym z szerokości, a w stosunku kwadratów z wysokości.

Przykład. Jeżeli belka 12 cm wysoka, 8 cm szeroka dźwiga ciężar $=$ 1000 kilogramów, ile znosi ciężaru inna belka téj saméj długości, któréj wysokość $=$ 9 cm, a szerokość 7 cm?

$$\text{Siła dźwigalności} = 1000 \times \frac{7}{8} \times \frac{9^2}{12^2} = 482 \text{ kilogr.}$$

3) Jeżeli belka prostokątna z położenia płaskiego postawioną zostanie do kantu wyższego, to zmieni się jéj wytrzymałość w stosunku szerokości do wysokości.

4) W pustych walcowych lub eliptycznych belkach téj saméj długości, których grubość ścian w stosunku do średnicy jest małą, mają się do siebie wytrzymałości jak ich przekroje, mnożone przez wysokości przekrojów.

Jeżeli więc rura blaszana okrągła, przy jednakiéj grubości ścian, ma dwa razy większą średnicę niż rura druga, to jéj przekrój będzie dwa razy większy, a jéj wytrzymałość cztery razy większa aniżeli drugiéj rury.

5) Wytrzymałości belek podobnych mają się do siebie jak kwadraty z ich linijnych wymiarów, a zatém jak ich powierzchnie przekrojów.

Przykład. W modelu rurowym mostu Conway, którego Fairbairn i Stephenson do swoich prób używali był przekrój $=$ 54 cali □ (ang.), a obciążenie w środku stragarzy 89,15 tonnów. Jakie obciążenie może znieść w środku rzeczony most Conway, gdy jego przekrój $=$ 1530 cali □ ?

$$\text{Szukane obciążenie} = 89{,}15 \times \frac{1530}{54} = 2526 \text{ tonnów.}$$

6) Przy tym samym przekroju belka wewnątrz pusta przedstawia daleko większą wytrzymałość aniżeli belka pełna, a w szczególności, jéj wytrzymałość o tyle jest większa, im większa jest średnica wewnętrzna, w stosunku do średnicy zewnętrznéj. Zwyczajnie w rurach żelaznych lanych daje się średnicę wewnętrzną $= \frac{5}{6}$ średnicy zewnętrznéj.

248. Porównanie wytrzymałości belki stosownie do rodzaju podparcia i obciążenia. Ciężar działa pionowo na długość belki. Jeżeli Q oznacza obciążenie, odpowiadające zerwaniu. L oznacza długość belki, zatém $Q\,L$ wyraża moment statyczny obciążenia belki.

F oznacza moment zgięcia, podany pod § 247 dla różnych przekrojów, to otrzymamy największe obciążenie, czyli największą wytrzymałość, a mianowicie:

1) Gdy jeden koniec belki zamurowany a drugi obciążony $Q = \frac{F}{L}$

2) Gdy jeden koniec zamurowany, a belka w całej długości jednostajnie obciążona . . . . $Q = 2\frac{F}{L}$

3) Gdy belka w środku podparta, a oba końce jednakowo obciążone . . . . $Q = 4\frac{F}{L}$

4) Gdy oba końce podparte, a środek obciążony . . $Q = 4\frac{F}{L}$

5) Gdy oba końce podparte, a ciężar na całą belkę równo rozłożony . . . . $Q = 8\frac{F}{L}$

6) Gdy oba końce zamurowane, a ciężar zawieszony w środku . . . . $Q = 8\frac{F}{L}$

7) Gdy oba końce zamurowane a ciężar równo rozłożony na całą belkę . . . . $Q = 12\frac{F}{L}$

8) Gdy oba końce podparte, a ciężar zawieszony w odległości m, n od punktów podpory gdzie $n > m$ . . . $Q = \frac{L^2 F}{m n L}$

9) Gdy oba końce podparte i dwa jednakie ciężary symetrycznie t. j. w równéj odległości od punktów podpory są zawieszone . . . . $Q = \frac{L}{m}\frac{F}{L}.$

Wytrzymałości w tych 9-ciu różnych rodzajach podparcia i obciążenia belek, mają się do siebie jak liczby:

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
1 :	2 :	4 :	4 :	8 :	8 :	12 :	$\frac{L^2}{m \times n}$:	$\frac{L}{m}$,

to jest belka w drugim razie zniesie dwa razy tyle ciężaru co w I, w V razie zniesie 8 razy tyle co w I, i t. d.

249. Wprowadzenie do rachunku ciężaru belki przy obliczeniu jéj wytrzymałości. Wystawmy sobie belkę jednym końcem wmurowaną a w drugim końcu obciążoną. Niechaj oznaczają:

Q ciężar zawieszony na belce,
L długość belki zewnątrz muru,
Q' ciężar saméj belki przy długości L.

Ciężar Q' działa w środku ciężkości belki w kierunku pionowym na dół. Zredukujmy ten ciężar na punkt zawieszenia ciężaru Q.

Jeżeli ten środek ciężkości i punkt zawieszenia oddalone są od muru na 3 metry i 5 metrów, to ramię ciężaru Q' należy powiększyć w stosunku 3 : 5. Zredukowany więc ciężar Q' do końca belki $= 0{,}6\ Q'$. W tym więc wypadku należy w poprzedzających wzorach zamiast Q przyjąć do rachunku $Q + 0{,}6\ Q'$.

Jeżeli belka jest równoległościanem, to jéj środek ciężkości przypada w samym środku belki, a zatém jéj ciężar zredukowany do końca belki, będzie $= 0{,}5\,Q'$. W poprzednich więc wzorach zamiast Q, należy wstawić $Q + 0{,}5\,Q'$.

Pod Q' należy sobie wystawić ciężar równo rozłożony na całą długość belki.

250. Zamiennik (moduł) wytrzymałości zgięcia. Wartości dla zamiennika zerwania wytrzymałości zgięcia są następujące:

Materyał	na 1^{cm} □.
Drzewo	450 — 600 kilogr.
Żelazo lane	1900 — 2900 „
Żelazo kute	2700 — 4000 „

Aby osiągnąć dostateczne bezpieczeństwo, należy z tych wartości przyjąć do rachunku:

w konstrukcyach nie doznających wstrząśnień . . . $1/5$ — $1/4$
w konstrukcyach doznających małych wstrząśnień . . $1/8$ — $1/6$
w konstrukcyach doznających wielkich i częstych wstrząśnień jak np. mosty . . . . $1/20$ — $1/10$.

Przykład 1. Belka sosnowa w jednym końcu zamurowana, w drugim obciążona, ile może znieść ciężaru przy poczwórném bezpieczeństwie, gdy jéj długość wynosi 6 metrów, szerokość 30 ^{cm}, a wysokość 32 ^{cm}?

Niechaj siła złamania $P = 500$ kilogr., zatém przy poczwórném bezpieczeństwie $P = 125$ kilogr.

Wstawiając powyższe wartości w centimetrach we wzór dla momentu zgięcia

$QL = \frac{P}{6} s h^2$ lub $Q = \frac{P}{6} \times \frac{s h^2}{L}$, to otrzymamy szukane obciążenie:

$$Q = \frac{125}{6} \times \frac{30 \times 32 \times 32}{600} = 1067 \text{ kilogramów.}$$

Gdyby belka była w obudwóch końcach podparta, to również przy poczwórném bezpieczeństwie zniosłaby ciężar 4 razy większy czyli 4268 kilogramów. Jeżeli uwzględnimy ciężar saméj belki, to jego połowę należy odciągnąć od wyżéj znalezionéj wytrzymałości.

Ciężar gatunkowy belki niechaj będzie $= 0{,}55$
wtedy ciężar belki będzie $0{,}3 \times 0{,}32 \times 6 \times 550 = 316$ kilogr.

Zatém obciążenie w końcu belki $1067 - \frac{1}{2} \times 316 = 909$ „

w środku belki $4268 - \frac{1}{2} \times 316 = 4110$ „

Przykład 2. Jaki ciężar bez niebezpieczeństwa może dźwigać wał okrągły żelazny lany, mający długości 285 centimetrów, a 20 ^{cm} średnicy, w dwóch końcach podparty, gdy ciężar Q działa na środku wału?

Bez względu na ciężar wału, mamy:

$$Q = 4\,\frac{F}{L}, \text{ więc } Q = 4\,\frac{\pi P}{32} \times \frac{d^3}{L}.$$

Dla bezpieczeństwa pięciorakiego należy wstawić $P = 500$ kil., więc

$$Q = 4 \times \frac{3{,}14 \times 500^{k}}{32} \times \frac{20 \times 20 \times 20^{cm}}{285^{cm}} = 5509 \text{ kilogr.}$$

Że zaś ciężar wału $= 0{,}0314 \times 2^{m}, 85 \times 7200^{k} = 644$ kil.
Zatém szukane obciążenie wału będzie:

$$= 5509 - \frac{1}{2} \times 644 = 5187 \text{ kilogr.}$$

Przykład 3. Jaką grubość winna mieć belka kwadratowa z żelaza kutego, wsparta na obudwóch końcach i na każdéj stronie w odległości 80 centymetrów od punktu podpory, mająca dźwigać ciężar 1800 kilogramów?

Podług przypadku 9-go w § 247, mamy:

$$Q\,m = \frac{P}{6}\,h^3\,;\; h^3 = \frac{6\,Q\,m}{P},$$

biorąc dla poczwórnego bezpieczeństwa $P = 800$ kilogr., to będzie

$$h^3 = \frac{6 \times 1800 \times 80}{800},$$ a zatém bok kwadratu:

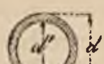
$$h = \sqrt[3]{1080} = 10{,}3 \text{ centymetrów.}$$

251. O wielkości strzały wygięcia. Niechaj będzie belka równoległościenna w kierunku poziomym, jednym końcem utwierdzona w murze, w drugim końcu obciążona, to strzała wygięcia u w końcu wolnym będzie:

dla belki przekroju prostokątnego . . . .  $u = \dfrac{4\,L^3}{E.s.h^3}\left(Q + \dfrac{3}{8}\,Q'\right)$

dla belki o przekroju  $u = \dfrac{4\,L^3}{E.s(h^3 - h_{,}^3)}\left(Q + \dfrac{3}{8}\,Q'\right)$

dla belki okrągłéj i pełnéj . . . . . .  $u = \dfrac{64\,L^3}{3\pi\,.E.d^4}\left(Q + \dfrac{3}{8}\,Q'\right)$

dla belki okrągłéj pustéj  $u = \dfrac{64\,L^3}{3\pi\,.\,E\,(d^4 - d_{,}^4)}\left(Q + \dfrac{3}{8}\,Q'\right)$

Q oznacza ciężar zawieszony w końcu wolnym, w kilogramach,
Q' waga saméj belki w kilogramach,
E zamiennik (moduł) sprężystości w kilogr. na 1^{cm} □,
L długość belki (wszystkie miary w centymetrach).

Belka więc wygina się pod własnym ciężarem o $^3/_8$ takiego wygięcia jakiemuby uległa, gdyby ten ciężar działał w jéj końcu wolnym.

Przykład. O ile wygnie się belka dębowa, w jednym końcu utwierdzona a na drugim obciążona ciężarem 2400 kilogr., gdy jéj szerokość wynosi 20^{cm}, wysokość 30^{cm} a długość 3 metry?

a) Wygięcie w skutek ciężaru 2400 kilogr.

$Q = 2400$ kilogr., $E = 120000$ kilogr., $L = 300^{cm}$.

Wygięcie $u = 4 \times \frac{2400}{120000} \times \frac{300^3}{20 \times 30^3} = 4^{\text{cm}}$.

b) Wygięcie belki pod własnym ciężarem:
Ciężar $3 \times 0,2 \times 0,3 \times 900 = 1620$ kilogr.

Wygięcie $u = \frac{3}{8} \times 4 \times \frac{1620}{120000} \times \frac{300^3}{20 \times 30^3} = 1,01^{\text{cm}}$.

c) całkowite więc wygięcie belki będzie : $4 + 1,01 = 5,01^{\text{cm}}$.

Gdy belka równoległościenna w położeniu poziomém podpartą jest w obu końcach, a zaś w środku obciążona, to wygięcie jéj wynosić będzie :

$$u = \frac{L^3}{4 . E . s . h^3}\left(Q + \frac{5}{8} Q'\right).$$

L znaczy odległość między podporami,
E zamiennik sprężystości,
Q ciężar zawieszony w środku,
Q' ciężar własny belki, lub téż jednostajnie rozłożony ciężar w długości L.

Belka więc wygnie się o $\frac{5}{8}$ takiego wygięcia jakiemuby uległa, gdyby jéj własny ciężar zawieszony był w środku.

Do obliczenia tego wygięcia można użyć powyższego wzoru, gdy belka jednym końcem utwierdzona w murze, a na drugim obciążona, jeżeli zamiast $Q + \frac{3}{8} Q'$ podstawimy $\frac{1}{16}\left(Q + \frac{5}{8} Q'\right)$. A więc będzie wygięcie dla belki okrągłéj : $u = \frac{4}{3} \frac{L^3}{\pi . E . d^4}\left(Q + \frac{5}{8} Q'\right)$.

252. Obliczenie wytrzymałości mostu żelaznego. Jaki ciężar może znieść most o 3-ch prostokątnych rurach z blachy żelaznéj kutéj, których wysokość wynosi $1^{\text{m}},200$, szerokość $0^{\text{m}},300$, gdy odległość między dwoma filarami równa się 18 metrów, a grubość blachy żelaznéj wszystkich 4-ch boków jest 9 millimetrów ?

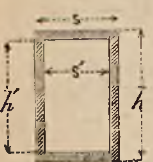


Fig. 180.

$$Q = 4 \times \frac{P}{6} \times \frac{s . h^3 - s_{,} h^3_{,}}{h . L .}$$

$s_{,} = 30 - 1,8 = 28,2$ centymetrów.
$h_{,} = 120 - 1,8 = 118,2$ „
$sh^3 = 30 \times (120)^3 = 51840000$
$s_{,}h^3_{,} = 28,2 \times (118,3)^3 = 46570000$

$$Q = \frac{4 \times 700 \times 5270000}{6 \times 1800 \times 120} = 11385 \text{ kilogr.}$$

A zatém wytrzymałość wszystkich 3-ch rur będzie $= 34155$ kilogr.; jeżeli zaś ciężar całego mostu wynosi 20000 kilogr., zatém most pomieniony obciążony być może w środku swéj długości ciężarem $34155 - \frac{20000}{2} = 24156$ kilogramów, bez obawy niebezpiecznego wygięcia.

253. Wytrzymałość wsteczna czyli zgniecenia. Wytrzymałość wsteczna, jest to opór jaki ciało przedstawia ciężarowi gniotącemu toż ciało w kierunku długości.

Zerwanie albo złamanie może tu nastąpić: albo przez *zgniecenie* albo też przez *zgięcie*.

Zgięcie będzie miało miejsce wtedy, gdy długość słupa większą jest 3 do 15 razy od najmniejszego przekroju, stosownie do przymiotów materyału. Jeżeli wygięciu się słupa, postawimy opór z boku, to wytrzymałość całego słupa będzie wtedy prawie taka sama jak i pojedyńczych krótszych jego części.

Wytrzymałość ciała na zgniecenie, jest proporcyonalna jego przekrojowi. Rozumie się samo przez się, że najmniejszy przekrój, winien być prostopadłym do siły cisnącéj.

Jeżeli więc jakieś ciało o przekroju 1^{cm} □, dźwiga ciężar 200 kilogr., to ciało takiéj saméj natury o przekroju 15^{cm} □, udźwignie ciężar $15 \times 200 = 3000$ kilogr.

254. Wytrzymałość na zgniecenie.

	Ścisłość	Zamiennik na 1^{cm} □.
1) Kamienie.		
Bazalt szwedzki i owerński	2,95	2000 kil.
Porfir	2,87	2470
Granit zielony z Vogezów	2,85	620
Granit siwy ztamtąd	2,64	420
Piaskowiec twardy	2,50	870
„ miękki	2,48	10
Marmur czarny z Flandryi	2,72	790
Kamień wapienny twardy z pod Paryża . .	2,36	310
„ miękki ztamtąd	2,07	120
„ żółty z pod Metz	2,00	100
„ niebieski ztamtąd (używany do wapna hydraulicznego)	2,60	300
Kamień wapienny miękki opierający się wodzie	1,82	60
Cegła dobrze wypalona	1,56	150
Mur z cegły (w moście Brytania)	—	36
Gips zmięszany z wapnem	—	73
Gips zmięszany z wodą	—	50
Zwyczajna zaprawa z wapna i piasku . . .	—	35
Zaprawa z mocnego hydraulicznego wapna .	—	144
„ ze zwyczajnego hydraulicznego wapna	—	74
2) Drzewa.	—	
Sośnina zwyczajna gnieciona w kierunku włókien	—	405
Jodlina „ „	—	475
Dębina „ „		455
Buczyna „ „	—	540
Jesion „ „	—	610
Dębina prostopadle do włókien gnieciona . .	—	160
3) Metale.		
Żelazo kute w kawałkach krótkich	—	3500 — 5000
Żelazo lane w wielkich sztukach	—	7000
Żelazo lane w małych sztukach a przez oziębienie na powierzchni zahartowane . . .	—	13000
Metal działowy	—	10000

Miedź na $\frac{1}{10}$ wysokości zgnieciona	—	3855	kil.
Mosiądz ,, ,,	—	3615	
Cyna ,, ,,	—	620	
Ołów ,, ,,	—	145	

255. Porównanie wytrzymałości zerwania z wytrzymałością zgniecenia. a) *Drzewo budulcowe.* Wytrzymałość bezwzględna czyli na zerwanie, ma się do wytrzymałości zgniecenia jak 4 : 3. Okrągłe albo prostokątne belki ulegające zgięciu w skutek ciśnienia, łamią się od strony wklęsłéj. b) *Żelazo kute.* Na zasadzie doświadczeń inżynierów angielskich z rurami z blachy żelaznéj, wytrzymałość bezwzględna wynosi 2868, a wsteczna 2329 kilogr. na 1^{cm} □. Z czego wypada, że przy jednakowych formach ma się wytrzymałość bezwzględna do wstecznéj jak 6 : 5. c) *Żelazo lane.* W skutek doświadczeń *Hodkinsona*, ma się wytrzymałość bezwzględna do wstecznéj :

Stosunek największy	1 : 8,129
,, najmniejszy	1 : 4,751
Średnia z dwóch szeregów doświadczeń	1 : 6,117.

256. Obciążenie słupów kamiennych i murów. 1) Podług *Rondeleta* obciążenie najśmielszych budowli jest następujące: na 1^{cm} □.

Filary kościoła Ś-go Piotra w Rzymie	16,36	kilogr.
,, ,, ,, Pawła w Londynie .	19,36	,,
,, ,, Inwalidów w Paryżu . .	14,76	,,
,, Pauteonu w Paryżu	29,44	,,
,, wieży kościoła w St. Mery . . .	29,40	,,
Słupy kościoła Ś-go Pawła w Rzymie .	19,76	,,
,, kościoła Toussaint d'Angers . . .	44,28	,,

2) *Doświadczenia Rondeleta wytrzymałości kamieni leżących na sobie.* Kamienie były kostkami o ścianach 5^{cm}.

Nazwa kamienia	Obciążenie do zgniecenia na 1^{cm} □.		
	1 kostka	2 kostka	3 kostka
Lyas bardzo twardy	254,04 k	216,44 k	191,20 k
Kamień twardy z Bagneux . . .	266,00	168,92	155,60
,, ,, z Chatillon. . .	205,52	160,40	154,12
,, ,, ,, . . .	141,48	113,16	110,08
,, ,, ,, . . .	148,84	119,08	115,60

3) *Doświadczenia Vicata z wytrzymałością wsteczną warstw kamiennych równoległościennych leżących nad sobą.*

Liczba warstw	1	2	4	8
Wysokość wszystkich warstw	1	1	2	4
Obciążenie do zgniecenia	1	0,930	0,861	0,834.

4) *Obciążenie murów.* Z wytrzymałości ogólnéj dla kamieni z których stawiają się mury, bierze się w praktyce na wytrzymałość dla kamieni ociosanych i dla cegły najwyżéj $^1/_{10}$, a dla murów z kamieni łamanych $^1/_{20}$ część, dla wszelkiego bezpieczeństwa.

Przykład. Jaką wysokość mieć będzie mur ceglany, jeżeli ma być własnym ciężarem zgnieciony ?

Jeżeli mur będzie odpowiednio gruby, aby się nie wygiął, to pęknie w skutek zgniecenia najniższéj warstwy. Niechaj będzie:

Wytrzymałóść cegły na 1 ^{cm} □ . . . . . . = 50 kilogr.
Ciężar gatunkowy materyału . . . . = 1,5
Więc ciężar słupa równoległościennego o przekroju 1 ^{cm} □, na 1 ^{m} wysokiego 0,01 $\times$ 10 $\times$ 1,5 . . . . = 0,15 kilogr.
Wysokość muru, przy jakiéj najniższe warstwy ulegną zgnieceniu . . . . . 50 : 0,15 = 333 m.

Podług powyższego prawidła mur ten powinienby mieć tylko 33,3 metrów wysokości, nawet w takim razie, gdy oprócz własnego, żadnego innego ciężaru dźwigać nie będzie.

257. Obciążanie pali. Pale drewniane, dostatecznie w grunt zabite, ze wszystkich stron otoczone ziemią, a w górze związane *kratą* (Rost, grillage), mogą być obciążone podług Rondeleta 30—35 kil. na 1 ^{cm} □ przekroju pala.

Przykład. Most kamienny wsparty na filarach, na 8 ^{m} szeroki, 2,6 ^{m} gruby, a 7 ^{m} wysoki, ma spoczywać na kracie utwierdzonéj na palach, mających po 25 ^{cm} średnicy. Pytanie zachodzi ile trzeba pali zabić pod rzeczony filar?

Objętość filara . . . . 8 $\times$ 2,6 $\times$ 7 = 145,6 metr. kub.
Ciężar gatunkowy muru . . . . = 2,6
Zatém ciężar 1 metra kub. . . . . 2,6 $\times$ 1000 = 2600 kil.
Ciężar całego filara. . . . . . . 145,6 $\times$ 2600 = 378560 kil.
Przekrój pala . . . . = 490 ^{cm} □.
Obciążenie jednego pala (30 kil. na 1 ^{cm} □) 30 $\times$ 490 = 14700 kil.

Szukana więc liczba pali będzie . . . . $\frac{378560}{14700} = 25.$

258. Obciążanie filarów drewnianych. Rezultaty prób jakich dokonał Rondelet z wytrzymałością filarów drewnianych, obciętych w końcach prostopadle do kierunku ich długości, objęte są poniższą tablicą. Rezultaty te, mogą być wyrażone przez wzory znajdujące się pod tąż tablicą, których jednak tylko wtedy użyć można, gdy wysokość filarów przenosi grubość tychże (najmniéjszy przekrój) 25 razy.

Stosunek wysokości do grubości	Podług Rondeleta		Podług wzorów		
	Obciążenie aż do zgniecenia	Obciążenie przy 7-o krotnem bezpiecz.	Obciążenie aż do zgniecenia	Obciążenie przy 7-o krotnem bezpieczeń.	Obciążenie przy 10-o krotnem bezpieczeń.
1	420 kil.	60,0 kil.			
10	370	52,8			
15	320	45,7			
20	265	37,8	375 kil.	53,5 kil.	37,5 kil.
25	210	30,0	240	34,3	40,00
30	165	23,6	166	23,7	16,6
35	134	19,1	122	17,4	12,2
40	105	15,0	94	13,4	9,4
45	80	14,4	74	10,6	7,4
50	62	8,8	60	8,6	6,0
60	35	5,0	42	6,0	4,2
70	20	2,8	30	4,3	3,0

Dla przekroju kwadratowego $Q = 150000 \frac{b^4}{L^2}$.

Dla przekroju prostokątnego $Q = 150000 \frac{a\,b^3}{L^2}$.

Q obciążenie aż do zgniecenia,
L wysokość filara w centymetrach,
a bok większy przekroju prostokątnego, w centymetrach,
b bok krótszy przekroju prostokątnego, lub téż bok przekroju kwadratowego, w centymetrach.

Przykład. Filar kwadratowy 4 m wysoki, ma znosić ciężar 3600 kilogramów. Jak wielki musi być jego przekrój, przy 10-krotném bezpieczeństwie?

Piérwsza z powyższych formuł daje:

$$3600 = 15000 \times \frac{b^4}{L^4} = 15000 \times \frac{b^4}{400 \times 400}, \text{ zkąd}$$

$$b^4 = \frac{3600 \times 400 \times 400}{15000} = 38400 .$$

Przekrój filara $6^2 = \sqrt{18400} = 396^{\text{cm}} \square$.

Bok więc przekroju $b = \sqrt{196} = 14^{\text{cm}} \square$.

A więc wysokość ma się do grubości jak 400 : 14 lub 28,6 : 1.

259. Wytrzymałość słupów żelaznych. 1) *Formuły Hodkinsona.* Dla słupów żelaznych lanych obciążenie aż do złamania słupa wynosi:

dla słupów pełnych $= 10676 \frac{d^{3{,}6}}{L^{1{,}7}}$ kilogramów.

dla słupów pustych $= 10676 \frac{d^{3{,}6} - d_{,}^{\,3{,}6}}{L^{1{,}7}}$ kilogramów.

gdzie L jest długością w decymetrach, a d i $d_{,}$ oznaczają średnice wyrażone w centymetrach. Użycie tych formuł odbywa się przy pomocy logarytmów. 2) *Formuły Lowego.* Lowe korzystał z rezultatów Hodkinsona, przy wyprowadzeniu poniższych formuł do obliczania obciążenia aż do zerwania słupów pełnych walcowych posłużyć mających.

Dla żelaza lanego . . . . . . $Q = \frac{7500\, d^4}{1{,}85 d^2 + 0{,}0043\, L^2}$,

Dla żelaza kutego . . . . . . $Q = \frac{2800\, d^4}{1{,}97\, d^2 + 0{,}00064\, L^2}$ gdzie

Q oznacza obciążenie w kilogramach,
d średnicę, L wysokość } słupów w centymetrach.

W powyższych formułach podług Lowego wytrzymałość wsteczna na $1^{\text{cm}} \square$ dla żelaza lanego wynosi 7500, a dla żelaza kutego 2800 kilogramów.

W następującéj tablicy obliczonéj przez Morina przyjęto 1250 zamiast 7500, a 600 zamiast 2800 w skutek czego słupy żelazne lane dają blizko 6-cio krotne, a żelazne kute $4\frac{1}{2}$-krotne bezpieczeństwo.

Wytrzymałość słupów pełnych żelaznych podług Lowego *i* Morina.

Średnica w centymetr.	Wysokość w centymetr.	Obciążenie w kilogr. żelazo lane	Obciążenie w kilogr. żelazo kute	Średnica w centymetr.	Wysokość w centymetr.	Obciążenie w kilogr. żelazo lane	Obciążenie w kilogr. żelazo kute
	100	8742	6736		300	39669	36456
	125	6900	6330		350	32679	34362
	150	5463	5891		400	27158	32225
	175	4277	5535		450	22793	30244
5	200	3579	5010	12	500	19323	28042
	225	2960	4595		550	16559	26068
	250	2490	4204		600	14285	24202
	275	2108	3840		650	12442	22454
	300	1803	3509		700	10921	20830
	150	9917	9113		350	67106	58228
	175	8169	8590		400	57306	55667
	200	6789	8056		450	49169	53024
	225	5698	7526		500	42435	50352
6	250	4830	7010	15	550	36855	47695
	275	4134	6517		600	32216	45090
	300	3571	6050		650	28339	42562
	325	3110	5613		700	25079	40133
	350	2730	5207		750	22321	37815
	250	13228	14797		400	140056	107816
	275	11542	14085		450	124165	104620
	300	10130	13379		500	110192	101265
	325	8941	12688		550	98003	97799
8	350	7936	12018	20	600	87112	94265
	375	7080	11373		650	78224	90703
	400	6349	10756		700	70249	87145
	450	5176	9612		750	63316	83623
	500	4290	8590		800	57273	80160
	200	35014	26954		400	264758	175739
	250	27548	25316		450	240888	172226
	300	21853	23566		500	218837	168463
	350	17562	21786		550	198730	164491
10	400	14318	20040	25	600	180560	160349
	450	11839	18371		650	164238	156078
	500	9920	16806		700	149630	151713
	550	8413	15360		800	124936	142837
	600	7212	14038		900	105250	133955

3) *Formuły teoretyczne.* Dla słupa równoległościennego albo okrągłego, którego końce prostopadle do długości są obcięte i który się swobodnie wyginać może, podaje teorya następujące formuły dla wytrzymałości wstecznéj.

Przekrój prostokatny. Przekrój okrągły.

$$Q = \frac{E \pi^2}{12} \times \frac{ab^3}{L^2} \qquad Q = \frac{E \pi^2}{64} \times \frac{d^4 - d^4_{,}}{L^2}$$

Q obciążenie słupa,
E zamiennik sprężystości,
b bok krótszy, a bok dłuższy przekroju prostokątnego,
d, $d_,$ średnica zewnętrzna i wewnętrzna słupa wewnątrz pustego,
L długość lub wysokość słupa.

Formuły te stosują się tylko w takim razie, gdy L większe jest przynajmniéj 20 razy od b lub d.

	Dla drzewa		dla żel. lan.		dla żel. kutego
Wartości dla E na 1 ^{cm} □	130000 k.	—	900000 k.	—	1800000 kil.

Powyższe formuły dają daleko mniejsze obciążenie, niż formuły Hodkinsona.

Przykład. Słup walcowy żelazny kuty 5 ^{m} wysoki, ma dźwigać ciężar 8590 kilogr. Jaką należy mu dać grubość przy czworakiem bezpieczeństwie?

Z powyższéj formuły mamy $d_i = 0$, zaś $E = \frac{1800000}{4}$

$$d^4 = \frac{64 \cdot Q L^2}{E \pi^3} = \frac{64 \times 8590 \times 500^2}{450000 \times 3,14^3} = 9850.$$

$$d^2 = \sqrt{9850} = 99,2; \quad d = 9,96 \text{ cm}.$$

Tablice Lowego dają w tym razie $d = 8$ ^{cm}.

4) *Słupy walcowe puste.* Wytrzymałość walca pustego otrzymujemy w ten sposób, że obliczamy naprzód wytrzymałość słupa o pełnym przekroju, następnie dla przekroju pustego, i tę ostatnią wartość odejmujemy od pierwszéj. Nadmienia się tutaj, że ściany takiego pustego słupa, powinny być jednostajnéj grubości. Im jednak słup będzie dłuższym, tym trudniéj będzie odlać go ze ścianami jednostajnéj grubości. *Słupy wewnątrz puste mają większą wytrzymałość od słupów pełnych, przy jednakim ich ciężarze.* Sama przyroda przekonywa nas o tém. Wszystkie kości ludzkie i zwierzęce, mają formę rury aby posiadając należytą moc czyli wytrzymałość, nie bardzo wiele ważyły. Te rurkowate kosteczki u ptaków, są oczywiście nadzwyczaj cienkie i delikatne. Źdźbła traw i zbóż są również wewnątrz puste, przezco przy niewielkiém użyciu materyału, posiadają dostateczną siłę do dźwigania kłosów; a zatém i pod tym względem, w wielkiém gospodarstwie przyrody, widzimy osiągane wielkie cele, małymi środkami.

Grubość ścian słupów walcowych pustych, nie powinna odbiegać od następujących granic:

Wysokość słupów	2 do 3	3 do 4	4 do 6	6 do 8 metrów.
Grubość ściany	1,2	1,5	2,0	2,5 centym.

260. Wytrzymałość w kierunku średnicy naczyń walcowych.

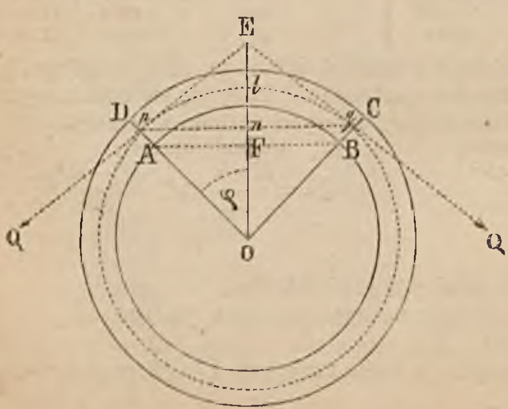


Fig. 181.

Ponieważ użycie rur ma liczne zastósowanie w przemyśle, jako to: do rozprowadzania wody, pary, gazu oświetlającego i t. p., przeto jest rzeczą niezmiernie ważną wiedzieć jaką grubość ścianom rur dawać należy, aby przeznaczeniu swemu zadość czyniły, a przy tém nie pękały.

Fig. 181 przedstawia nam przekrój poprzeczny rury, gdzie współśrodkowe koła wyobrażają ścianę zewnętrzną i ścianę wewnętrzną rury. W skutek tego $AD = BC = \delta$, będzie grubością ściany, którą nam obliczyć wypada. Jeżeli np. woda znajdująca się w rurze, będzie ściskaną przez wysokość h, to owo ciśnienie udziela się także i ścianom rury, a skutek tego ciśnienia jest taki, że usiłuje ściany naczynia rozerwać. Wyobraźmy sobie że ciśnienie wody (pary lub gazu) usiłuje część rury $DABC$ na zewnątrz wysadzić, to rura musi wtedy pęknąć w kierunku przekrojów AD i BC; a jeżeli przez l oznaczymy długość części wysadzonéj w kierunku obwodu rury, to δl będzie przedstawiać powierzchnię tego rozerwania.

Wyobraźmy sobie, że na obwodzie koła wypunktowanego znajdującego się w środku grubości ściany, jest skoncentrowana cała wytrzymałość rury; poprowadziwszy zatém styczne qQ i pQ, to linije te będą wyobrażać kierunki w których działa siła wytrzymałości materyału z jakiego wykonana jest rura. Oznaczywszy wytrzymałość każdego przekroju AD i BC przez Q, a współczynnik wytrzymałości przez m, to jak nam już wiadomo:

$Q = 144 \,.\, m \,.\, \delta \,.\, l\,.$ gdzie δ i l podane są w stopach.

Przedłużając powierzchnie pęknięcia DA i CB, to linije te przetną się w środku O, zatém $OA = OB = r$ promieniowi ściany wewnętrznéj, a prostopadła OE do AB będzie kierunkiem ciśnienia wody, usiłującym część rury $DABC$ wysadzić. Siłę tę znajdziemy mnożąc wypychaną powierzchnię przéz wysokość ciśnienia i przez 56,4. Ponieważ zaś ciśnienie na powierzchnię krzywą AlB równa się ciśnieniu pionowemu na cięciwę AB, która się równa $2AF = 2\,r\,.\,\mathrm{wst}\,\varphi$, to ciśnienie szukane będzie:

$$P = 56{,}4 \,.\, 2\,r \,.\, \mathrm{wst}\,\varphi \,.\, h \,.\, l\,.$$

Wystawiwszy sobie siłę spójności materyału Q z jednéj i z drugiéj strony przez linije równe $Ep = Eq$ i poprowadziwszy qn i pn, otrzymamy tym sposobem każdą z sił Q rozłożoną na dwie boczne siły qn i En tudzież pn i En, z których siły pn i qn ponieważ są sobie równe i w przeciwnych kierunkach działają znoszą się wzajemnie, pozostaje więc tylko siła $2\,En$, działająca w kierunku EO i stanowi równowagę z ciśnieniem wody także w kierunku OE działającém, będzie więc:

$$P = 2\,En = 2 \,.\, Q\, \mathrm{wst}\,\varphi\,.$$

Wstawiając za Q poprzednią jego wartość, będzie:

$$P = 2 \,.\, 144 \,.\, m \,.\, \delta \,.\, l \,.\, \mathrm{wst}\,\varphi\,.$$

Porównawszy tę wartość z poprzednią, będzie:

$$56{,}4 \,.\, 2\,r \,.\, \mathrm{wst}\,\varphi \,.\, l \,.\, h = 2 \,.\, 144 \,.\, m \,.\, \delta \,.\, l \,.\, \mathrm{wst}\,\varphi\,.$$

Skróciwszy będzie:

$$56{,}4 \,.\, r \,.\, h = 144 \,.\, m \,.\, \delta\,. \quad \text{zkąd:}$$

$$\delta = \frac{56{,}4}{144} \,.\, \frac{r\,.\,h}{m} = 0{,}4 \,.\, \frac{rh}{m}\,.$$

Wprowadzając zaś za r czyli promień, średnicę rury czyli $\frac{d}{2}$, otrzymamy grubość ściany naczynia cylindrowego:

$$(1) \qquad \delta = 0{,}2\,\frac{dh}{m}\,.$$

Równanie to służy do obliczenia grubości ściany, mając daną średnicę rury, wysokość ciśnienia i spółczynnik wytrzymałości materyału.

Jeżeli drugiéj rury D wyraża średnicę, zaś H wysokość ciśnienia, to gdy obie rury wykonane są z jednego i tego samego materyału, grubość ścian:

$$\delta' = 0{,}2 \frac{D \cdot H}{m} .$$

Z tych ostatnich równań otrzymamy proporcyę:

$$\delta : \delta' = 0{,}2 \frac{d\,h}{m} : 0{,}2 \frac{D \cdot H}{m} \text{ czyli: } \delta : \delta' = d\,h : D\,H .$$

To jest grubości ścian dwóch rur mają się do siebie, w stosunku prostym średnic i wielkości ciśnień.

Przykład. Kocioł parowy posiada 3 stopy średnicy, pracować ma pod ciśnieniem 3-ch atmosfer. Jaka będzie grubość ścian owego kotła? Ciśnienie jednéj atmosfery równa się kolumnie wody na 32 stóp wysokiéj, czyli jest z nią w równowadze, zatém w tym rachunku wysokość ciśnienia będzie $3 \times 32 = 96$ stóp. Ponieważ kocioł zbudowany jest z blachy żelaznéj walcowanéj, dla któréj współczynnik wytrzymałości $m = 450000$ funtów, a dla poczwórnego bezpieczeństwa bierze się tylko $\frac{1}{4}$ część tego spółczynnika, przeto $m = 11200$. Podstawiając te wartości w powyższe (1) równanie, otrzymamy:

$$\delta = 0{,}2 \cdot \frac{3 \cdot 96}{11200} = 0{,}00514' = 0{,}75 \text{ linii},$$

to jest, gdy kocioł ten zbudujemy z blachy żelaznéj $\frac{3}{4}$ linii grubéj, będzie on wystarczającym do wytrzymania żądanego ciśnienia. Wszelako ze względu na zużywanie się żelaza, zwłaszcza jeżeli kocioł ma na długie lata wystarczyć, daje się tę grubość podwójną, a czasami i potrójną.

Przepisy rządowe francuzkie i belgijskie, podają inną formułę na znalezienie grubości ścian kotła, a mianowicie:

$$e = 1{,}8 \cdot d\,(n - 1) + 3,$$

gdzie e znaczy grubość blachy w millimetrach, d średnicę kotła w metrach, n liczbę atmosfer ciśnienia pod jakim kocioł ma pracować, -1 ciśnienie powietrza zewnętrznego, $+3$ millimetrów, liczba stała.

Przykład. Kiedy kocioł parowy 1,2 metrów średnicy, ma pracować pod ciśnieniem 10-ciu atmosfer, jaką grubość ścianom jego dać należy, aby bez niebezpieczeństwa pracował?

Wstawiwszy dane wartości w powyższe równanie, będzie:

$$e = 1{,}8 \times 1{,}2\,(10 - 1) + 3 = 19{,}44 + 3 = 22{,}44 \text{ millim.}$$

261. Ze względu na ciśnienie wewnątrz rury, rozróżniamy dwa przypadki: ciśnienie w kierunku osi i ciśnienie w kierunku średnicy.

W pierwszym przypadku wyobraźmy sobie walec opatrzony dwoma dnami, to ciśnienie od wewnątrz, na każde dno $= \frac{1}{4} d^2 \pi p$. Te dwie siły rozciągają ściany walca w kierunku osi. Przekrój materyału stawiający opór, jest $= e\ (d + e)\ \pi$; a zatém jego opór $= e \times (d + e)\ \pi\ m$. Jeżeli obie siły uczynimy sobie równe, będzie:

$$(1) \qquad e\ (d + e)\ m = \frac{d^2}{4}\ p.$$

Gdzie e znaczy grubość ściany w centymetrach, d średnicę rury w centymetrach, p ciśnienie na 1 ^{cm} □ -powierzchni ściany; m opór jaki stawia materyał na 1 ^{cm} □ przeciwko wewnętrznemu i zewnętrznemu ciśnieniu, w kilogramach.

Przecinając naczynie w kierunku osi, to jego ściana walcowa w długości L przeciętą zostanie dwiema płaszczyznami, których powierzchnia razem wzięta będzie $= 2\ e\ L$. Opór téj powierzchni przeciwko ciśnieniu w kierunku średnicy $= 2\ e\ L\ .\ m$. Ciśnienie płynu usiłuje, w skutek przecięcia dwie połówki naczynia powstałe, od siebie oddzielić. Powierzchnia na którą płyn ciśnie $= d\ L$, a zatém ciśnienie $= d\ L\ .\ p$.

Jeżeli te dwie siły uczynimy sobie równe, będzie:

$$(2) \qquad 2\ e m = d p.$$

Długość przeto naczynia, jak z tego równania widać, nie wpływa nic na ciśnienie w kierunku średnicy.

Wartości na m we wzorach (1) i (2) wskazują opór materyału przeciwko ciśnieniu wzdłuż osi i w kierunku średnicy. Ze wzorów (1) i (2) wypływa, że:

$$\frac{\text{Ciśnienie w kierunku osi}}{\text{Ciśnienie w kierunku średnicy}} = \frac{d}{2\ (d + e)}.$$

Wyraz 2 $(d + e)$ owéj proporcyi, jest przeszło 2 razy większy od wyrazu d; z czego się najwyraźniéj pokazuje, że materyał w kierunku średnicy wytrzymywać musi przeszło dwa razy takie ciśnienie, niż materyał na który ciśnienie działa w kierunku osi.

Jeżeli grubość ściany stanowi połowę średnicy wewnętrznéj (który to stosunek praktykuje się zwykle przy prasach hydraulicznych), to wtedy $2\ d + e$ będzie prawie 3 razy większe od d, t. j. że materyał doznaje 3 razy większego ciśnienia w kierunku średnicy, niż w kierunku osi.

W każdym razie, przy obliczaniu grubości ściany e, należy trzymać się wzoru (2), zkąd:

$$(3) \qquad \text{grubość ściany } e = \frac{d\ p}{2 m}.$$

Z tego wzoru widać, że dla ciśnienia w kierunku średnicy w naczyniach walcowych, grubość ściany idzie w stosunku prostym ciśnienia płynu i średnicy naczynia, a w stosunku odwrotnym współczynnika wytrzymałości materyału.

Przykład. Jaką należy dać grubość ścianom rur wodociągowych przy średnicy wewnętrznéj 30 ^{cm}, mającym wytrzymywać ciśnienie 10 atmosfer z 5-cio krotném bezpieczeństwem?

Ciśnienie 10 atmosfer na 1 ^{cm} □ $p = 10,33$ kil.

Wytrzymałość żel. lanego na 1 ^{cm} □ niechaj będzie $= 1100$ kil.

Zatém spółczynnik m przy 5-krotnéj wytrzym. $\frac{1100}{5} = 220$ kil.

Wstawiając te wartości w formułę (3), otrzymamy:

$$\text{Grubość ściany } e = \frac{30 \times 10{,}33}{2 \times 220} = 0{,}705^{\text{ cm}}.$$

Lecz grubość ta musi być jeszcze powiększoną o pewną wielkość dodatkową, jak to następujące formuły wskazują:

Grubość ścian rur wodociągowych podług Morina.

Żelazo kute $e = 0{,}00086 \,.\, nd + 0{,}30$ centymetrów.
Żelazo lane $e = 0{,}00238 \,.\, nd + 0{,}85$ „
Miedź kuta $e = 0{,}00147 \,.\, nd + 0{,}40$ „
Ołów — $e = 0{,}00242 \,.\, nd + 0{,}50$ „

Gdzie n wyraża liczbę atmosfer, na jaką należy rury wypróbować przed ich użyciem. Pospolicie bierze się $n = 10$.

262. Rury pod wpływem ciśnienia zewnętrznego. Ciśnienie na kawałek rury, długości 1 cm, a średnicy D, działające w kierunku średnicy $= Dp$. Wyobraźmy sobie jakoby ten kawałek rury składał się z dwóch słupów, mających grubość e, szerokość 1, i wysokość D. Dla obliczenia więc wytrzymałości wstecznéj tych dwóch słupów użyjmy formuły następującéj:

$$Q = 4 \times \frac{E\,\pi^2}{12} \times \frac{a\,b^3}{L^2}, \text{ zatém}$$

$$Dp = 2 \times 4 \times \frac{E\,\pi^2}{12} \times \frac{1 \times e^3}{D^2}, \text{ zatém}$$

$$e^3 = \frac{3}{2\,E\,\pi^2} \times D^3 p\,.$$

Przykład. Jaką należy dać grubość ścianom rury żelaznéj lanéj 30 cm średnicy, mającéj wytrzymywać ciśnienie 6 atmosfer z 5-rakiém bezpieczeństwem?

Ciśnienie 1 atmosfery na 1 cm □ przekroju $= 1{,}033$ kil.
Zatém ciśnienie . . . . $p = 6 \times 1{,}033 = 6{,}198$ kil.
Daléj zamiennik sprężystości dla żel. lanego $E = 900000$ kil.

Na zasadzie tych wartości ostatnia formuła daje, jeżeli p weźmiemy 5 razy:

$$e^3 = 5 \times \frac{3 \times 30^3 \times 6{,}198}{2 \times 900000 \times 3{,}142^2} = 0{,}142$$

zatém grubość ściany $e = \sqrt[3]{0{,}142} = 0{,}52^{\text{ cm}}$.

Dla zabezpieczenia się od wszelkich przypadków i niedokładności w robocie, powyższa wartość e powiększa się jeszcze o pewną ilość stałą, jak poniższe wzory wskazują. Otrzymamy więc ostateczną wartość przy 5-rakiém bezpieczeństwie:

dla żelaza kutego . . . . $e = 0{,}008\, D \sqrt[3]{p} + 0{,}23$ centymetrów
„ lanego . . . . $e = 0{,}009\, D \sqrt[3]{p} + 0{,}30$ „
dla miedzi i mosiądzu . . . $e = 0{,}011\, D \sqrt[3]{p} + 0{,}15$ „

Przykład. Powyższa więc rura żelazna lana 30^{cm} średnicy mająca, powinna mieć grubość ściany podług téj formuły:

$$e = 0{,}009 \times 30\sqrt[3]{6{,}198} + 0{,}30 = 0{,}496 + 0{,}30 = 0{,}796^{cm}.$$

263. Wytrzymałość naczyń kulistych. Niechaj D i d oznaczają średnice zewnętrzną i wewnętrzną naczynia w centymetrach.

e grubość ścian w centymetrach,

p ciśnienie na 1^{cm} □ pow. ściany,

m' i m opory jakie przedstawia materyał również na 1^{cm} □ ściany, przeciwko ciśnieniu zewnętrznemu i wewnętrznemu, w kilogramach.

1) *Naczynia pod ciśnieniem zewnętrzném.* Ciśnienie działające w kierunku średnicy na powierzchnię $\frac{1}{4} D^2 \pi$ równa się $\frac{1}{4} D^2 . \pi . p$.

Wyobraźmy sobie pustą wewnątrz kulę jako słup walcowy o przekroju $\frac{1}{4} \pi (D^2 - d^2)$, wystawiony na zgniecenie. Opór materyału $= \frac{1}{4} \pi + (D^2 - d^2) m'$. Jeżeli te dwie siły uczynimy sobie równe, będzie:

$$(D^2 - d^2) m' = D^2 p .$$

2) *Naczynia pod ciśnieniem wewnętrzném.* Płyn wewnątrz naczynia zawarty usiłuje to naczynie na dwie części rozerwać. Przecinając naczynie w środku, to płyn ciśnie prostopadle na powierzchnię przekroju z siłą $= \frac{1}{4} \pi d^2 p$. Materyał znów stawia opór swoim przekrojem z siłą $= \frac{1}{4} \pi (D^2 - d^2) m$. Jeżeli te dwie siły porównamy z sobą, otrzymamy:

$$(D^2 - d^2) m = d^2 p.$$

Przykład. Naczynie kuliste miedziane, mające 40 centymetrów średnicy wewnętrznéj, ma wytrzymywać ciśnienie 30 atmosfer. Jaką grubość ścianom jego dać należy, przy bezpieczeństwie poczwórném?

Ciśnienie jednéj atmosfery na 1^{cm} □ $= 1{,}033$ kil.

Zaczém ciśnienie 30 atmosfer na 1^{cm} □ $= 30 \times 1{,}033 = 30{,}99$ kil.

Wytrzymałość miedzi na 1^{cm} □ przekroju $= 2400$ kil.

Zatém wartość m przy poczwórném bezp. $= 600$ kil.

Wstawiając te wartości we formułę, otrzymamy:

$$D^2 - 40^2 = \frac{30{,}99}{600} = 40^2$$

$$D^2 - 1600 = 82{,}64 ; D = \sqrt{1682{,}64} = 41{,}22^{cm}.$$

$$\text{Zatém grubość ściany } e = \frac{41{,}22 - 40}{2} = 0{,}61^{cm}.$$

264. Ciężar i grubość ścian rur żelaznych lanych dla wodociągów i komunikacyj gazowych. Grubości ścian obliczone zostały podług formuły $e = 0{,}02\, d + 1$ przyjętéj dla wodociągów paryzkich.

Waga rur podana jest bez kołnierzy i muf.

Średnica wewnętrzna	Grubość ściany	Ciężar 1 metra bież.	Średnica wewnętrzna	Grubość ściany	Ciężar 1 metra bież.
6cm	1,12cm	18,3kil	38cm	1,76cm	158,24kil
8	1,16	24,02	40	1,80	170,18
10	1,20	30,38	42	1,84	182,41
12	1,24	37,02	44	1,88	195,06
14	1,28	44,13	46	1,92	208,08
16	1,32	51,40	48	1,96	221,44
18	1,36	59,24	50	2,00	235,24
20	1,40	67,29	52	2,04	249,30
22	1,44	76,03	54	2,08	263,81
24	1,48	85,28	56	2,12	278,64
26	1,52	94,60	58	2,16	293,79
28	1,56	104,28	60	2,20	309,51
30	1,60	114,21	62	2,24	325,46
32	1,64	124,82	64	2,28	341,80
34	1,68	135,53	66	2,32	358,50
36	1,72	146,72	68	2,36	375,42

265. Wytrzymałość skręcenia (Torsionsfestigkeit).

1) *Wielkość skręcenia.* Jeżeli jaka sztaba okrągła lub równoległościenna wystawioną będzie na skręcenie, to jéj włókna podłużne mające przedtém kształt linii prostéj, przybierają postać linii śrubowéj. W skutek czego włókna zewnętrzne ulegają przedłużeniu, a wewnętrzne skróceniu. Ale znachodzi warstwa walcowa w téj sztabie, któréj włókna ulegają tylko zgięciu, lecz nie ulegają ani przedłużeniu, ani téż skróceniu. Tę warstwę możnaby nazwać *warstwą obojętną.* W wale cylindrowym, jéj promień równa się 0,707 promienia wału.

W granicach sprężystości *kąt skręcenia* jest proporcyonalny długości wału lub sztaby i statycznemu momentowi, sprawiającemu owo skręcenie.

Jeżeli oznaczać będą:

P siłę skręcającą wał lub sztabę, R długość ramienia drążka prostopadłego do długości sztaby, do końca którego przyczepiona jest siła P; więc PR będzie momentem statycznym skręcającym sztabę. L długość wału lub sztaby, E zamiennik sprężystości materyału, a liczbę stopni o które wał lub sztaba skręcone zostały, to następujące równania wyrażać będą kąty skręcenia dla 3-ch przekrojów:

$$(1) \quad a = \frac{16}{0{,}4\,\pi} \times \frac{PR}{E} \times \frac{360}{d^4\,\pi}\, L \ldots\ldots$$

$$a = \frac{6}{0{,}4} \times \frac{PR}{E} \times \frac{360}{h^4\,\pi}\, L \ldots\ldots$$

$$a = \frac{6}{0{,}4} \times \frac{PR}{E} \times \frac{s^2 + h^2}{s^3\,h^3} \times \frac{360}{\pi}\, L.$$

Przykład. O jaki kąt czyli o ile stopni skręci się wał okrągły żelazny kuty mający 10^{cm} średnicy, a 5 metrów długi, przenoszący siłę 1200 kilogramów za pomocą koła zębatego 70^{cm} promienia, kiedy toż koło osadzone jest na końcu wału?

Przyjmując zamiennik sprężystości $E = 2000000$ kilogr. na 1^{cm} □ przekroju, to otrzymamy, jeżeli siły wyrazimy w kilogramach, a długości w centymetrach:

$$a = \frac{16}{0,4 \times 3,1416} \times \frac{1200 \times 70}{2000000} \times \frac{360 \times 500}{10^4 \times 3,1416} = 3,06 \text{ stopni},$$

zkąd się pokazuje, że jeden koniec wału przebiegł już drogę 3,06 stopni, nim drugi koniec zaczął się dopiéro obracać.

2) *Moment wytrzymałości.* Niechaj będzie jak wyżéj PR momentem statycznym, usiłującym wał skręcić, T niechaj będzie siłą, z jaką włókno o przekroju 1, najwięcéj oddalone od środka przekroju wału, opiera się owemu skręceniu, to otrzymamy dla powyższych trzech form wałów pod pozycyą (1) wyobrażonych, następujące momenta wytrzymałości:

$$(2) \qquad PR = \frac{\pi}{16} Td^3 = 0,193\ Td^3$$

$$PR = \frac{T}{3\sqrt{2}} h^3 = 0,235\ Th^3$$

$$PR = \frac{T}{3} \times \frac{s^2\ h^2}{\sqrt{s^2 + h}}.$$

3) *Wartość dla T aż do złamania na 1^{cm} □ przekroju.*

Dla żelaza lanego . . .	2500 — 3300	kilogr.
„ „ kutego . . .	3500 — 4500	„
„ drzewa dębowego . .	300 — 400	„

4) *Wały ulegające skręceniu przez siłę ludzką.* Takie wały napotykamy w windach używanych przy konstrukcyi budynków, przy kranach do podnoszenia wielkich ciężarów i t. p. Biorąc 15-rakie bezpieczeństwo dla wału żelaznego kutego, to $T = 260$ kilogr. Wstawiając tę wartość w powyższą formułę, otrzymamy:

$$d = 0,27 \sqrt[3]{PR};$$

gdzie d i R w centymetrach, zaś P wyrażone jest w kilogramach.

Przykład. Jaką dać należy grubość wałowi kranu na którym osadzona jest korba, kiedy długość korby $R = 32^{cm}$, a siła działająca na korbę najwyżéj 120 kilogr. wynosi?

Otrzymamy, że wtedy:

$$\text{Średnica wału } d = 0,27 \sqrt[3]{120 \times 32} = 4,3^{cm}.$$

5) *Wały ulegające skręceniu przez działanie siły mechanicznéj.* Wały takie służą dla przeprowadzenia pracy mechanicznéj do różnych warsztatów i fabryk, dostarczanéj przez koła wodne, turbiny i maszyny parowe. Ponieważ tego rodzaju wały nie dźwigają na sobie znaczniéjszych ciężarów, przeto przypadkowe ich wygięcia jakim czasem ulegają, mogą tu być pominięte.

Niechaj N oznacza liczbę koni parowych, jaką ma wał na sekundę przeprowadzić, licząc na siłę jednego konia 75 kilogrammetrów, n liczbę obrotów wału w minucie czasu, a v chyżość obwodu koła na które działa siła P, to będzie, gdy R wyrazimy w metrach:

Wzór dla chyżości . . . $60\ v = 2\ R\,.\,\pi\,.\,n$
„ dla siły . . . . . $75\ N = P\,.\,v\,.$
„ dla wytrzymałości $100\ PR = 0{,}193\ T\,.\,d^3.$

Pomnożywszy te wszystkie formuły przez siebie, i podzieliwszy ten iloczyn przez v, P i R, otrzymamy ostatecznie:

$$(3)\qquad d^3 = \frac{364840}{T} \times \frac{N}{n}\,.$$

Podług *Buchanana* wał żelazny lany na 50 koni siły, robiący 50 obrotów w minucie, powinien posiadać średnicę 7 cali ang. czyli 17,8 centymetrów. Wstawiając te wartości w formułę (3), otrzymamy:

$$(17{,}8)^3 = \frac{364840}{T} \times \frac{50}{50},\ \text{więc}\ T = 65\ \text{kilogr.}$$

A więc bezpieczeństwo jakie dają wały podług Buchanana, jest $\frac{2900}{65} = 44{,}6$-krotne. Nowsi konstruktorowie dają tylko taką wytrzymałość wałom najmocniéjszym. Zwykle daje się bezpieczeństwo 30 lub 33-krotne, zatém dla $T = 94$ kilogr. gdy wał wykonany jest z żelaza lanego, a gdy wykonany jest z żelaza kutego, wtedy $T = 140$ kil.

Te wartości wstawione w formuły (2) i (3) dają następujące wypadki:

Dla żelaza lanego.	Dla żelaza kutego.
(4) $d^{cm} = 0{,}38\ \sqrt[3]{PR}$	$d^{cm} = 0{,}33\ \sqrt[3]{PR}$
(5) $d^{cm} = 16\ \sqrt[3]{\frac{N}{n}}$	$d^{cm} = 14\ \sqrt[3]{\frac{N}{n}}\,.$

Ponieważ wały na spojeniach czyli w szyjach są zwykle cieńsze (Fig. 182), przeto bierze się w rachunek dla d tę najmniéjszą ich wartość.

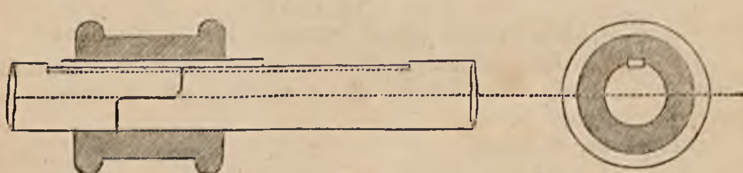


Fig. 182.

Z formuły (5) wypływają następujące wnioski:

a) Jeżeli dwa wały robią jednaką liczbę obrotów w minucie, to mają się do siebie skutki na owych wałach przeprowadzone, jak sześciany z ich średnic. Jeżeli zatém jeden wał jest dwa razy grubszy od drugiego, to przy téj saméj liczbie obrotów jest w stanie przeprowadzić $2 \times 2 \times 2$ t. j. ośm razy większy skutek czyli pracę mechaniczną.

b) Jeżeli dwa wały przenoszą jednaką pracę mechaniczną, to wał prędzéj obracający się może być cieńszy; to jest mają się do siebie średnice, jak pierwiastki sześcienne z liczby ich obrotów. Jeżeli zatém jeden wał obraca się $3 \times 3 \times 3$ czyli 27 razy prędzéj od drugiego, to może mieć średnicę 3 razy mniéjszą od drugiego.

c) Dwa wały muszą mieć jednaką średnicę, jeżeli stosunek pracy do liczby obrotów, jest dla obudwóch wałów jednaki. Jeżeli zatém jeden wał przenosi pracę 80 koni parowych przy 80 obrotach, a drugi pracę 8 koni przy 8 obrotach, to obadwa wały muszą mieć jednakową grubość.

Wały zwyczajnych kół wodnych, ze względu na wytrzymałość skręcenia, wypadają dla tego tak ciężkie, ponieważ się bardzo wolno obracają. Wały zaś turbinów dla wysokich spadków wypadają bardzo cienkie, ponieważ się te turbiny prędko obracają.

Przykład 1. Jak gruby musi być wał żelazny lany, jeżeli na obwodzie koła 35 centymetrów promienia, poruszany jest przez siłę 1500 kilogramów?

Średnica wału $d = 0{,}38 \sqrt[3]{35 \times 1500} = 14{,}2$ centymetrów.

Przykład 2. Jaki skutek czyli pracę mechaniczną może przenosić wał 9 centym. gruby, gdy w minucie czasu robi 80 obrotów?

$$\text{Z formuły } d = 14 \sqrt[3]{\frac{N}{n}} \text{ otrzymujemy } N = n \, \frac{d^3}{(14)^3}.$$

$$\text{Zatém } N = 80 \times \frac{9^3}{14^3} = 21{,}3 \text{ koni parowych.}$$

Tablica grubości wałów przeciwko skręceniu.

Średnica wałów	Wartość dla $\frac{N}{n}$		Średnica wałów	Wartość dla $\frac{N}{n}$	
	Żelazo lane	Żelazo kute		Żelazo lane	Żelazo kute
3 cent.		0,0089	15 cent.	0,824	1,226
3,5		0,0156	16	1,000	1,492
4		0,0233	17	1,199	1,791
4,5		0,0332	18	1,424	2,123
5	0,0305	0,0456	19	1,674	2,499
5,5	0,0406	0,0606	20	1,953	2,913
6	0,0527	0,0787	21	2,261	3,374
6,5	0,070	0,100	22	2,600	3,880
7	0,084	0,125	23	2,970	4,434
7,5	0,103	0,153	24	3,375	5,037
8	0,125	0,187	25	3,814	5,693
8,5	0,150	0,224	26	4,291	6,405
9	0,178	0,266	27	4,805	7,173
9,5	0,209	0,312	28	5,360	
10	0,244	0,372	29	5,954	
11	0,325	0,485	30	6,592	
12	0,422	0,629	31	7,273	
13	0,536	0,801	32	8,000	
14	0,670	1,000	33	8,774	

Przykład. Niechaj wał ma siłę 50 koni parowych do przeprowadzenia przy 40 obrotach w minucie. Tutaj będzie:

$$\frac{N}{n} = \frac{50}{40} = 1{,}250.$$

Dla żelaza kutego ta wartość leży najbliżéj w tablicy powyższéj wartości 1,226 odpowiadającéj średnicy wału 15^{cm}.

Dla żelaza lanego leży 1,250 pomiędzy wartościami 1,199 i 1,424, odpowiednia zatém grubość wału leży między 17 i 18 centym.

Przykład. Wał żelazny kuty ma 11 centym. średnicy i ma się obracać 60 razy w minucie.

Jaką pracę mechaniczną może taki wał przenosić?

Dla 11 centymetrów średnicy daje tablica $\frac{N}{n} = 0{,}485$, a ponieważ $n = 60$, przeto:

$$N = 60 \times 0{,}485 = 29{,}1 \text{ koni parowych.}$$

Dr. *Petzwal* podaje znów na znalezienie grubości wału drewnianego następującą formułę:

$$d = 0{,}46 \sqrt[4]{b.\ p.\ l.}$$

gdzie b znaczy ramię drążka przyczepienia siły, p siłę wał obracającą, a l długość wału.

Przykład. Na wale koła wodnego, osadzone jest koło zębate promienia $b = 3$ stopy, w odległości $l = 12$ stóp od koła wodnego; jaką grubość trzeba dać wałowi aby się skręceniu z wszelkiém bezpieczeństwem opierał? Wstawiając w powyższą formułę wartości liczebne zamiast b i l w calach, a zamiast p w funtach, znajdziemy, że:

$$d = 0{,}46 \sqrt[4]{36.\ 200.\ 12.\ 12} = 1{,}84 \sqrt[4]{81.\ 50} = 14{,}678 \text{ cali}$$

to jest, że średnica 15 cali będzie wystarczającą dla tego wału.

Nadmienia się jeszcze, że powyższa formuła przydatną jest tylko dla wałów drewnianych.

ROZDZIAŁ VIII.

DYNAMIKA

czyli nauka o ruchu ciał stałych.

---

266. Definicya ruchu. Przez ruch w ogólności należy taki stan ciała rozumieć, który jest przeciwny jego równowadze. Ponieważ zaś ciało zostające w równowadze czyli w spoczynku, znajduje się zawsze na jednem i tém samém miejscu, ztąd przeto wypada, że ruch ciała, niczém innem nie jest, tylko zmianą owego pierwotnego miejsca; t. j. jeżeli ciało ma się poruszyć, to musi swoje pierwotne miejsce opuścić, a natomiast inne zająć.

Fig. 183.

Widoczném jest, że gdy ciało miejsce A (Fig. 183) zamienia na miejsce B, to jest jeżeli z A przenosi się do B, musi koniecznie przebiedz drogę AB, do czego pewnego czasu potrzeba, a ten czas o tyle okaże się mniéjszy, im ciało biegnie z większą chyżością, a o tyle będzie większy, im wolniéj ciało biedz będzie. Z tego więc widzimy, że przez chyżość nic innego rozumieć nie można, jak w pewnym czasie przebieżoną drogę.

Ponieważ zaś w mechanice powszechnie przyjęto za jednostkę czasu sekundę, a w następstwie tego, taką przestrzeń uważać za chyżość, jaka przebieżoną być może w jednéj sekundzie czasu, przeto i my trzymać się będziemy tego prawidła; którego jednak za prawo nie ulegające zmianie, uważać nie można, każdemu bowiem jest wolno ową chyżość odnieść do innéj jednostki czasu. Słyszymy bardzo często mówiących, że na téj lub owéj drodze żelaznéj, jedzie się z prędkością 6 lub 9 mil; oczywiście ta chyżość nie odnosi się do jednéj sekundy, ale do jednéj godziny. Znając zaś chyżość w jednéj godzinie, łatwo przez dzielenie znajdziemy ją w jednéj sekundzie czasu.

Biorąc milę polską równą (8,5 kilometrów) 29632 stóp polskich, to 6 mil będą równe 177792 stóp pol., a ponieważ godzina zawiera w sobie sekund 3600, przeto $\frac{177792}{3600} = 49,4$ stóp, i to jest chyżość z jaką jedzie się na drodze żelaznéj w jednéj sekundzie czasu.

267. Podział ruchu. Ruch w ogólności może być tylko jednostajny lub niejednostajny. Co się dotyczé *ruchu jednostajnego*, ten określiliśmy już § 135 na str. 101, gdzieśmy powiedzieli, że w ruchu jednostajnym odbyte drogi rosną w stosunku czasów, to jest, że w czasie 2, 3, 4 lub *n* razy większym odbytą zostanie droga 2, 3, 4 lub *n* razy większa. To prawo zwykle wyraża się w taki sposób: że w ruchu jednostajnym, drogi są czasom proporcyonalne.

Ztąd się pokazuje jasno, że 1^0 w ruchu jednostajnym chyżość poruszanego ciała musi wciąż być jednakową, inaczéj bowiem byłoby niemożliwém, aby w równych czasach mogły być jednakowe drogi przebyte. 2^0 Że ten ruch musi być wywołany tylko przez siłę chwilową, to jest przez taką siłę która wywiera swój skutek tylko przez chwilkę nieskończenie małą, albowiem gdyby siła działała na ciało dłuższy przeciąg czasu, musiałaby jego chyżość rosnąć, a więc ruch nie byłby jednostajnym. Jeżeli c oznacza chyżość, s drogę jaką ciało odbyło w pewnym czasie t, to na zasadzie powyższego prawa, otrzymamy proporcyę następującą:

$$1 : t = c : s \quad \text{zkąd:}$$

$$s = ct, \qquad c = \frac{s}{t}, \text{ i } t = \frac{s}{c}$$

otrzymujemy trzy zasadnicze równania dla ruchu jednostajnego, których zresztą użytek wskazaliśmy już w rozdziale VI na str. 106.

268. Definicya ruchu *niejednostajnego*, wypływa już z samego nazwiska owego ruchu. Ruch niejednostajny będzie wtedy, gdy w równych czasach przebyte drogi przez ciało, nie będą sobie równe. Widzimy zaraz z téj definicyi, że w takim ruchu chyżość poruszanego ciała, musi być zmienną, że zatém nie mogła być wywołaną przez siłę chwilową.

Ruch niejednostajny, może być dwojaki, mianowicie *przyśpieszony* i *opóźniony*.

Ruch przyśpieszony nazywa się wtedy, w którym chyżość ciała ustawicznie wzrasta. Ruch zaś opóźniony wtedy, gdy chyżość w ruch wprawionego punktu ustawicznie maleje. Ale każdy z tych ruchów może być jeszcze dwojaki, a mianowicie: ruch przyśpieszony może być jednostajny lub niejednostajny; również i ruch opóźniony, może być jednostajnie lub niejednostajnie opóźniony.

Ruch jednostajnie przyśpieszony, nazywa się wtedy, kiedy chyżości poruszanego ciała rosną w stosunku czasów, t. j. kiedy ciało w czasie dwa, trzy, lub cztery razy większym, nabywa także chyżości dwa, trzy lub cztery razy większéj. Zaś ruch jednostajnie opóźniony, nazywa się wtedy, gdy w czasie dwa, trzy lub cztery razy większym, chyżość zmniejsza się dwa, trzy albo cztery razy. Zatém w ruchu jednostajnie przyśpieszonym przyrost, zaś w ruchu jednostajnie opóźnionym ubytek chyżości jest czasom proporcyonalny. Łatwo z tego dostrzedz, co należy rozumieć przez ruch niejednostajnie przyśpieszony, a co przez ruch nie jednostajnie opóźniony.

Lecz ponieważ te dwa ostatnie rodzaje ruchów, mają rzadkie w mechanice zastósowanie, rozbiorem więc takowych zajmować się nie będziemy.

269. Ruch jednostajnie przyśpieszony. Jeżeli chyżość w ruch wprawionego ciała, w równych przedziałach czasu o równą ilość się zwiększa, to siła, która ten ruch wywołuje, musi działać ciągle z jednakowém natężeniem i taką siłę zwykło się nazywać stałą i mówić się zwykło, że ruch jednostajnie przyśpieszony, tylko przez siłę stałą wywołany być może. To samo stosuje się i do ruchu jednostajnie opóźnionego, z tą jednak różnicą, że tu siła stała, działa w kierunku przeciwnym do kierunku ruchu.

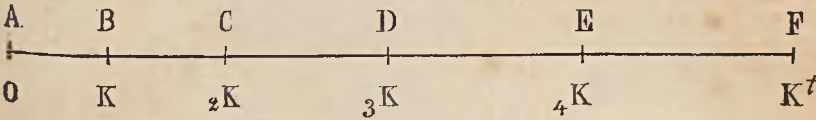


Fig. 184.

Dla wyprowadzenia równań, za pomocą których dałoby się wyrazić prawo ruchu jednostajnie przyśpieszonego, niechaj AF (Fig. 184) oznacza kierunek w ruch wprawionego ciała za pomocą siły stałéj, które w punkcie A znajdowało się w spoczynku, następnie swój ruch rozpoczęło z chyżością 0 (zero). Niechaj to ciało w pierwszéj sekundzie czasu, przebiegnie drogę od A do B, gdzie nabywa chyżości k, to podług powyższéj definicyi, chyżość tego ciała na końcu drugiéj, trzeciéj i czwartéj sekundy, musi być równą $2k$, $3k$, $4k$, a nakoniec w nieoznaczonym czasie t musi nabyć chyżości tk, gdzie czas t także w sekundach winien być wyrażony. Jeżeli tę ostatnią chyżość oznaczymy przez c, to otrzymamy:

$$(1)\quad c = kt.$$

t. j. chyżość końcowa ciała postępującego ruchem jednostajnie przyśpieszonym, w końcu pewnego czasu t daje się oznaczyć, jeżeli chyżość końcową po pierwszéj sekundzie pomnożymy przez dany czas w sekundach.

Aby także znaleźć równanie dla przebieżonéj przez to ciało drogi $AF = s$, widzimy, że zanim ciało przebiegło drogę od A do F, jego chyżości utworzyły następujący szereg arytmetyczny:

$$0\,,\ k,\ 2k,\ 3k,\ 4k,\ 5k,\ \ldots\ldots\ kt.$$

droga zatém AF przebieżoną została przy rozmaitych chyżościach. Gdyby zaś ta droga przebieżoną była z jednostajną chyżością, to ciało musiałoby było posiadać średnią chyżość ze wszystkich powyższych chyżości i tę przez całą drogę niezmienioną zachować. Tę średnią chyżość otrzymamy, gdy do chyżości największéj kt dodamy najmniejszą 0 (zero), a summę tę przez 2 podzielimy, zkąd otrzymany iloraz $\frac{1}{2}\,kt$ przez czas t pomnożony, da nam drogę przebieżoną:

$$(2)\quad s = \frac{1}{2}\,kt.$$

Z tego równania widzimy, że w ruchu jednostajnie przyśpieszonym drogi przebieżone są proporcyonalne kwadratom z czasu, to jest w czasie podwójnym, potrójnym, poczwórnym, droga przebieżona będzie 4, 9 lub 16 razy większą.

Kładąc w ostatnią formułę $t = 1$, to znajdziemy $s = \frac{1}{2} k$, że zaś k wyraża chyżość końcową po pierwszéj sekundzie, ztąd wypływa, że w pierwszéj sekundzie przebieżona droga, równa się połowie końcowéj chyżości téjże sekundy.

270. Wolne spadanie ciał na powierzchni ziemi. Najważniejszy przykład ruchu jednostajnie przyśpieszonego, widzimy przy wolném spadaniu ciał na powierzchni ziemi. Jest bowiem powszechnie wiadomém, że wszelkie ciało nie podparte i samemu sobie zostawione, spada na ziemię. Przyczyną tego jest siła przyśpieszająca ciężkości, którą sobie wyobrażamy działającą w środku ziemi. Ta siła ściśle biorąc rzeczy, nie jest wcale siłą stałą, gdyż jak wiadomo, zmniejsza się w miarę odległości od ziemi, to jest że jéj natężenie jest w stosunku odwrotnym do kwadratu z odległości; t. j. że w podwójném, potrójném oddaleniu, zmniéjsza się jéj skutek 4, 9 razy. Lecz dla jednéj i téj saméj odległości od środka ziemi, musimy ową siłę jako stałą i niezmienną uważać. Jeżeli sobie przeto na powierzchni ziemi wyobrazimy ciało wolno spadające, ale spadające z takiéj wysokości, która w porównaniu z promieniem kuli ziemskiéj jako nic nieznaczącą uważać można, to ową siłę ciężkości wywierającą działanie na ciało, w każdym punkcie jego drogi, jako siłę stałą uważać można, a ruch odbywany przez ciało, będzie jednostajnie przyśpieszonym, i w takiém jedynie przypuszczeniu, równania wyprowadzone w poprzednim numerze, dadzą się do wolnego spadania ciał zastósować.

Ale widzimy tutaj że chcąc cel osiągnąć, przedewszystkiém trzeba drogę $\frac{1}{2} k$ poznać, jaką ciało wolno spadające w pierwszéj sekundzie odbyło. Gdy jednak ta droga tylko przez doświadczenie oznaczoną być może, z doświadczenia téż przekonano się, iż ciało wolno spadające przebiega drogę w pierwszéj sekundzie równą stóp paryzkich 15. Ta to osobliwsza cyfra, grająca bardzo ważną rolę w całéj mechanice, oznacza się głoską g. Wstawiwszy zatém w równania poprzednie (1) i (2) $\frac{1}{2} k = g$, wypadnie $k = 2g$, zkąd otrzymamy dla wolnego spadania ciał, dwa następujące równania:

$$(3)\ c = 2gt,\ \text{i}\ (4)\ s = gt^2,$$

z pomocą których możemy obliczyć tak chyżość końcową jako téż i drogę przebytą przez ciało wolno spadające, jeżeli tylko czas t jest dany. Z tychże samych równań dadzą się również wyprowadzić następujące prawa wolnego spadania. Jeżeli bowiem wstawimy w równanie (3) zamiast t szereg liczb naturalnych, to otrzymamy dla przyrostu chyżości następujący szereg:

$$2g,\ 4g,\ 6g,\ 8g,\ 10g,\ 12g\ \ldots\ldots$$

zkąd widzimy, że końcowe chyżości ciała wolno spadającego, przez drogę g wyrażone, rosną jak liczby naturalne parzyste. Podstawiając te same wartości za t w równanie (4), to otrzymamy szereg następujący:

$$g,\ 4g,\ 9g,\ 16g,\ 25g,\ 36g\ \ldots\ldots$$

to będą drogi odbyte po 1, 2, 3, 4, 5-ciu i t. d. sekundach czasu. Chcąc jednak otrzymać drogi odbyte w 1-széj, 2-giéj, 3-ciéj i t. p. sekundzie czasu, to należy odjąć wyrazy tego szeregu jedne od drugich, zkąd otrzymamy znowu szereg następujący:

$$g,\ 3g,\ 5g,\ 7g,\ 9g,\ 11g.$$

Zkąd widzimy, że drogi pojedynczych sekund po sobie następujących wzrastają jak liczby naturalne ale nieparzyste.

271. Rugując ze zrównań (3) i (4) czas t, otrzymamy dwa nowe wzory, mające wielką doniosłość w całéj mechanice. Otrzymujemy z formuły (3) $t = \frac{c}{2g}$; wstawiając tę wartość za t w równanie (4), otrzymamy:

$$(5) \qquad s = \frac{c^2}{4g}.$$

Który to wzór daje nam drogę odbytą ciała wolno spadającego, jeżeli znaną jest chyżość końcowa, odpowiadająca téj drodze. Wyrażenie $\frac{c^2}{4g}$ nazywa się jeszcze wysokością chyżości. Wynajdując wartość na c z tego ostatniego równania, otrzymamy:

$$(6) \qquad c = 2\sqrt{g\,.\,s}\,. \quad (*)$$

Które to równanie daje nam chyżość końcową wolno spadającego ciała, jeżeli odbyta droga jest znaną.

Przykład. Ciało wolno spadające posiada chyżość końcową równą 310 stóp, jak wielką jest wysokość z któréj ciało spada?

Wstawiając we wzór (5) $c = 310$, to znajdziemy:

$$s = \frac{310^2}{62} = 1550 \text{ stóp};$$

to jest: ciało musiało spaść z wysokości 1550 stóp, nabywszy chyżość końcową 310 stóp.

Przykład. Ciało wolno spada z wysokości 100 stóp, jak wielką jest jego chyżość końcowa?

Czyniąc $s = 100$ i wstawiając w formułę (6) otrzymamy:

$$c = 2\sqrt{15\,.\,100} = 20\sqrt{15} = 77{,}46 \text{ stóp},$$

t. j. jeżeli jakieś ciało spada z wysokości 100 stopowéj, to nabywa w końcu swojéj drogi 77,46 stóp chyżości końcowéj.

(*) Chyżość końcowa wolno spadającego ciała po pierwszéj sekundzie (nie zwracając uwagi na opór powietrza) równa się:

$c =$ 9,8088 metrów,
$c =$ 30,195 stóp paryzkich,
$c =$ 31,030 stóp austryackich,
$c =$ 31,253 stóp pruskich,
$c =$ 32,102 stóp angiels.
$c =$ 32,696 stóp szwajcars.
$c =$ 34,059 stóp polskich.

Fig. 185.

272. Ciała spadające pionowo. Niechaj AB (Fig. 185) przedstawia liniję pionową, w kierunku któréj z punktu A ciało rzucone zostało z chyżością pierwotną v. Można sobie wyobrazić, że ta pierwotna chyżość nadaną mu została przez chwilową przy A działającą siłę, a że chyżość ta w skutek działania siły ciężkości wciąż będzie się zwiększać, dopóki w czasie t nie nabędzie chyżości $2gt$, tym więc sposobem chyżość pierwotna v w czasie t, powiększoną zostanie o $2gt$, całkowita zatém chyżość końcowa będzie się równać:

$$(1) \quad c = v + 2gt.$$

Również łatwo wyprowadzić można równanie dla drogi odbytéj w czasie t, rozumując w sposób następujący. Jeżeli na ciało o chyżości początkowéj v nie działa siła ciężkości, to jego ruch będzie jednostajnym, a droga w czasie t przebieżona $= vt$. Jeżeli jednak i siła ciężkości wywiera działanie, to droga vt w czasie t musi się o gt^2 powiększyć. Całkowita więc droga będzie:

$$(2) \quad s = vt + gt^2.$$

Rugując z obu ostatnich równań czas t, otrzymamy:

$$s = \frac{c^2 - v^2}{4g}, \text{ i } c = \sqrt{v^2 + 4gs}.$$

273. Ciała wyrzucane pionowo do góry. Wyobraźmy sobie, że jakieś ciało wyrzucone zostało pionowo do góry w kierunku linii BA (Fig. 185), że ciało to biegnie z chyżością początkową v, i gdyby nie siła ciężkości, to ciało biegłoby ruchem jednostajnym. Gdy jednak siła ciężkości wywiera na niego działanie w kierunku przeciwnym, przeto chyżość v nie tylko nie będzie się zwiększać ale owszem będzie się pomniejszać; ruch zatém ciała do góry wyrzuconego, musi być jednostajnie opóźnionym, w skutek czego, chyżość początkowa v w czasie t zmniejszy się o $2gt$, zaś droga vt w tymże samym czasie zmniejszy się o gt^2. Równania więc dla takiego ruchu będą następujące:

$$(1) \quad c = v - 2gt, \text{ i}$$

$$(2) \quad s = vt - gt^2.$$

Rugując z tych równań czas t, otrzymamy jeszcze dwa następujące wyrażenia:

$$c = \sqrt{v^2 - 4gs} \text{ i } s = \frac{v^2 - c^2}{4g}.$$

Przy takim ruchu mogą się nastręczyć dwa następujące pytania:

(a) Jak długo będzie się wznosiło ciało, wyrzucone z chyżością początkową v? Ponieważ jego końcowa chyżość ustawicznie maleje, ciało więc wtedy przestanie się wznosić, kiedy jego chyżość zupełnie zniknie; wstawiając więc w równanie (1) zamiast $c = o$ otrzymamy:

$$o = v - 2gt, \text{ zkąd } t = \frac{v}{2g}.$$

Przykład. Ciało wyrzucone w górę z chyżością początkową $v = 310$ stóp, jak długo będzie się wznosić?

Wstawiając tę wartość zamiast v w ostatnie równanie, otrzymamy:

$$t = \frac{310}{30} = 10,3 \text{ sekund.}$$

(b) Wstawiając powyższą wartość za t w równanie (2) znajdziemy w tymże samym czasie przebytą drogę:

$$s = \frac{v^2}{2g} - \frac{v^2}{4g} = \frac{v^2}{4g}$$

zkąd widzimy, że jeżeli jakieś ciało z chyżością początkową v wyrzucone zostało do góry, to przebiegnie taką samą drogę, jakąby przebyło wolno spadając, nabywszy końcowéj chyżości v.

(c) W jakim czasie ciało wyrzucone do góry z chyżością początkową v, spadnie znowu na ziemię? Aby takowy czas oznaczyć, musimy nadmienić, że gdy ciało nazad spada, to droga przebyta $= o$; co można jeszcze w taki sposób wytłumaczyć, że drogi odbyte do góry i na dół są drogami sobie przeciwnemi, a zatém wzajemnie się znoszą. Wstawiając zatém w równaniu (2) $s = o$, otrzymamy:

$$o = vt - gt^2 = t(v - gt).$$

Ten iloczyn oczywiście w dwóch przypadkach $= o$, mianowicie dla $t = o$, co ma miejsce na początku ruchu, tudzież dla $v - gt = o$, zkąd $t = \frac{v}{g}$, co oznacza czas wznoszenia się ciała do góry i czas spadania. Porównawszy ten czas, z czasem pod (a) potrzebnym na wznoszenie się ciała do góry, to widzimy, że ten czas jest dwa razy większy od tego ostatniego; zatém ciało potrzebuje tyleż czasu dla wzniesienia się do góry, co i do spadania na ziemię.

274. Średnia chyżość ruchu niejednostajnego. Bardzo mało jest ruchów, któreby nazwać było można istotnym ruchem jednostajnym. Nazywamy więc średnią chyżością taką stałą wartość, z jakąby się ciało poruszać musiało, aby jednocześnie tę samą drogę odbyło, jaką przebiega w skutek ruchu nie jednostajnego.

Następujące dane, są takiemi średniemi wartościami:

Wykaz niektórych chyżości w jednéj sekundzie czasu.

		Metrów.
Człowiek idący pieszo	=	1,3
Koń idący stępa	=	1
Koń biegnący kłusem	=	2,1
Koń galopujący	=	4,5
Koń angielski wyścigowy	=	12
Pies gończy	=	20
Orzeł	=	30
Gołąb pocztowy	=	36
Mucha	=	1,6
Ślimak	=	0,0015
Wóz frachtowy	=	0,8
„ pocztowy	=	2,7
Parostatek	=	5

		Metrów.
Pociąg towarowy na drodze żelaznéj	=	8
,, osobowy ,, ...	=	12
,, pośpieszny ,, ...	=	18
Woda rzeczna po największéj części	=	0,9
Woda w kanałach fabrycznych	=	0,4
Wiatr zwyczajny	=	3,0
Najlepszy wiatr dla wiatraków i dla jazdy morskiéj	=	22,0
Wicher	=	45,0
Gwałtowny wicher	=	60,0
Wielka burza	=	80,0
Orkan	=	110,0
Orkan obalający domy i wyrywający drzewa .	=	140,0
Dym w kominie przy kotle parowym . . .	=	2,0
Wolne spadanie ciał po pierwszéj sekundzie .		9,81
Głos w powietrzu (przy 15° C)	=	340,0
,, w wodzie	=	1435,0
,, w drzewie dębowém	=	3625,0
,, w żelazie kutém	=	3500,0
Powietrze ciśnienia 1 atmosfery w prożni . .	=	395,0
Para wodna ciśnienia 1 atmosfery w próżni . .	=	580,0
,, ciśnienia 4 atmosfer w próżni . .	=	615
Kula karabinowa	=	390
Kula działowa 1 funtowa	=	480
,, 24 funtowa	=	780
Obrót ziemi około osi (pod równikiem) . .	=	448
Bieg ziemi	=	29400
Światło w milach geograficznych	=	305 milion.
Elektryczność po drucie miedzianym w milach geograficznych	=	464 ,,
Tłok pompy wodnéj	=	0,30 met.
,, cylindra wiatrowego	=	0,60
,, maszyny parowéj	=	1,10
,, lokomotywy	=	2,00
Koła wodne na obwodzie	=	1,50
Kamienie młyńskie na obwodzie	=	8,00
Holendry w papierniach do mielenia gałganów na obwodzie	=	7,50
Kamienie do szlifowania narzędzi na obwodzie	=	9,00
Kamienie do polerowania na obwodzie	=	24,00
Skrzydła wentylatorów	=	36,00
Piła okrągła (cyrkularna)	=	10,00
Piła tartaczna do belek i desek	=	2,00
Piła do fornirów	=	10,00
Piła taśmowa (bez końca)	=	9,00
Stół heblarni do metali	=	0,12
Heblarnia do drzewa (obrotowa)	=	12,00
Walce z twardego odlewu przy otaczaniu . .	=	0;01

		Metrów.
Otaczanie mechaniczne odlewów	=	0,08
„ „ kutych przedmiotów . .	=	0,12
Wytaczanie cylindrów żelaznych lanych . . .	=	0,05
Wiercenie w żelazie lanem lub kutem . . .	=	0,18
Gwinciarka	=	0,09

Maszyna do wytłaczania dziór w blasze na 15 millimetrów średnicy, daje 13 do 15 uderzeń w jednéj minucie.

275. O ruchu złożonym. (1) *Równoległobok chyżości.* Jeżeli punkt A ma odbywać drogę ruchem jednostajnym po linii AB (Fig. 186) i zarazem po linii AC, to gdy AB i AC oznaczają chyżości owego punktu, wystawiwszy na nich równoległobok $ABDC$, to przekątnia AD oznaczać będzie kierunek i wielkość chyżości, z jaką rzeczywiście punkt A poruszać się będzie. AB i AC zowią się chyżościami bocznémi, AD zaś chyżością średnią czyli wypadkową. Na odwrót znowu można chyżość średnią rozłożyć na 2 chyżości boczne AB i AC za pomocą równoległoboku.

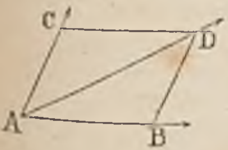


Fig. 186.

(2) *Ruch po równi pochyłéj.* Kula toczy się na dół po równi pochyłéj (Fig. 187). Gdyby kula mogła wolno spadać, to nabyłaby w końcu pierwszéj sekundy chyżości końcowéj $g = 9{,}81$ metrów. (Odtąd chyżość końcową czyli przyśpieszenie ziemskie oznaczać będziemy przez głoskę g); co jednakże nie nastąpi w skutek obecności równi. Rozkładamy więc siłę przyśpieszenia g na dwa przyśpieszenia boczne g' i g'', z których g' będzie równoległem, a g'' prostopadłem do równi pochyłéj; ta ostatnia siła przyśpieszenia zostaje zniesioną przez równię pochyłą; pozostanie zatém tylko przyśpieszenie g' równoległe do równi z jakiem biegnie kula po równi pochyłéj.

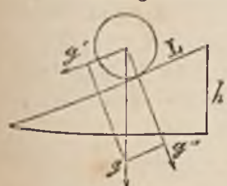


Fig. 187.

Niechaj L oznacza długość, h wysokość równi pochyłéj, to z podobieństwa dwóch trójkątów wypada:

$$g' : g = h : L, \text{ zatém } g' = g\left(\frac{h}{L}\right).$$

Czyli, że przyrost g' chyżości w sekundzie czasu na równi pochyłéj, będzie tyle razy mniéjszy, niż przy wolném spadaniu, ile razy h mieści się w L.

Przykład. Niechaj wysokość równi pochyłéj $h = 1^{\text{m}}$, długość téjże równi $L = 10^{\text{m}}$, to przyśpieszenie na równi będzie:

$$g' = 9{,}81^{\text{m}} \times \frac{1}{10} = 0{,}981^{\text{m}}.$$

Jeżeli więc ciało biegnie po równi pochyłéj przez 20 sekund, to chyżość ciała po upływie

tego czasu będzie: $20 \times 0{,}981 = 19{,}62^{\text{m}}$

a droga przebieżona $\frac{1}{2} \times 0{,}981 \times 20^2 = 196{,}2^{\text{m}}$.

Jeżeli dwa ciała spuszczamy z najwyższego punktu równi, jedno wzdłuż równi pochyłéj, a drugie w kierunku jéj wysokości, to oba ciała w równych wysokościach nabędą jednakiéj chyżości. To prawidło stosuje się także, gdy powierzchnia płaska, zamieni się w powierzchnię krzywą.

Uwaga. Nie mieliśmy tu względu ani na tarcie ani na opór powietrza.

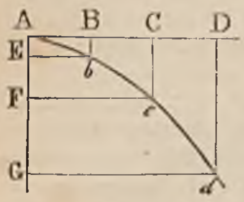


Fig. 188.

(3) *Ruch rzutowy w kierunku poziomym.* Przypuśćmy że ciało wyrzucone zostało w kierunku poziomym AD z chyżością $AB = BC = CD$ na sekundę. Jednocześnie toż ciało spadać także będzie na dół w kierunku pionowym, a mianowicie: w pierwszéj sekundzie przebieży drogę

$$AE = \frac{1}{2} \times 9{,}81^{\text{ m}}$$

w 2-giéj sekundzie przebieży drogę

$$AF = \frac{4}{2} \times 9{,}81^{\text{ m}}$$

w 3-ciéj sekundzie przebieży drogę $AG = \frac{9}{2} \times 9{,}81^{\text{ m}}$ i t. d.

Wystawiwszy na drogach jednoczesnych równoległoboki $ABbE$, $ACcF$, ... to otrzymamy punkta b, c, d, ... przez które to ciało przebiegać musi.

Połączywszy owe punkta liniją krzywą Ad, to linija ta przedstawiać będzie drogę owego ciała. Ta droga jest parabolą, któréj osią jest linija prosta AG a wierzchołkiem punkt A.

Taki kierunek przybiera każdy strumień wody, wypływający z rury pozioméj, lub przelewający się przez przewał.

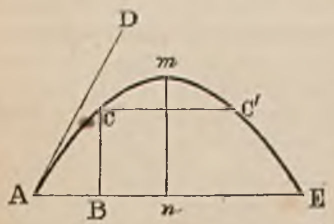


Fig. 189.

(4) *Ruch rzutowy w kierunku ukośnym.* Przypuśćmy, że ciało w kierunku linii ukośnéj AD (Fig. 189) wyrzucone zostało do góry. Droga $ACmC'E$ jaką ciało przebieży, znajduje się na płaszczyznie pionowéj przechodzącéj przez liniją AD.

W przestrzeni pustéj, w któréj niéma powietrza, ruch ciała w kierunku poziomym musi być jednostajny, gdyż żadna siła nie staje mu na przeszkodzie, któraby ten ruch zmieniała albo tamowała. Ale w kierunku pionowym, jest ten ruch od punktu A począwszy aż do najwyższego punktu m jednostajnie opóźnionym, gdyż siła ciężkości działa tu w kierunku przeciwnym; od tego znów punktu, odbywa się ruch ciała na dół, z chyżością jednostajnie przyśpieszoną. Ponieważ zmniejszanie się chyżości przy wznoszeniu się ciała do góry, tudzież zwiększanie się chyżości przy spadaniu ciała na dół, w równych czasach są jednakowe, ztąd wypływa: *a*) że ciało w równych wysokościach c, c' po obydwóch stronach najwyższego punktu m posiada chyżość jednakową, tudzież *b*) że owe punkta c, c' téj saméj wysokości i téjże saméj chyżości, są równo oddalone od linii pionowéj mn przechodzącéj przez punkt najwyższy, czyli, że część drogi

Am idąca do góry, i część drogi mE idąca na dół, leżą symetrycznie względem linii poziomej mn.

Linija pozioma AE, nazywa się odległością rzutu. Ztąd $An = En$. Również i odległość cc' przez liniję mn podzieloną jest na dwie równe części. Niechaj będzie

a kątem rzutu DAE,

v chyżością z jaką ciało z punktu A wyrzucone zostało,

$x = AB$ droga przebyta przez ciało w kierunku poziomym po t sekundach czasu,

$y = BC$ droga przebieżona przez ciało w kierunku pionowym w tymże samym czasie,

T czas potrzebny dla przybycia ciała do najwyższego punktu, i

$g = 9{,}81$ m chyżość końcowa przy wolném spadaniu, to chyżość w kierunku poziomym $= v$. dos a, a chyżość w kierunku pionowym $= v$. wst a — gt. (bez względu na ciężkość $= g$. wst a, która wszelako zmniejsza się o ciężkość gt).

W punkcie najwyższym drogi, chyżość w kierunku pionowym $= o$, zatém będzie

$$o = v \,.\, \text{wst}\, a - g\,T, \quad \text{zkąd } T = \frac{v\,.\,\text{wst}\, a}{g}.$$

Drogi w kierunku poziomym i pionowym będą:

$$x = v\,.\,t\,.\,\text{dos}\, a, \qquad y = v\,.\,t\,.\,\text{wst}\, a - \frac{1}{2}\,g t^2.$$

Wstawiając teraz T zamiast t, to x będzie odległością An, a y wysokością mn. Zatém

$$An = \frac{v^2\,.\,\text{wst}\, a\ \ \text{dos}\, a}{g}; \quad mn = \frac{v^2\,.\ \text{wst}^2 a}{2\,g}.$$

Czyli że cała długość rzutu $A\,E = 2\,An$; czyli

$$A\,E = \frac{2\,v^2\,.\ \text{wst}\, a\ \ \text{dos}\, a}{g} = 2\,v\,.\,T.\ \text{dos}\, a.$$

Przy chyżości początkowéj v długość rzutu dojdzie wtedy do maximum, gdy kąt rzutu $a = 45^0$. Dla kątów o tę samą ilość większych lub mniéjszych od 45^0, długość rzutu przy téj saméj chyżości początkowéj v bywa jednaką.

Droga ta jest parabolą, któréj wierzchołek leży w punkcie m.

Droga ciała wyrzuconego w powietrzu, oddala się coraz więcéj od kształtu parabolicznego, im ten ruch trwa dłużéj. Tak wysokość wzniesienia się ciała, jako i długość rzutu będą tu mniéjszemi, aniżeli w próżni.

Przykład. Kula działowa została wystrzeloną z chyżością $v = 400$ metrów, pod kątem $a = 35^0$. Jakiego czasu potrzebuje kula, do przebieżenia całkowitéj drogi? Jak wielką będzie wysokość wzniesienia i długość rzutu?

Ponieważ wst $35^0 = 0{,}5736$, zaś dos $35^0 = 0{,}8192$.

Zatém czas potrzebny dla wzniesienia się ciała, będzie:

$$T = \frac{400 \times 0{,}5736}{9{,}81} = 23{,}39 \text{ sekund.}$$

Czas potrzebny do wzniesienia się ciała i spadnięcia na dół:

$$= 2 \times 23{,}39 = 46{,}78 \text{ sekund.}$$

$$\text{Wysokość wzniesienia } m\,n = \frac{400^2 \times 0{,}5736^2}{2 \times 9{,}81} = 2683 \text{ metrów.}$$

Długość rzutu $AE = 2 \times 400 \times 23{,}39 \times 0{,}8192 = 15329$ metrów.

5) *Ruch pendulu.* Penduł składa się z ciała ciężkiego zawieszonego na nitce, drucie, na pręcie ruchomym i t. p. mogącego robić pewne wachnięcia czyli oscyllacye. Kula ołowiana, zawieszona na nitce, daje nam obraz najprostszego pendułu. Dopóki penduł zostaje w spoczynku, kula wisząca na nitce, w skutek siły ciężkości, znajduje się w najniższém miejscu; to najniższe miejsce kuli i wytężona nitka, stanowią linię pionową i dają nam obraz pionu używanego w budownictwie i mechanice. Jeżeli tę kulę posuniemy na bok, to takowa zrobi pewną liczbę coraz mniéjszych wachnięć. Przenieśmy kulę e (Fig. 190) z kierunku linii pionowéj ad do punktu b znajdującego się na kierunku linii ukośnéj ab, to ta kula w skutek siły ciężkości usiłować będzie zaraz na pierwsze swoje stanowisko powrócić. Ten ruch więc niczém innèm nie jest, jak tylko wolném spadaniem ciała; dla pendułu zatém służą te same prawidła, któreśmy wyżéj wskazali. Kula będzie odbywać tu swoją drogę, od b do d ruchem jednostajnie przyśpieszonym; przybywszy zaś do d nabywa téj saméj chyżości, jak gdyby wolno, pionowo spadała z punktu e do punktu d; ta to chyżość w punkcie d nabyta, nie pozwala jéj w tym punkcie pozostać, ale posuwa ją daléj w skutek prawa bezwładności, po kierunku łuku, którego środkiem jest punkt a zawieszenia nitki, aż do punktu c, ale ruchem jednostajnie opóźnionym. Przybywszy kula do punktu c nabywa chyżości 0 (zero), ale w skutek ciężkości robi znów drugie odwrotne wachnięcie, pod tymi samymi warunkami co poprzednio, tylko odwrotnymi. Tym sposobem powstaje pewna liczba oscyllacyj, któreby nie miały końca, gdyby nie przeszkody, jakie wciąż stawiają ruchowi, tarcie w punkcie zawieszenia pendułu, opór powietrza i niegiętkość drutu lub nitki. W skutek działania tych przeszkód, oscyllacye stają się coraz mniéjszemi, aż nareszcie ciało oscyllujące, powróci znowu do pierwotnego stanu nieruchomego.

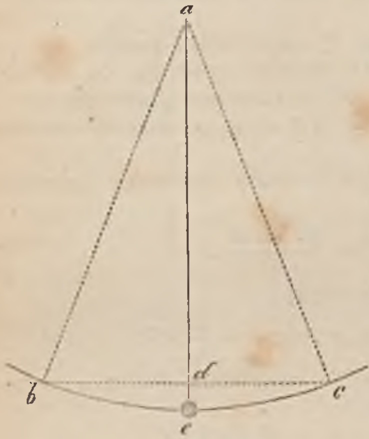


Fig. 190.

Gdybyśmy byli penduł, przedstawiony na (Fig. 190) nie do punktu b, ale do połowy téj wysokości podnieśli, to jego ruch przyśpieszony przy spadaniu, byłby tylko połowę tak wielki jak poprzednio, czyli że penduł byłby robił przy połowicznéj chyżości o połowę mniéjsze oscyllacye, aniżeli w pierwszym razie; ale czas potrzebny do zrobienia większych albo mniéjszych oscyllacyj, będzie zawsze jeden i ten sam. To ważne prawo odkrył pierwszy Galileusz, i na jego to zasadzie Huyghens w Paryżu, przy pomocy swego assystenta Dyonizego Pappin, zastósował penduł do regulowania zegarów, przezco otrzymaliśmy pierwsze dokładniéjsze przyrządy do mierzenia czasu. Wszelako zasada, nie jest całkowicie rzetelną, gdyż siła przyśpieszenia ciał spadających, nie odpowiada właściwie łukowi oscyllacyjnemu, ale jego cięciwie, linii poziomej bc; ze względu jednak że ta różnica jest bardzo mała, możemy przeto przyjąć, że wszystkie oscyllacye pendułu, przy jednakiéj ich długości, odbywają się w tychże samych czasach. Że zaś ani materyał, ani ciężar pendułu nie mają żadnego wpływu na oscyllacye, można się o tém przekonać z pendułów jednakiéj długości, wyrobionych z mosiądzu, żelaza, drzewa i t. p.

Ale zato długość pendułu, wywiera wielki wpływ na oscyllacye. Codzienne doświadczenie nas uczy, że im krótszy jest penduł, tém oscyllacye są szybsze, im penduł jest dłuższy, tém oscyllacye wolniéjsze. Im pręt pendułowy dłuższy, tem ciało na nim utwierdzone przebiegać będzie większe drogi.

Prawo wolnego spadania ciał naucza, że drogi przebieżone przez ciało spadające w różnych czasach, mają się do siebie nie jak proste czasy, ale w skutek ruchu przyśpieszonego, jak kwadraty z tychże czasów. Ztąd téż długość pendułu odpowiada kwadratom z czasów oscyllacyjnych. Odwracając to prawidło, otrzymamy inne, że czasy oscyllacyjne pendułów, mają się do siebie jak kwadraty z długości tychże pendułów. Jeżeli więc liczba oscyllacyj w pewnym oznaczonym czasie ma być 2, 3, 4, 5 i t. d. razy większa albo mniéjsza, to należy użyć w pierwszym razie pendułu 4, 9, 16, 25 razy krótszego a w drugim dłuższego. Gdy albowiem np. penduł 4 stopy długi zrobi jedną oscyllacyę, to penduł jednostopowy zrobi w tymże czasie oscyllacyj dwie.

Prawa pendułowe, dają tylko wtedy prawdziwe wypadki, jeżeli pręt pendułowy wyobrazimy sobie, jako linię nie mającą żadnego ciężaru, na końcu któréj zawieszony jest jakiś punkt ciężki. Taki idealny penduł, nazywa się pendułem prostym albo matematycznym; wszystkie zaś przy zegarach używane penduły są złożonymi albo fizycznymi.

Ponieważ zmiany temperatury powietrza, wpływają na przedłużanie albo téż kurczenie się ciał w ogólności, przeto te same zmiany temperatury, muszą wywierać swój wpływ i na penduły; to jest, iż na gorącu penduły poruszają się wolniéj, aniżeli na mrozie. Aby temu złemu zapobiedz, przedsiębrano różne środki, które nareszcie doprowadziły do pendułów tak zwanych *kompensacyjnych*. Zasada ich budowy polega na nierównóm rozszerzaniu się rozmaitych metali. Ponieważ rozszerzanie się i ściąganie cynku, prawie jest dwa razy tak wielkie jak stali, ułożono więc z pewnéj liczby pręcików cynkowych i stalowych penduł, w którym stal rozszerza się na dół, kiedy cynk rozszerza się w górę i o tyle podnosi soczewkę o ile opadła na dół w skutek przedłużenia się stali. Tym sposobem soczewka czyli punkt oscyllacyjny, utrzymywany jest zawsze w téjże saméj odległości od punktu zawieszenia pendułu. W innych znów kompensacyjnych pendułach, to równoważenie długości, uskutecznia się za pomocą merkuryuszu. Penduł cylindrowy soczewki napełnia się merkuryuszem; w czasie podnoszenia się temperatury, merkuryusz jak wiadomo podnosi się w górę, a przez to i punkt środkowy oscyllacyi o tyle podnosi się w górę, o ile penduł przedłużył się na dół.

W naukach fizycznych penduł ma bardzo wielkie zastósowanie, ale i w mechanice przy urządzaniu zegarów, regulatorów przy maszynach parowych, przy aparatach do mierzenia biegu machin, również ważną odgrywa rolę.

Niechaj t oznacza czas do jednéj oscyllacyi potrzebny wyrażony w sekundach, a n liczbę oscyllacyj w jednéj minucie czasu, to

$$n\,t = 60.$$

Gdy L oznacza długość pendułu, to otrzymamy czas dla małych łuków oscyllacyjnych:

$$t = \pi \sqrt{\frac{L}{g}}$$

gdzie $\pi = 3{,}1415 \ldots$ zaś $g = 9{,}8088$ metrów (przyśpieszenie przy spadaniu ciał). Otrzymamy więc w miarach metrycznych czas:

$$t = 1{,}0031 \sqrt{L}, \text{ zaś długość } L = 0{,}9938\, t^2.$$

Przykład. Jak długi winien być penduł, który w minucie czasu robi 40 pojedyńczych oscyllacyj?

Czas jednéj oscyllacyi . . . . $t = \frac{60}{40} = 1{,}5$ sekundy.

Długość pendułu . . . . . . $L = 0{,}9938 \times (1{,}5)^2 = 2{,}246$ metrów.

Penduł sekundowy. Czyniąc $t = 1$, to otrzymamy długość pendułu sekundowego $= 0{,}9938$ metra.

Długość ta zmienia się nieco z szerokością geograficzną:

I tak, dla szerokości:	0	30	45	60	90^0
Długość pendułu:	0,9908	0,9923	0,9935	0,9949	0,9966 ^{m}.

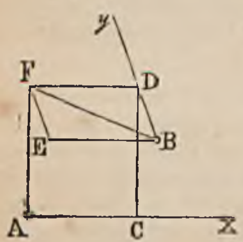


Fig. 191.

(6) *Ruch względny.* Jeżeli dwa ciała A i B (Fig. 191) odbywają ruchy jednocześnie, pierwsze w kierunku Ax, drugie zaś w kierunku By i przebiegają w tymże samym czasie drogi AC i BD, to linija CD da nam względne położenie ciała po upływie tego czasu.

To względne położenie ciała, można jeszcze takim sposobem otrzymać: Wyobraźmy sobie jedno ciało np. A jako będące w spoczynku, przenieśmy jego ruch do B w kierunku przeciwnym, zróbmy BE równe i równoległe od AC, to ciało B w tymże czasie przebiegnie po przekątni BF równoległoboku $BDFE$. Przeto linija prosta AF równa i równoległa od linii CD, da nam względne położenie ciała.

Jeżeli ruchy będą jednostajne, a AC i BD chyżościami bezwzględnymi, to BF będzie wtedy chyżością względną czyli wypadkową.

(7) *Ruch peryodyczny.* Jeżeli jakiś ruch powtarza się w taki sposób, że po upływie tego samego czasu (peryodu) następuje ta sama chyżość i w tymże samym kierunku, to taki ruch zowie się peryodycznym.

Ruch zatém pendułu jest peryodyczny. Peryodem jest czas potrzebny do przebiegu drogi tam i napowrót. Jeżeli wał korbowy maszyny parowéj odbywa ruch jednostajny, to ruch tłoka parowego będzie peryodyczny. Peryod jestto czas do jednego obrotu wału korbowego potrzebny

276. Stosunek siły do przyśpieszenia. Siła odśrodkowa. (1) *Siła i przyśpieszenie.* Jeżeli ciało w próżni będące spada wolno z góry, to jego ruch, będzie jednostajnie przyśpieszonym. To przyśpieszenie, będzie się równać 9,81 metrów. Przypuśćmy, że ciężar ciała, jest jego siłą poruszającą. Choćbyśmy jego ciężar nawet powiększyli, to przyśpieszenie będzie zawsze = 9,81 metrów; gdyż zwiększony ciężar, musi za to odpowiednio większą massę w ruch wprawiać.

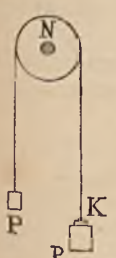


Fig. 192.

Niechaj P znaczy ciężar ciała, zaś g przyśpieszenie przy wolném spadaniu (Fig. 192), K siłę stałą działającą na toż ciało, za pomocą której ciało nabywa ruchu jednostajnie przyśpieszonego z przyśpieszeniem g', to siły K i P będą się miały do siebie jak chyżości ich mass. Zkąd nastąpi proporcya:

$$K : P = g' : g.$$

Przykład 1. Przez krążek N (Fig. 192) przeprowadźmy nitkę, a na jéj końcach zawieśmy równe ciężarki P i P, przezco nitka pozostanie w równowadze. Ale dodajmy jednemu z ciężarków maleńki ciężarek K, to tym sposobem zepsujemy równowagę. Obecnie nitka z ciężarkiem $P + K$ będzie opadać na dół, a drugi koniec nitki z ciężarkiem P będzie się do góry podnosił. Siłą zatém poruszającą będzie K, a ciężarem w ruch wprawionym $2P + K$. Ten ruch będzie jednostajnie przyśpieszonym, ponieważ siła K jest stałą. Powyższa więc proporcya zamieni się w następującą:

$$K : 2P + K = g' : g$$

$$\text{zkąd } g' = \frac{K}{2P + K} \cdot g \, .$$

Jeżeli zaś $K = 0{,}1\ P$ t. j. jeżeli siła K jest $\frac{1}{10}$ siły P, to przyśpieszenie ruchu otrzymamy:

$$g' = \frac{0{,}1\ .\ P}{2P + 0{,}1\ P} \cdot g = \frac{1}{21}\ g,$$

to jest, że ten ruch jest 21 razy wolniéjszy od wolnego spadania ciała. Tutaj nie uwzględniliśmy żadnych ubocznych oporów.

Przykład 2. Waga lokomotywy wynosi 30000 kilogr. Ten ciężar sprawia stały opór = 400 kilogr. Jeżeli siła stała pary 2400 kilogr. wywiera działanie na posuwanie się lokomotywy, jakie będzie przyśpieszenie ruchu i jaką drogę przebiegnie taż lokomotywa, przy pomocy owéj siły w jednéj minucie czasu?

Siła K czyli ciśnienie pary na lokomotywę po odjęciu tarcia = 2000 kilogramów. To ciśnienie pary ma się tak do ciężaru lokomotywy, jak szukane przyśpieszenie g' do przyśpieszenia 9,81 ^{m} przy wolném spadaniu. Zatém:

$$2000 : 30000 = g' : 9{,}81\ ; \quad \text{zkąd}$$

$$g' = \frac{2000}{30000} \times 9{,}81 = \frac{1}{15} \times 9{,}81 = 0{,}654 \text{ metra;}$$

t. j. że przyśpieszenie jest tu 15 razy mniéjsze, niżeli przy wolném spadaniu ciała.

Z formuły $h = \frac{1}{2}\ gt^2$ dla ruchu jednostajnie przyśpieszonego, droga w 60 sekundach przebyta, będzie:

$$h = \frac{1}{2} \times 0{,}654 \times 60 \times 60 = 1177 \text{ metrów.}$$

Przykład 3. Obwód koła zamachowego waży 4000 kilogr. Obwód ten na który działa siła stała stycznie w środku obwodu ma się tak poruszać, aby chyżość jego równą była 10 metrów w 3-ch minutach czasu.

Jak wielką musi być ta siła, jeżeli na uboczne opory, nie zwracamy uwagi?

Ponieważ 3 minuty = 180 sekund, przy pomocy zatém tego czasu i chyżości 10 metrów, ze wzoru $v = g't$ otrzymamy przyśpieszenie ruchu:

$$g' = \frac{v}{t} = \frac{10}{180} = \frac{1}{18} \text{ metra.}$$

Wstawiwszy wartość za g' w powyższą proporcyę, otrzymamy:

$$K : 4000 = \frac{1}{18} : 9{,}81, \quad \text{a ztąd otrzymamy siłę:}$$

$$K = \frac{4000}{18 \times 9{,}81} = 22{,}65 \text{ kilogramów.}$$

Jeżeli na pokonanie tarcia czopów użyjemy siły 10 kilogramów, działającéj również w środku obwodu koła zamachowego, to całkowita siła dla otrzymania powyższego ruchu, równałaby się 10 + 22,65 = 32,65 kilogramów.

2) *Siła odśrodkowa.* Widzimy, że przy maszynach bardzo wiele części, mogą odbywać ruchy tylko na około stałéj osi; mają więc ruch obrotowy. Wszystkie zatém punkta obracającego się ciała, zakreślają koła leżące w płaszczyznach od siebie równoległych, a w pionowych do osi obrotu; i koła te o tyle będą większemi, im bardziéj oddalone są od osi. Wyobraźmy sobie liniję pionową, spuszczoną z jakiegoś punktu na oś obrotu, to linija ta przy ciągłym obrocie punktu, tworzyć będzie pewne kąty z pierwszym swoim kierunkiem. Jeżeli te kąty w równych czasach, będą sobie równe, to ruch obrotowy ciała, będzie oczywiście ruchem jednostajnym. Ponieważ chyżość punktu rośnie w miarę większéj odległości od osi, przeto téż większy krążek czyli szajba, musi większą chyżość nadawać swojemu pasowi, aniżeli mniéjszy krążek na téj saméj osadzony osi, jakkolwiek prędkość obrotu, obudwóch krążków jest jednakowa. A zatém o prędkości obrotu jakiegoś ciała w ruch wprawionego, nie należy wnioskować z chyżości jego powierzchni, ale z wielkości kąta utworzonego przez promień owego ciała na początku i na końcu pewnego czasu. Ów kąt będzie oczywiście zawsze jednakowym przy jednakowéj chyżości, czy krążek będzie mniéjszy lub większy. I tak mówi się naprzykład, że ziemia w swoim obrocie na około osi, robi kąt 15 stopni w godzinie czasu. W mechanice jednak zdarzają się często takie szybkie ruchy, że ich chyżości wyrażamy chętniéj przez liczbę obrotów w pewnéj jednostce czasu niż przez kąty; np. mówi się: że centryfuga robi 600 obrotów w minucie, lub 10 w sekundzie.

W czasie wszystkich ruchów obrotowych, wyradza się tak nazwana *siła odśrodkowa*, zwana także *siłą rozpędową* albo *zamachową*, wzrastająca w miarę chyżości i wielkości massy, poruszanego ciała. Wiadomo nam jest z tego co się wyżéj powiedziało, że ciało ulegając naciskowi siły, będzie zawsze odbywać drogę w kierunku linii prostéj. Jeżeli zaś toż ciało odbywać będzie ruch obrotowy czyli wirowy, to każda jego cząsteczka usiłować będzie oderwać się od niego i przebiedz drogę w kierunku linii prostéj, a usiłowanie to tém będzie większe, im cząsteczka znajdować się będzie bardziéj oddaloną od swojéj osi obrotu. Związek jednakże tych cząstek ze sobą, czyli siła spójności ciała, nie pozwala im oderwać się od siebie; można jednakże przypuścić, że dla każdéj gęstości massy, istnieje pewna proporcyonalna chyżość obrotowa, która tę spójność cząstek niweczy, a wtedy ciało pęka i w kawałkach rozlatuje się na boki. Taki przypadek zdarza się niekiedy z kamieniami młyńskiemi.

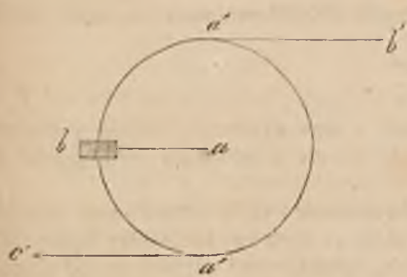


Fig. 193.

Umocujmy na sznurku jakiś ciężki przedmiot b i wprawmy takowy w szybki ruch obrotowy na około punktu a (Fig. 193), to sznurek jak wszystkim wiadomo, tym mocniéj będzie wytężony, im przedmiot z większą obraca się chyżością po obwodzie koła.

Sznurek zachowa się w czasie tego ruchu zupełnie tak samo jak każde ciało stałe; i gdybyśmy w miéjsce sznurka użyli drewnianego albo żelaznego pręta, zjawisko zawsze będzie to samo. Natężenie sznurka powstaje, w skutek usiłowania ciała b oderwania się od środka obrotu a. Jeżeli związek pomiędzy ciałem będącém w ruchu wirowym a środkiem owego ruchu, zostanie zniszczony przez pęknięcie sznurka, to ciało zacznie natychmiast odbywać ruch po linii prostéj, a mianowicie po linii stycznéj do koła, jak np. $a'b'$, lub $a'c'$, z nabytą chyżością; a siła taka z jaką ciało biegnie, nazywa się *siłą styczną*.

W każdym razie siła ciężkości stawia opór sile odśrodkowéj ciała będącego w ruchu wirowym, dopóki ta druga nie stanie się większą od pierwszéj. Na kuli ziemskiéj np. siła odśrodkowa jest największą pod równikiem, a przy biegunach równa się zeru. Nawet pod równikiem siła odśrodkowa jest tylko $\frac{1}{200}$ siły ciężkości, co znaczy, że pod równikiem ciało utraca w skutek większéj siły odśrodkowéj $\frac{1}{200}$ ze swojéj ciężkości, jaką przy biegunach posiada. Gdyby się jednak nasza kula ziemska około swojéj osi 17 razy prędzéj obracała, to jest gdyby zamiast 448 metrów robiła drogę równą 7616 metrów w sekundzie czasu, wtedy obie siły, ciężkości i odśrodkowa stałyby się sobie równemi: t. j. że spadanie ciał na ziemię ustałoby od téj chwili, a ciała znajdującej się na niéj poczęłyby się odrywać i odbiegać od jéj środka.

Siła, która ruch prostolinijny ciała zmienia na ruch po linii krzywéj i skłania takowe ku środkowi ziemi, nazywa się znowu *siłą dośrodkową*. W skutek wspólnego działania na ciało siły odśrodkowéj i dośrodkowéj, następuje ruch wirowy. Jeżeli ciało zawieszone na sznurku uderzymy z boku, to zacznie opisywać drogę, która stósownie do kierunku i wielkości uderzenia, będzie albo kołem, albo też elipsą. Siły więc odśrodkowa i dośrodkowa, jak z tego widzimy, nie są wcale nowemi siłami, ale tylko innemi wyrażeniami siły bezwładności i siły ciężkości.

W skutek siły odśrodkowéj tłumaczy się wiele zjawisk, np. spłaszczenie ziemi przy biegunach; wielka siła rzutu procy; większy skutek młota, przedłużając jego stylisko; utrzymanie się wody w naczyniu, jeżeli takowe w ruch kołowy wprawimy i t. p. W mechanice znajduje ona pożyteczne zastósowanie: przy regulatorach maszyn parowych, przy wyżymaczkach w pralniach i fabrykach sukna, przy centryfugach po fabrykach cukru, przy pompach centryfugalnych, wentylatorach, exhaustorach i przy wialniach gospodarczych.

Niechaj v oznacza chyżość z jaką ciało po linii kołowéj biegnie, r promień tego koła, c przyśpieszenie, jakie siła odśrodkowa stara się nadać ciału obrotowemu, to znajdziemy c z formuły:

$$c = \frac{v^2}{r}.$$

Siła zatém odśrodkowa jak widzimy z tego wyrażenia, rośnie w stosunku kwadratów z chyżości, a zmniéjsza się znowu w stosunku zwiększania się promienia koła.

Przykład 1. Niechaj obwód koła szalonego czyli zamachowego posiada 2 metry promienia i porusza się z chyżością 12 metrów; jak wielką będzie siła odśrodkowa, z jaką każda cząsteczka koła zamachowego odrywa się od niego?

Podług poprzedniéj formuły otrzymamy przyśpieszenie siły odśrodkowéj:

$$c = \frac{12 \times 12}{2} = 72 \text{ metrów}.$$

Przyśpieszenie przy wolném spadaniu ciała $= 9{,}81^m$; zatém przyśpieszenie siły odśrodkowéj $\frac{72}{9{,}81} = 7{,}33$ czyli blisko $7\frac{1}{3}$ razy jest większe od przyśpieszenia siły ciężkości. A zatém i siła odśrodkowa, działająca na jakąkolwiek cząsteczkę koła, jest $7\frac{1}{3}$ razy większą od jéj ciężaru.

Przykład 2. W naczyniu walcowém maszyny odśrodkowéj, znajduje się mokra bielizna, sukno albo przędza. Naczynie to niechaj się obraca około swéj osi pionowéj 800 razy na minutę. Tym sposobem każda kropla wody przyczepiona do materyi mokréj w skutek siły przylegania, zostanie przez siłę odśrodkową pochwyconą i wyrzuconą na zewnątrz otworami tegóż naczynia. Jaka siła odśrodkowa będzie kropli wody, oddalonéj od osi naczynia na 0,24 metra?

Chyżość obrotu kropli $\frac{2 \times 0{,}24 \times 3{,}14 \times 800}{60} = 20{,}1^m$.

Przyśpieszenie w skutek siły odśrodkowéj $\frac{20{,}1 \times 20{,}1}{0{,}24} = 1638^m$.

A więc ma się siła odśrodkowa do ciężaru kropli wody, jak 1683^m do $9{,}81^m$. Zatém siła odśrodkowa będzie $\frac{1683}{9{,}81} = 172$ razy większa od ciężaru kropli wody.

Przykład 3. Niechaj wóz porusza się po krzywiznie zatoczonéj promieniem $3{,}6^m$ z chyżością 4 metry na sekundę. Wóz ten w skutek siły odśrodkowéj wyrzucony zostanie na zewnątrz drogi. Przyśpieszenie siły odśrodkowéj będzie:

$$c = \frac{4 \times 4}{3{,}6} = 4{,}44^m.$$

Fig. 194.

Środek ciężkości wozu znajduje się w punkcie S (Fig. 194). W tym punkcie działa na dół siła ciężkości wozu w kierunku pionowym, siła zaś odśrodkowa poziomo na zewnątrz. Uczyńmy $SK = 4{,}44^{m}$, zaś $SP = 9{,}81^{m}$, wykreślmy na tych dwóch linijach prostokąt i poprowadźmy przekątnią Sm, to takowa będzie przedstawiać przyśpieszenie siły wypadkowéj z ciężaru i siły odśrodkowéj. Jeżeli Sm przecina drogę pomiędzy kołami, to wóz utrzyma się pionowo; jeżeli Sm przecina ślad (tór) koła, to wóz pochyli się w tę stronę; jeżeli Sm przetnie drogę po za torem koła, to wóz musi się obalić w tę stronę.

277. Praca mechaniczna. 1) *Praca mechaniczna* polega na pokonaniu oporu napotkanego wśród drogi. Przypuszczamy tutaj, że kierunek oporu i kierunek drogi, znajdują się w téj saméj linii.

Jeżeli ciężar 5 kilogramów podniesiemy do wysokości 1 metra, to potrzeba będzie tutaj 5 razy większéj pracy, niż przy podniesieniu 1 kilogramu do wysokości 1 metra.

Dla podniesienia 1 kilogramu ciężaru do wysokości 4-ch metrów, aniżeli dla podniesienia tego samego ciężaru do wysokości 1 metra.

Również jeżeli opór wynikający z tarcia wynoszący 50 kilogramów ma być pokonywany w kierunku poziomym albo ukośnym przez drogę 10 metrów, to potrzeba będzie $50 \times 10 = 500$ razy więcéj pracy, niż gdyby opór 1 kilogramu potrzeba było pokonywać w drodze tylko na 1 metr długości.

Co się tu powiedziało o podnoszeniu ciężarów i pokonywaniu tarcia, da się zastósować do wszystkich wypadków, gdzie tylko siła wzdłuż jakiéjś drogi jest czynną.

A zatém jak widzimy, praca mechaniczna jest proporcyonalna wielkości siły i długości drogi, zatém proporcyonalna iloczynowi z siły przez drogę.

Zamiast oporu, można wziąć w rachunek siłę pokonywującą takowy. Musimy sobie w tym razie kierunek siły i kierunek drogi, jako kierunki zmowne wystawić. Niechaj AB (Fig. 195) będzie drogą, którą punkt A ma przebiedz. AC niechaj będzie siła działająca. Rozkładam AC na dwie siły boczne AD i AE działające pod kątem prostym, to siła AE pracować wcale nie będzie, gdyż w swoim kierunku nie przebiega żadnéj drogi. Zatém czynną jest tylko jedna siła AD. Praca zatém będzie = drodze $AB \times$ siłę boczną AD.

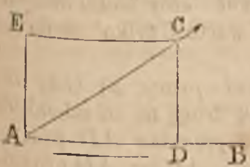


Fig. 195.

Z powyższego wypływa także, że siła i praca w mechanice, stanowią wcale odmienne pojęcia. Siła jest przyczyną zmiany, a zatém tylko jednym czynnikiem pracy; drugim albowiem czynnikiem jest zawsze przez tęż siłę przebieżona droga.

2) *Kilogrammetr.* Dla wyrażenia w liczbach obudwóch czynników pracy, można w tym celu użyć upodobanéj jednostki, np. stopy i funta lub metra i kilogramu. Dziś powszechnie w mechanice używa się tych ostatnich miar, t. j. kilogramu za jednostkę siły, a metra za jednostkę miary.

Praca jaką siła 1 kilogr. wzdłuż 1 metra drogi wykonywa, przyjętą została za *jednostkę pracy*, i zowie się *kilogrammetrem*; oznacza się pospolicie przez *K. M.* lub *KM.* Praca jednego funta przez długość drogi równą jednej stopie, nazywać się będzie *stopofuntem*, albo *funtostopem.*

Praca więc 20 kilogrammetrów, jest ciężarem 20 kilogramów podniesionych do wysokości 1 metra, lub ciężarem 10 kilogr. podniesionych do wysokości 2 metrów, lub 5 kilogr. do 4 metrów. Praca zawsze zostanie ta sama, czy wykonaną została w krótszym, czy też w dłuższym czasie.

3) *Skutek.* Jest to niezbędnem zadaniem każdego przemysłu, aby machiny pewną oznaczoną pracę zawsze w jednym i tym samym czasie wykonywały Taka stała praca w jednéj sekundzie czasu wykonana, nazywa się pospolicie *skutkiem* czyli *effektem.*

Ponieważ droga przebieżona przez siłę ruchem jednostajnym w jednej sekundzie czasu, stanowi jéj chyżość, przeto skutek równa się iloczynowi z siły P przez chyżość V, czyli: skutek $= P \times V$.

Jeżeli jakieś koło zębate ma skutek 100 kilogrammetrów przenieść na inne koło zębate, kiedy chyżość kół działowych wynosi 1^m, to wtedy zęby pierwszego koła, będą wywierać ciśnienie na zęby drugiego koła równe 100 kilogramom. Gdyby jednak chyżość kół działowych wynosiła 2 metry, to owo ciśnienie byłoby tylko 50 kilogr.

4) *Siła konia parowego.* Skutek sił wyraża się często przez inną jednostkę niż kilogrammetr, a mianowicie przez *siłę konia parowego* (Pferdekraft; cheval-vapeur, horse power).

Podług Ponceleta, Morina, Redtenbachera i innych inżynierów, siła konia parowego $=$ 75 kilogrammetrów.

Ta wielkość wyrażona w innych miarach, daje następujące wypadki:

W miarach	angielskich	=	542	stopofuntów.
„	szwajcarskich	=	500	„
„	austryackich	=	424	„
„	pruskich (dawnych)	=	478	„
„	polskich	=	640	„
„	rossyjskich	=	600	„

Tę wartość *siła konia* należałoby właściwie nazywać *siłą konia mechanicznego* dla odróżnienia siły konia żyjącego, któréj wartość tylko około 50 kilogramów wynosi.

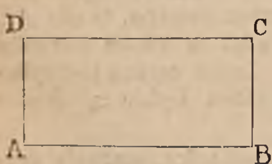


Fig. 196.

5) *Graficzne przedstawienie pracy.* a) *Gdy siła jest stała.* Przenoszę odbytą drogę na oś odcinków AB, a siłę działającą na oś przystaw AD prostopadłą do AB, to powierzchnia $AB \times AD$ prostokąta $ABCD$ będzie miarą pracy (Fig. 196).

b) *Gdy siła jest zmienna.* Wartości $P, P', P'', \ldots$ (Fig. 197) siły zmiennéj odcinam na przystawach pionowych w odpowiednich punktach drogi AB, łączę końce owych przystaw liniją krzywą DEC, a powierzchnia figury $ABCED$ przedstawiać będzie pracę téj siły.

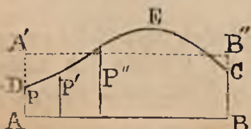


Fig. 197.

Przykład 1. Młot parowy ważący 2000 kilogramów robi w minucie czasu 80 uderzeń, przy wysokości skoku $0{,}4^m$. Jak wielkiego potrzeba jest skutku dla podniesienia owego młota?

Praca przy jednorazowém podniesieniu $2000 \times 0{,}4 = 800$ K. M.

Praca przez sekundę $\frac{800 \times 80}{60} = 1067$ K. M. czyli 14,2 koni parowych.

Przykład 2. Pompa pojedyńczego działania niechaj robi w 1 minucie czasu 40 skoków i niechaj dostarcza za jednym skokiem 25 litrów (kwart pols.) wody na wysokość 20 metrów; jak wielki jest skutek owéj pompy, nie zwracając uwagi na uboczne opory?

Pompa daje na sekundę $\frac{55 \times 40}{60} = 16\frac{2}{3}$ kilogr.

Zatém jéj skutek w sekundzie $16\frac{2}{3} \times 20^{m} = 333,3$ K. M.

Przeto liczba koni parowych $\frac{333,3}{75} = 4,44$.

Przykład 3. Wóz na drodze poziomej wymaga siły pociągowéj 500 kilogramów, biegnie z chyżością $0,9^{m}$. Jak wielki jest skutek zwierząt wóz ciągnących?

Skutek $= 500 \times 0,9^{m} = 450$ K. M. $= 6$ koni parowych.

Przykład 4. Robotnik przerzyna drzewo piłką ręczną. Siła średnia jakiéj używa prowadząc piłkę do góry i na dół równa się 10 kilogr. Robi on 70 rzazów (sznitów) w minucie, kiedy droga piłki $= 0,33^{m}$. Jaki jest skutek owéj pracy?

Chyżość piłki $\frac{2 \times 0,33 \times 70}{60} = 0,77^{m}$.

Skutek czyli praca w sekundzie $10 \times 0,77 = 7,7$ K. M.

6) *Bezwzględny i pożyteczny skutek motorów.* Zwyczajnymi motorami czyli silnikami są: woda, para wodna (cieplik), wiatr, elektryczność, zwierzęta i ludzie. Owe motory wywierają swe działanie na pewne maszyny albo ich części, które się zowią receptorami czyli odbieraczami siły. I tak łopatki kół wodnych, tłok maszyny parowéj, korba i t. p. są owymi odbieraczami siły. Bardzo często nazywają także motorami: koła wodne, turbiny, maszyny parowe i t. p.

Motory martwe mogą w sekundzie czasu wykonać pewną pracę stałą, która się pospolicie zowie *skutkiem bezwzględnym* czyli *absolutnym.*

Stosunek między pożytecznym i bezwzględnym skutkiem, nazywa Redtenbacher stosunkiem dobroci, a Weisbach stopniem działalności motora.

7) *Maximum skutku pożytecznego.* Motory nie dają jednakiéj ilości pracy, przy różnych chyżościach; mają one swoją najodpowiedniejszą chyżość, przy któréj więcéj pożyteczną pracę wykonują niż przy jakiéj bądź innéj chyżości.

Największa chyżość, jaką np. obwód koła podsiębiernego otrzymać może, jest ta, z jaką płynie woda na łopatki. Ale w takim razie nie może woda, żadnego ciśnienia więcéj na łopatki wywierać, czyli że wtedy praca wody $= 0$. kiedy koło ma maximum chyżości. Im koło porusza się wolniéj, tém większe będzie ciśnienie na jego łopatki. Ciśnienie zatém na łopatki jest największe wtedy, gdy koło stoi spokojnie. Dla owego maximum ciśnienia, czyli minimum chyżości, praca będzie znowu = 0. Musi więc znajdować się chyżość pośrednia pomiędzy temi ostatecznościami, która daje większy skutek, aniżeli wszelka inna chyżość. To samo odnosi się i do turbinów. Redtenbacher dowiódł, że turbiny Jonvala albo Fourneyrona największy sprawiają skutek kiedy się im daje połowę téj liczby obrotów, jaką posiadają kiedy próżno idą.

Maszyna parowa porusza się z chyżością odpowiadającą swemu przeznaczeniu. Ma przytém ruchy spokojne, t. j. części posuwające się w tył i naprzód, jak np. tłoki, trzony tłokowe, trzony korbowe, suwacze i t. p. mają dosyć czasu, pomiędzy jednym punktem martwym a drugim do przyjęcia siły (pracy) żywéj i do oddania takowéj, bez sprawiania uderzeń. Gdyby zaś maszyna szła prędzéj, toby się zaraz pokazały skutki rozmaitych wstrząśnień, które rosną prawie w stosunku kwadratów z chyżości tłoka. Owe wstrząśnienia pochłaniają znaczną część pracy jaką para na tłok wywiera, zatém zmniéjszają skutek pożyteczny maszyny. Jeżeli maszynę puścimy swobodnie przy pełném ciśnieniu pary, to skutek jéj pożyteczny zupełnie zniknie. I odwrotnie znowu, maszyna nie powinna się zbyt wolno obracać z powodu stygnięcia pary etc.

W motorach żywotnych nietylko samo natężenie siły i prędkość pracującego, ale także i czas pracy ma przeważny wpływ, na całkowitą pracę dzienną albo tygodniową. Podług Gerstnera czas pracy ma taki sam wpływ co i chyżość, t. j. jeżeli się średni czas pracy przekroczy, to skutek pożyteczny motoru zmniéjsza się daleko prędzéj, niż się powiększa czas pracy.

Praca motorów żywotnych.

Motor	Ciśnienie	Chyżość	Skutek	Liczba godzin pracy przez 1 dzień
Robotnik przenoszący ciężary w rękach	20 ^{k}	0,20 ^{m}	4,0 ^{km}	6
Robotnik wyrzucający ziemię . . .	4	0,50	2,0	9
Robotnik przy korbie	10	0,75	7,5	8
Robotnik przy sikawce (z przestankami)	14	1,40	19,6	—
Koń u wozu ,,	55	0,90	49,5	8
Wół ,, ,,	60	0,60	36,0	8
Osioł w manežu	14	0,80	11,2	8

Siła jakiéj potrzebują rozmaite maszyny.

	koni parowych:
Jedno złożenie młyńskie z kamieniami 1,4 ^{m} średnicy . . .	4
Tartak o 1 pile, 88 rzazów i 0,0488 ^{m} □ powierzchni przerzniętéj w drzewie dębowém w 1 minucie	3,3
Tartak z 4-ma piłami, 90 rzazów i razem 0,161 ^{m} □ pow. przerzniętéj w dębinie w 1 minucie	4,5
Piła okrągła 0,70 ^{m} średn., 266 obrotów, 0,18 ^{m} □ powierzchni przerzniętéj w dębinie w 1 minucie	3,6
Piła okrągła 0,70 ^{m} średnicy, 244 obrotów, 0,75 ^{m} □ pow. przerzniętéj w sośninie w 1 minucie	7,4
Piła do fornirów, 1,20 ^{m} skoku, 180 rzazów i 0,167 ^{m} □ powierzchni przerzniętéj (licząc obie powierzch.) w 1 min.	0,7
Maszyna do heblowania drzewa, 600 obrotów w minucie . .	1,5
,, do falcowania drzewa, 600 obrotów w minucie . .	1
Kamień szlifirski 2 ^{m} średnicy, 80 obrotów w minucie . . .	2,5 — 3,5
Przędzalnia wełny o 2720 wrzecionach	15

	koni parowych:
Przędzalnia bawełny o 26000 wrzecionach, Nr. nici 30—40	200
Tkalnia bawełny o 60 krosnach $1{,}20^m$ szerokości	8
Tkalnia wstążek jedwabnych, 80 krosien	10
Stępy do papieru o 16 stęporach	2,7
Holender w papierni o 220 obrotach w minucie	3—4
Maszyna do papieru bez końca, 22^m papieru w minucie . .	6
Kamień pionowy w olejarni, 3000 kil. wagi, 6 obrotów około osi w minucie	2,7
Miech cylindrowy, $1{,}3^m$ śred., $0{,}58^m$ chyżość tłoka, 0,316 metrów sześciennych wiatru na sekundę (stan merkur. $0{,}04^m$)	9
Młot czołowy, 2800 kil. wagi, 75 uderzeń w minucie . . .	30
Młot podrzutowy, 700 kil. wagi, 95 uderzeń w minucie . .	11
Młot do odkuwania części maszyn, 40 kil. wagi, 324 uderzeń w minucie	5,9
Walcownia, 6 par walców dla grubszego żelaza z 60 obrotami, i 8 par walców dla drobnego żelaza ze 140 obrotami w minucie	50—60
Walcownia dla cienkiéj blachy, 2 pary walców z 50 obrotami w minucie	25—30.

278. Dynamometr (Siłomierz) hamulcowy Pronyego. 1) *Zadanie siłomierza.* Za pomocą tego przyrządu można zmierzyć skutek pożyteczny koła wodnego, maszyny parowéj i t. p. a następnie porównać go z teoretycznym skutkiem tych motorów. Służy on także do oznaczenia skutku albo siły jakiéj różne machiny warsztatowe, lub machiny całego warsztatu lub tylko same transmissye potrzebują.

2) *Urządzenie.* Siłomierz składa się z dwóch siodeł a, a półokrągło wykrojonych (Fig. 198), obejmujących krążek c osadzony na wale transmissyj-

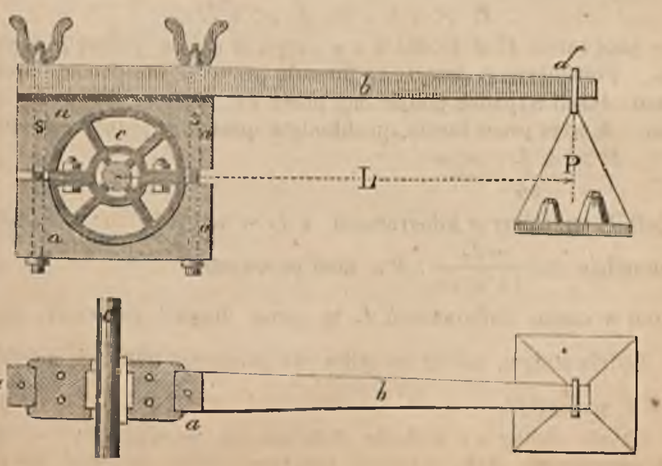


Fig. 198.

nym; jedno siodło górne opatrzone jest drążkiem b, na którego końcu zawieszona jest szala do kładzenia ciężarów.

Jeżeli oba siodła a, a, ściśnięte dobrze zostaną za pomocą śrub s, s, tak aby siłomierz nie mógł się około krążka obracać, to jeżeli na wadze nie będzie żadnych ciężarów, wtedy oś transmissyi będzie się wraz z siłomierzem obracać. Jeżeli zaś szalkę obciążymy tak wielkim ciężarem, że oś nie będzie w stanie drążka b obrócić, to sama musi się ślizgać w siodłach siłomierza, a siłomierz pozostanie w spoczynku; tym sposobem praca motora, pochłoniętą zostanie przez hamulec siłomierza.

Jeżeli krążek hamulcowy osadzony zostanie na wale pionowym, jak to ma miéjsce przy dochodzeniu siły turbinów, należy wtedy linkę zawieszoną w końcu drążka przeprowadzić przez wręb krążka, któregoby oś leżała równolegle z drążkiem b, a na końcu dopiéro téj linki zawiesza się szalę do ciężarów. W tym wypadku, ciężar drążka i hamulca nie wywiera żadnego wpływu na mierzenie siły.

Jeżeli zaś wał jest poziomy, wtedy ciężar dynamometru wywiera oczywiście wpływ na obrót wału. Ten ciężar należy sobie wyobrazić zgromadzony w środku ciężkości przyrządu, który potrzeba zredukować do punktu d przyczepienia ciężaru; postępuje się zaś tak, że ów ciężar tyle razy się pomniéjsza, ile razy pozioma odległość jego przyczepienia, rachując od środka wału, będzie większą, aniżeli przedtém była (Obacz redukcyę sił, str. 117).

3) *Równanie skutku.* Niechaj, P oznacza ciężar położony na szali, powiększony o ciężar szali i o zredukowany ciężar przyrządu, L odległość pozioma punktu zawieszenia od środka wału, n liczbę obrotów wału w 1 minucie, r promień krążka, i R tarcie pomiędzy siodłami i krążkiem.

Ponieważ P i R utrzymują równowagę, przeto statyczne momenta tych sił będą sobie równe, będzie więc:

$$R \,.\, r = P \,.\, L.$$

Pomnożywszy obie strony przez $2\,\pi$, otrzymamy:

$$R \times 2\, r\, \pi = P \times 2\, L\, \pi$$

t. j. pracę jaką tarcie R w drodze $2\, r\, \pi$, czyli w czasie jednego obrotu wału pochłania. Pomnożywszy jeszcze tę formułę przez n, otrzymamy pracę w minucie czasu. Jeżeli wypadek podzielimy przez 60, otrzymamy pracę w sekundzie czasu. A więc przez tarcie pochłonięta praca w jednéj sekundzie czyli skutek $= \dfrac{P \times 2\, L \times n}{60}$.

Jeżeli P wyrazimy w kilogramach, a L w metrach, to otrzymamy skutek w sekundzie $= \dfrac{\pi\, L}{75 \times 30} \,.\, P n$ koni parowych.

Jeżeli w czasie doświadczeń L tę samą długość zatrzyma, to ułamek $\dfrac{\pi\, L}{75 \times 30}$ będzie stałym, należy go tylko raz na zawsze obliczyć, a potém tylko przez n i P pomnożyć.

4) *Użycie.* Śruby s s w czasie doświadczeń powinny być wciąż przez kogoś tak regulowane, ażeby możliwie regularny ruch osi mógł się odbywać, gdyż tylko w takich okolicznościach chyżość odpowiadająca obciążeniu, może

być ocenioną dokładnie. Z téj też przyczyny wielkie krążki są celowi odpowiedniéjsze.

Ponieważ tarcie siodeł sprawia grzanie się owego przyrządu, aby więc takowego niedopuścić, przez otwór w górném siodle umieszczony, wpuszcza się od czasu do czasu na krążek wodę rozrobioną z szarém mydłem.

Zanadto silne przykręcenie lub zluzowanie się śrub *s s* sprawia zmiany w tarciu. W skutek tego drążek robi pewne wahania. Aby im zapobiedz, niedaleko szali umieszcza się taki przyrząd, w którymby drążek nie mógł się dowolnie poruszać, wszelako daje się mu trochę światła.

Ponieważ przy mocniéjszém albo słabszém ściśnieniu krążka przez siodła, tarcie a zatém i ciężar na drążku zwiększamy albo pomniéjszamy, obserwując za każdym razem ilość obrotów z któréj się skutek oblicza, dochodzimy tym sposobem jaka chyżość osi jest najodpowiedniéjsza, t. j. dająca największy skutek pożyteczny. Takie doświadczenia z rozmaitemi chyżościami i obciążeniami, szczególniéj praktykują się przy turbinach.

Z motorami hydraulicznymi, robią się podobne próby przy słabém, średniém i mocném napływie wody; rownież z maszynami parowemi przy małéj i wielkiéj ekspansyi, t. j. przy większém albo mniéjszém przypływie pary, a czasami z kondensacyą i bez kondensacyi. Tym sposobem otrzymuje się stopień działalności motora w różnych okolicznościach, przy których pracował.

Podczas prób tego rodzaju, związek motora z transmissyami musi być przerwany. Po takiéj próbie z hamulcem, przywraca się na nowo związek motora z swoją transmissyą i puszcza się w ruch motora, który znów pracując w powyższych okolicznościach, będzie dawał również wielki skutek. Jeżeli zaś hamulec część tego skutku niweczy, który zawsze można podług powyższéj formuły obliczyć, to resztę owego skutku zużywa transmissya, a właściwie mówiąc fabryka. Tym sposobem dają się obliczyć wszystkie wielkości pracy, zużytéj przez pojedyńcze części lub przez całą fabrykę.

Przykład. Koło kierownicze turbiny posiada 36 otworów czyli kanałów, które się zamykają zasuwami, klapami i t. p. Mamy obliczyć skutek pożyteczny turbiny i jéj stopień działania dla przypływu wody 18, 27 i 36 kanałami koła kierowniczego.

Przy każdéj próbie należy tyle wody dostarczyć turbinie ile jéj mogą przepuścić kanały, a tymczasem z próbą hamulcową wstrzymać się dopóty, aż się dopływ wody ustali.

Niechaj spadek przy wszystkich próbach $= 4^m$

Długość drążka hamulcowego . . $L = 3^m$

Normalna liczba obrotów turbiny . . $n = 100$

to otrzymamy wartość dla wszystkich doświadczeń

$$\frac{\pi L}{75 \times 30} = \frac{3{,}1416 \times 3}{75 \times 30} = 0{,}004189 .$$

Pierwsza próba. 18 *kanałów turbiny otwartych.*

Liczba obrotów	$n =$	95	100	105	
Odpowiednie obciążenia	$P =$	44	42	39	kilogr.
Ztąd skutki	$=$	17,59	17,58	17,15	koni par.

Jeżeli ilość wody . . . . . $=$ 0,570 metra kub.

to bezwzględny skutek wody będzie

$$\frac{570 \text{ kil.} = 4^m}{75} = 30{,}4 \text{ koni parowych.}$$

Zatém działania turbiny dla 3-ch powyższych doświadczeń:

$$\frac{17{,}58}{30{,}4} = 0{,}578; \quad \frac{17{,}59}{30{,}4} = 0{,}578; \quad \frac{17{,}15}{30{,}4} = 0{,}564,$$

zatém turbina przy normalnéj swéj chyżości, daje 57,8 procentów pożytecznéj pracy.

Druga próba. 27 *kanałów turbiny otwartych.*

Postępowanie jak wyżéj. Otrzymano :

Liczba obrotów w minucie n	Obciążenie: P	Skutek pożyteczny	Ilość wody	Skutek bezwzględny.	Stopień użyteczności.
94	74 kil.	29,13	0,820 metrów kub	43,73 koni par.	0,666.
101	69,5	29,41	„	„	0,674
105	66	29,01	„	„	0,663

Turbina więc przy normalnéj chyżości daje w przybliżeniu 67 procent skutku pożytecznego.

Trzecia próba. Wszystkie 36 kanałów turbiny otwarte.

n	P	Skutek pożyteczny.	Ilość wody	Skutek bezwzględny.	Stopień użyteczności.
96	99	39,82	1,075 metrów kub.	57,33 koni par.	0,695
100	96	40,11	„	„	0,700
107	87,5	39,09	„	„	0,682

W tym wypadku skutek pożyteczny wynosi $70^0/_0$.

W tych 3-ch doświadczeniach ilość wody przepływająca jednym kanałem koła kierowniczego, wynosi:

$$\frac{0{,}570}{18} = 0{,}0315; \quad \frac{0{,}820}{27} = 0{,}0304; \quad \frac{1{,}075}{36} = 0;0297 \text{ metr. kub.}$$

Te wartości powinny się prawie zgadzać. Różnice jakie się tu pokazują, mogą pochodzić tylko w skutek niedokładnego mierzenia wody i nierówności otworów. Większe wartości przy pierwszych próbach wskazują, że klapy nie zamykają się szczelnie.

Czwarta próba. Komunikacya między turbiną a transmissyą została przywróconą. Turbina pracuje pod pełnym przypływem wody, jak przy 3-ciéj próbie. Komunikacya między wszystkiemi machinami warsztatowemi a transmissyą zostaje przerwaną. Hamulec jest tak obciążony, że mamy:

Liczbę obrotów turbiny . . . . . $n = 100$
Obciążenie hamulca . . . . $P = 82$ kil.
Zatém zluzowanie hamulca o 96 — 82 $= 14$ „

Zatém transmissya pochłania siły $40{,}11 \times \frac{14}{96} = 5{,}85$ koni parowych.

Piąta próba. Wszystko tutaj pozostaje jak przy czwartéj próbie, z tą tylko różnicą, że wszystkie machiny warsztatowe w ruch puszczono, i hamulec odpowiednio zluzowano.

Niechaj będzie :

Liczba obrotów turbiny . . . . . . $n = 100$

Obciążenie hamulca . . . . P = 50 kilogr.
Dalsze zluzowanie hamulca 96 — 14 — 50 . . = 32 „

Zatém sala warsztatowa zużywa siły $40,11 \times \frac{32}{96} = 13,37$ koni par.

Szósta próba. Cała fabryka jest w ruchu. Niechaj będzie:
Liczba obrotów turbiny . . . . $n = 100$
Obciążenie hamulca . . . . P = 8 kilogr.

Zatém hamulec zużywa siły $40,11 \times \frac{8}{96} = 3,34$ koni parowych.

A przeto fabryka w pełnym biegu
potrzebuje siły $40,11 - 3,34 = 36,77$ koni par.

Siódma próba. Obciąża się tak mocno hamulec, że turbina zatrzymuje się w biegu; tym sposobem całkiem otwarta turbina przepuści pewną ilość wody. Kiedy się po pewnym przeciągu czasu lustro wody ustaliło, mierzy się wtedy ilość wody. Znajdujemy jéj 1,115 metrów kub. Zatém turbina w czasie spoczynku $1,115 - 1,075 = 0,040$ metrów kubicznych, czyli stosunkowo $1,035 : 1$ więcéj wody przepuszcza, niż kiedy jest w normalnym biegu.

Ósma próba. Hamulec zdjęty zostaje, przerywa się komunikacyę między turbiną a transmissyą fabryczną, i puszcza się na turbinę jak przy trzeciéj próbie 1,075 metrów kub. wody. Jak tylko stan wody ustalony został, liczymy liczbę obrotów turbiny i znaleźliśmy takowych 198. Zatém turbina obracająca się próżno, robi prawie dwa razy więcéj obrotów, aniżeli przy najkorzystniejszéj dla zakładu chyżości.

279. **O żywéj pracy czyli sile żywéj.** Ciało spadając wolno z wysokości h nabywa tym sposobem chyżości v, gdy g oznacza przyśpieszenie po pierwszéj sekundzie, wysokość spadania będzie:

$$h = \frac{v^2}{2g}.$$

Ciężar P jest siłą wywierającą swój skutek na ciało w czasie całego jego ruchu, zatém praca wywarta na ciało przez całkowitą jego drogę h będzie

$$= Ph \frac{Pv^2}{2g}.$$

Wielkość $\frac{Pv^2}{2g}$ wskazuje, jak wielka ilość pracy wywierała działanie na ciało, aby mu w spoczynku nadać chyżość v. Praca więc użytą została na przyśpieszenie massy, na pokonanie bezwładności ciała, ale nie na pokonanie oporu, i jest jéj tyle w massie nagromadzonéj, ile jéj ciało wymaga na pokonanie oporu, aż do zupełnego wyczerpania chyżości. Ta wielkość pracy nazywa się *siłą żywą* ciała.

Gdyby przejście ciała ze stanu spoczynku do chyżości v przez jaką inną siłę stałą albo zmienną szybko czy zwolna wywołane było, to zawsze ciało taką samą ilość pracy byłoby w sobie zebrało.

Jeżeli ciało posiada już chyżość v która następnie zwiększoną została aż do wartości V, to takim chyżościom odpowiadać będą żywe prace $\frac{PV^2}{2g}$ i $\frac{Pv^2}{2g}$, zatém przyrost żywéj pracy $= \frac{P}{2g}(V^2 - v^2)$.

Przykład 1. Jaką pracę musi gaz prochowy w armacie wykonać, aby 6 funtowéj kuli nadać chyżość 500 metrów w sekundzie czasu?

Ciężar kuli $P = 3$ kilogr., chyżość $v = 500$ metrów, zaś $g = 9,81$ metrów; zatém praca $= \frac{3 \times 500^2}{2 \times 9,81} = 38266$ kilogrammetrów.

Jeżeli kula w otworze armaty przebiega drogę 0,9 metrów, i przypuszczając, że gaz prochowy w ciągu owéj drogi wywiera ciśnienie równe sile p, to praca téj siły $= p \times 0,9$ K. M. Ta praca będzie równą pracy powyższéj 38266 K. M., zkąd

Średnie ciśnienie gazu prochowego $p = \frac{38266}{0,9} = 42518$ kil.

Że zaś średnica kuli żel. lanéj 6 funtowéj czyli 3 kilogramowéj $= 9,267$ centymetrów, zatém jéj największy przekrój na który wywiera działanie gaz prochowy $= 67,446$ centym. □, a przeto ciśnienie gazu na 1 cent. □ pow. kuli $= \frac{42518}{67,446} = 635$ kilogr. Że zaś ciśnienie 1 atmosfery na 1 cm. □ $= 1,033$ kilogr. ztąd średnie ciśnienie na kulę gazu prochowego $= \frac{635}{1,033}$ $= 624$ atmosfer.

Jeżeli kula zaraz po wystrzale przebije 3 metry głęboko wał ziemny, to

średni opór ziemi $\frac{38266}{3} = 12755$ kilogramów.

Przykład 2. Jaką pracę musi para lokomotywy wykonać, aby ją ze stanu spoczynku wprawić w ruch 10 metr. na sekundę, przypuszczając, że tylko massę lokomotywy mamy uruchomić, żadnych zaś innych nie pokonywamy oporów?

Niechaj ciężar lokomotywy 25 tonnów . $= 25000$ kilogr.

Zatém praca żywa . . . $= \frac{25000 \times 10^2}{2 \times 9,81} = 126400$ K. M.

Przykład 3. Gdyby ta lokomotywa musiała przebiegać drogę 200 metrów długą, dopókiby chyżości 10 metrów nie nabyła, i jeżeli tarcie $\frac{1}{100}$ ciężaru lokomotywy wynosi, ile pracy potrzebaby użyć w ciągu całéj drogi na pokonanie tarcia i przyśpieszenie massy?

Stały opór tarcia. . . . . $\frac{2500}{100} = 250$ kilogr.

Praca jaką ten opór na całéj drodze 200^m
długiéj zużywa . . . . $250 \times 200 = 50000$ K. M.
Praca przyśpieszająca massę (Przykład 2) . . . . 126400 „
Całkowita praca . . . . . . $126400 + 50000 = 176400$ „

A zatém przy wprawianiu w ruch zużywa się prawie $2\frac{1}{2}$ razy więcéj siły na przyśpieszenie massy, niż na pokonanie tarcia.

Jeżeli do tego ruchu użyty czas $= 40$ sekund, i jeżeli maszyna stale pracuje, to praca w sekundzie $= \frac{176400}{40} = 4410$ K. M. $= 58,8$ koni parowych. Jeżeli od téj chwili, gdy chyżość lokomotywy 10^m wynosi, ma ruch jéj pozostać stałym, to tylko zostaje do pokonania tarcie, dla którego potrzebny jest skutek $= 250 \times 10 = 2500$ K. M. $= 13,8$ koni par.

Przykład 4. Jak daleko mogłaby pędzić lokomotywa w skutek nagromadzonéj żywéj pracy, dopókiby jéj ruchu nie zniweczyło tarcie?

Żywa praca lokomotywy $=$ 126400 K. M.

Stały opór . . . . $=$ 250 kilogr.

Zatém szukana droga $= \frac{126400}{250} =$ 505,6 metrów.

Przykład 5. Jak wielką jest praca potrzebna do poruszania sikawki pożarnéj wyrzucającéj w sekundzie czasu 10 litrów (kwart pols.) wody z prędkością 15 metrów?

Waga 10 litrów wody $=$ 10 kilogr.

Zatém skutek . . . $= \frac{10 \times 15^2}{2 \times 9,81} =$ 114,6 K. M.

Przykład 6. Jaka jest praca płynącéj wody, jeżeli ilość wody na sekundę $=$ 1 metrowi kub., a jéj chyżość $=$ 2 metry?

Waga 1 metra kub. wody . . . . $=$ 1000 kilogr.

Zatém skutek $\frac{1000 \times 2^2}{2 \times 9,81} =$ 203,9 kilogrammetrów $=$ 2,72 koni par.

Przykład 7. Jak wielka zawarta jest siła żywa w obwodzie żelaźnym lanym koła zamachowego, mającém średnicy średniéj $5^m,6$, jeżeli toż koło robi 40 obrotów w minucie czasu, i jeżeli przekrój obwodu $= 0,03^{m}$ □?

Ciężar obwodu koła $0,03 \times 5^m,6 \times 3,14 \times 7200^k = 3763$ kil.

Chyżość jego . $\frac{5,6 \times 3,14 \times 40}{60} = 11^m,72.$

Praca żywa obwodu $\frac{3763 \times (11,72)^2}{2 \times 9,81} =$ 26345 K. M.

Zatém praca zredukowana do 1 sekundy $=$ 351,2 koni parowych.

Przykład 8. Maszyna parowa pozioma, któréj skok $= 1,1^m$, robi 32 obroty na minutę. Ciężar mass poruszających się tam i nazad (np. tłoków, trzonów tłokowych i korbowych i t. d.) $=$ 260 kilogr. Te massy przy każdym pojedyńczym skoku tłoka robią ruchy przyśpieszone i opóźnione. Zatém w minucie czasu te massy 64 razy żywą pracę odbierają i oddają. Jak wielka jest owa żywa praca?

Ponieważ średnica koła korbowego $= 1,1^m$, to droga czopa korbowego przy jednym obrocie $= 1,1 \times 3,14 = 3,45^m$ a przy 32 obrotach w minucie $= 3,45 \times 32 = 120^m$, czyli na sekundę 2 metry. Największa chyżość mass przebiegających drogę tam i nazad, przypada prawie w środku skoku, gdzie równa się prędkości 2^m czopa korbowego. A zatém praca żywa owych ruchomych części będzie: $= \frac{260 \times 2 \times 2}{2 \times 9,81} = \frac{260 \times 2}{9,21} =$ 53 K. M.

Maszyna parowa wykonywa skutek 1600 K. M. za każdym skokiem, a zatém powyższa żywa praca w przybliżeniu jest przeszło $^1/_{30}$ częścią skutku za każdym skokiem tłoka. Ta jednak żywa praca nie jest straconą, lecz za każdym skokiem tłoka przeskakuje do koła zamachowego i nazad powraca, przez co ruch koła zamachowego, odbywa się trochę nie jednostajnie.

280. O ilości ruchu i uderzaniu się ciał. 1) *Ilość ruchu.* Niechaj P będzie ciężarem a v prędkością ciała, to praca w niém zgromadzona $= \frac{Pv^2}{2g}$. Rozłóżmy ów iloczyn na czynniki $\frac{P.v}{2g}$ i v. Jeżeli tego ostatniego czynnika uważamy jako drogę przebieżoną w 1 sekundzie czasu, to drugi czynnik $\frac{Pv}{2g}$ musi być siłą towarzyszącą ciału przez całą drogę. Ta siła $\frac{Pv}{2g}$ zowie się *ilością ruchu*. Na oznaczenie téj wielkości mamy jeszcze inne wyrażenie. Wystawiwszy sobie ciężar P umieszczony w rozmaitych odległościach od środka ziemi, to jego wartość zmieniać się będzie, ale proporcyonalnie z nim przyśpieszenie g. Zatém wielkość $\frac{P}{g}$, jak również $\frac{P}{2g}$ będą ilościami stałemi dla każdéj odległości od środka ziemi. Ale dla każdéj z tych odległości, massa ciała winna pozostać ta sama. Dla tego weźmy wielkość $\frac{P}{2g}$ jako wyrażenie massy ciała. Dla ciał na powierzchni ziemi jest g ilością stałą; a więc w tym przypadku, massa jest proporcyonalną ciału. Oznaczywszy massę przez M, to żywa praca

$$\text{będzie} \quad \frac{Pv^2}{2g} = Mv^2.$$

$$\text{Ilość ruchu} \quad \frac{Pv}{2g} = Mv.$$

Przykład. Niech będzie m massa kuli armatniéj, v chyżość z jaką wystrzeloną została, niechaj będzie daléj M massa armaty, a V chyżość z jaką cofa się po wystrzale. Pomiędzy kulą a podstawą armaty w czasie działania gazu prochowego w każdéj chwili działa jednakie ciśnienie. Zatém obie ilości ruchu obudwóch mass, będą sobie równe, t. j.

$$M\,V = m\,v\,.$$

Jeżeli np. chyżość v kuli $=$ 500 metrów, a massa armaty jest 300 razy większa od massy kuli, to będzie:

$$M\,V = \frac{M}{300} \times 500; \quad V = 1{,}67^{\mathrm{m}}.$$

czyli że armata po wystrzale cofnie się z chyżością $1{,}67^{\mathrm{m}}$.

2) *O uderzaniu się ciał.* Jeżeli dwa ciała uderzają o siebie, to przedstawiają się następujące zjawiska:

a) Powstaje ciśnienie na powierzchniach zetknięcia prostopadłe do powierzchni uderzenia. Jeżeli ciśnienie będzie tak wielkiém, że włókna najbliżéj płaszczyzny zetknięcia leżące, zgniecione zostaną za granicę sprężystości, to albo nastąpi zmiana formy ciała, albo téż pęknięcie. Jeżeli przy jednakowém ciśnieniu powierzchnia zetknięcia jest mała, to zmiana formy powierzchni wypadnie wielką.

b) W czasie uderzenia objawia się zmiana w ruchu.

c) W takich przypadkach, kiedy ciała są wolne, następują zmiany w kierunku ruchu. Tylko w takim razie, gdzie środki ciężkości ciał jednorodnych poruszają się przed uderzeniem po linii prostéj i prostopadłéj do powierzchni uderzenia, nie następuje żadna zmiana w kierunku, i ciała poruszają się daléj po uderzeniu w tym samym kierunku co i przed uderzeniem. Takie uderzenie nazywa się *środkowém*. Każde inne uderzenie nazywa się *odśrodkowém*.

Uderzenie środkowe sprawia tylko zmianę w ruchu postępowym, uderzenie zaś odśrodkowe wywołuje oprócz tego jeszcze ruch obrotowy.

d) Skutek uderzenia trwa o tyle dłużéj, im większe są massy uderzające o siebie, i im materyał jest miększy. Kiedy materyał jest twardy lub trudno ściśliwy, uderzenie trwa krótko.

Uderzenie środkowe dwóch ciał niesprężystych. Niechaj M i m wyrażają massy ciał niesprężystych, V i v ich chyżości przed uderzeniem. Jeżeli te ciała poruszają się w tym samym kierunku, a massa M uderzy o m, to chyżość massy M będzie mniejszą a massy m większą, dopóki obie massy nie nabędą jednakowéj chyżości u. Ponieważ zgniecione włókna powierzchni uderzeń, z powodu swéj niesprężystości, pierwotnéj swojéj formy już nie odzyskują, przeto ciała poruszać się będą daléj z chyżością wspólną u. Z doświadczenia wiadomo, że ilości ruchu obu ciał przed i po uderzeniu, posiadają tę samą wartość; t. j. że

$$u\,(M + m) = M V + m v\,.$$

Ztąd otrzymamy chyżość po uderzeniu

$$(1) \qquad u = \frac{M V + m v}{M + m}\,.$$

Jeżeli dwa ciała biegną naprzeciwko siebie, to ilość ruchu obu ciał po uderzeniu równa się różnicy $M V - m v$, otrzymamy więc chyżość u po uderzeniu :

$$(2) \qquad u = \frac{M V - m v}{M + m}\,.$$

Jeżeli obie massy są sobie równe, to chyżość po uderzeniu będzie:
gdy ciała poruszają się w jednym kierunku $u = 0{,}5\;(V + v)$
gdy ciała biegną na przeciwko siebie $u = 0{,}5\;(V - v)$.

Chyżość więc po uderzeniu równa się połowie summy i połowie różnicy chyżości obudwóch ciał.

Jeżeli massa m przed uderzeniem znajdowała się w spoczynku, t. j. kiedy $v = o$, to chyżość po uderzeniu będzie:

$$(3) \qquad u = \frac{M}{M + m}\,V.$$

Przykład 1. Uderzają się dwa ciała, których ciężary wynoszą 10 i 8 kilogramów, z chyżościami 4^{m} i 3^{m}. Jaka będzie wspólna tych ciał chyżość po uderzeniu?

Ponieważ massy są ciężarom proporcyonalne, otrzymamy więc chyżość

gdy kierunek jest ten sam przed uderzeniem $u = \dfrac{10 \times 4 + 5 \times 3}{10 + 5} = 3\frac{2}{3}^{m.}$

gdy kierunki były przeciwne . . . . $u = \dfrac{10 \times 4 - 5 \times 3}{10 + 5} = 1\frac{2}{3}^{m.}$

Przykład 2. Gdy szewc klepie skórę na kamieniu który trzyma na kolanach, i gdy massa m kamienia jest 15 razy większa od massy M młotka, to chyżość z jaką kamień po uderzeniu usiłuje się na dół poruszać, będzie:

$$u = \frac{M}{M + 15\,M}\,V. = \frac{1}{16}\,V.$$

Chyżość więc ta jest tylko $\frac{1}{16}$ chyżości z jaką młotek uderza o skórę.

I to jest właśnie przyczyną, dla czego robotnik uderzenia młotka wytrzymuje z łatwością.

Uderzenie środkowe ciał zupełnie sprężystych. Niechaj M i m oznaczają massy dwóch ciał; V i v ich chyżości przed uderzeniem, zaś C i c chyżości po uderzeniu. Przypuśćmy, że ciała poruszają się w jednym kierunku.

Uderzenie ma tutaj miéjsce w dwóch peryodach. W pierwszym włókienka ulegają ściśnieniu na powierzchniach uderzenia, w drugim téż same włókienka w skutek siły sprężystości wracają znowu do pierwotnéj formy. W téj właśnie chwili, gdy jeden peryod przechodzi w drugi, ma miéjsce najwyższy stopień ściśnienia. Gdyby ciała były nie sprężystemi, to poruszałyby się daléj ze wspólną chyżością u, przyczém massa M utraciłaby chyżość $V - u$, a massa m nabyłaby chyżość $u - v$, ale w drugim peryodzie, znowu massa M traci chyżość $V - u$, a m znowu nabywa $u - v$. Odjąwszy całkowitą stratę $2\,(V - u)$ od V, a dodając całkowity nabytek $2\,(u - v)$ do v, to po uderzeniu otrzymujemy chyżości:

$$(4) \quad C = 2\,u - V; \quad c = 2\,u - v.$$

Odejmując te dwa równania od siebie, otrzymamy:

$$C - c = -(V - v)$$

to jest, że różnica chyżości po uderzeniu, jest równa różnicy chyżości przed uderzeniem, jednakże skierowana w strony przeciwne.

Wprowadziwszy wartość za u z (1), w równanie (4), otrzymamy:

$$(5) \quad C = \frac{2\,m\,v + V\,(M - m)}{M + m}; \quad c = \frac{2\,M V - v\,(M - m)}{M + m}.$$

Jeżeli ciała biegną naprzeciwko siebie, to wstawiamy $- v$ zamiast $+ v$.

Szczególne przypadki. *a*) Dwie równe massy poruszają się w tym samym kierunku. W tym razie dają formuły (5) $C = v$, zaś $c = V$, t. j. równe massy podczas uderzenia przemieniają swoje chyżości.

b) Dwie równe massy biegną naprzeciwko siebie. Będzie wtedy $C = - v$, a $c = V$, to jest, ciała w czasie uderzenia przemieniają swe chyżości i biegną z temi chyżościami w kierunkach przeciwnych.

c) Pewna massa uderza na drugą massę téj saméj wielkości, ale będącą w spoczynku. Będzie wtedy $C = o$, a $c = V$, t. j. ciało uderzające zostaje w spoczynku, a uderzone nabywa chyżości ciała uderzającego.

d) Jeżeli mała massa M uderzy o wielką massę m będącą w spoczynku, to ta ostatnia bardzo blisko zostanie w spoczynku, podczas gdy massa uderzająca również bardzo blisko odbije się z tą samą chyżością.

Strata pracy przy uderzaniu się ciał niesprężystych. W obu massach zgromadzona wielkość pracy, jest:

$$\text{przed uderzeniem} = \frac{1}{2} M V^2 + \frac{1}{2} m v^2$$

$$\text{po uderzeniu} = \frac{1}{2} (M + m)\,u^2.$$

Odjąwszy tę drugą wartość od pierwszéj i wstawiwszy wartość na u ze zrównań (1) i (2), to otrzymamy wyrażenie na stratę pracy wskutek uderzenia:

$$(6) \quad \text{Strata pracy} = \frac{1}{2} \frac{M\,m}{M + m} (V \mp = v)^2$$

kiedy ciała biegną w jednym kierunku i kiedy biegną w kierunkach przeciwnych.

A zatém strata pracy jest proporcyonalna kwadratowi z chyżości względnéj obu ciał, t. j. drodze o jaką się zbliżą w sekundzie czasu. Ta strata pracy użytą została na zmianę formy ciała na powierzchniach uderzenia.

Jeżeli ciała są zupełnie sprężyste, to wtedy nie ma miéjsca strata pracy. Włókienka na miejscach zetknięcia obu ciał uderzających o siebie, w czasie peryodu ściśnienia pochłaniają wprawdzie pracę, ale w skutek swojéj sprężystości oddają tę pracę napowrót w drugim peryodzie, t. j. w chwili odzyskania swojéj pierwotnéj formy, pod warunkami jednak: *a*) że najmniéjsze cząsteczki ciała tak zwane atomy albo drobiny, nie ulegają wstrząśnieniu, i *b*) że uderzenie nie będzie tak silném, aby przy ściśnieniu włókien przeszło granice sprężystości. Jeżeli w czasie uderzenia mają miéjsce wstrząśnienia, wibracye cząstek, to owym molekularnym ruchom odpowiednie siły żywe giną dla postępowego ruchu. Jeżeli ciała na swojéj powierzchni będą uszkodzone, to również praca do tego użyta, zginie już niepowrotnie dla dalszego ruchu postępowego.

Przykład 1. Baba albo taran w kafarze spuszczony został na pal. Gdyby przy zabijaniu pala, nie miała być żadna ilość pracy utraconą, to wtedy całkowita praca kafaru musiałaby być użytą na popchnięcie pala w ziemię. Przypuśćmy, żę oba uderzające o siebie ciała są niesprężystemi, i że strata pracy ma miejsce. Jak będzie wielką ta strata?

Chyżość pala przed uderzeniem jest $v = o$, zatém będzie:

Praca nagromadzona w taranie $= \frac{1}{2} MV^2$.

Strata pracy przy uderzeniu (podług form. 6) $= \frac{1}{2} \frac{Mm}{2 M+m} V^2$.

Stosunek między tą stratą a pracą $= \frac{m}{M+m}$.

Ten stosunek o tyle będzie większy, to jest o tyle niekorzystniéjszy, im mniéjszą jest massa taranu w stosunku do massy pala.

Niechaj ciężar tarana wynosi 1400 kilogr., ciężar pala 700 kilogr., to poprzedni stosunek, ponieważ massy są proporcyonalne ciężarom, będzie:

$$\frac{m}{M + m} = \frac{700}{1400 + 700} = \frac{1}{3}$$

t. j. że $\frac{1}{3}$ część pracy zawartéj w taranie idzie na stratę w skutek uderzenia,

czyli że tylko $\frac{2}{3}$ téj pracy idzie właściwie na pokonanie oporu gruntu.

Ten opór gruntu niechaj się $= R$ kilogr., posunięcie się pala przy ostatniem uderzeniu $= h$ metrów, a wysokość spadania tarana $= H$ metrów; to będzie:

Praca zgromadzona w taranie $= 1400\ H$.

Praca przechodząca na pal . $= \frac{2}{3} \times 1400\ H$.

Praca dla pokonania oporu $R = Rh$.

Bez względu na wibracye otrzymamy ztąd równanie pomiędzy pracami:

$$Rh = \frac{2}{3} \times 1400 H.$$

zkąd otrzymamy opór R, który zowiemy wytrzymałością pala:

$$R = \frac{2}{3} \times 1400 \frac{H}{h}.$$

Gdy wysokość spadania tarana $H = 3^{m}$, a pogłębianie się pala $h = 0{,}02^{m}$, to wytrzymałość pala będzie:

$$R = \frac{2}{3} \times 1400 \times \frac{3}{0{,}02} = 140000 \text{ kilogramów.}$$

Jeżeli pal ma średnicę $0{,}27^{m}$, a zatém 572^{cm} □ przekroju, to wytrzymałość pala na 1^{cm} □ swojego przekroju, będzie:

$$\frac{140000}{572} = 245 \text{ kilogramów.}$$

Dla wszelkiego bezpieczeństwa bierze się w praktyce najwyżéj $\frac{1}{8}$ część téj wytrzymałości otrzymanéj z rachunku.

Przykład 2. Kropla wody któréj massa jest M, niechaj uderza o łopatkę koła wodnego z chyżością V, gdy łopatki odbywają ruch z chyżością v. Jak wielka ilość pracy traci się przez to uderzenie?

Praca zgromadzona w kropli $= \frac{1}{2} M V^2$.

Ponieważ massa M kropli w porównaniu z massą m uderzonéj łopatki i obwodu koła jest bardzo małą, to w wyrażeniu (formuła 6)

$$\frac{1}{2} \frac{Mm}{M+m} (V-v)^2$$

na stratę pracy M w stosunku do m może być opuszczoną, przezco otrzymamy stratę pracy:

$$\frac{1}{2} M (V-v)^2.$$

Następnie stosunek między stratą i nagromadzoną pracą, będzie:

$$\left(\frac{V-v}{v}\right)^2.$$

Im większą będzie różnica $V-v$ chyżości, tym ten stosunek będzie niekorzystniéjszy. Zwykle bierze się chyżość v równą połowie chyżości wody, a więc powyższy stosunek $= \frac{1}{4}$.

Pokazuje się z tego, że przy kołach wodnych dla których $v = 0{,}5 V$, przy wejściu wody do koła traci się pracy żywéj 25 procent jaką woda posiadała, nim w łopatkę uderzyła.

281. Zastósowanie teoryi o uderzaniu się ciał sprężystych do gry billardowéj. Mówiliśmy wyżéj, że kierunki w których uderzające ciała na siebie trafiają, leżą na linii, w któréj poruszają się ich środki ciężkości i że powierzchnie dotknięcia są do téj linii prostopadłe; że takie uderzenie zowie się *prostém* albo *środkowém*. Uderzenie zaś *ukośne* czyli *odśrodkowe* nazywa się wtedy, gdy powyższe warunki nie są spełnione.

Na billardzie bardzo często się wydarza, że bili nie bierze się pełnéj czyli prosto, ale się ją kraje czyli z boku uderza. Niechaj B wyobraża bilę grającego (Fig. 199), zaś AC nadany jéj kierunek. W chwili uderzenia drugiéj bili, chyżość pierwszéj rozkłada się na dwie boczne chyżości czyli siły BD i BE, z których pierwsza przechodzi przez oba środki ciężkości, druga zaś BE jest do pierwszéj prostopadłą. Uderzenie sprawia tutaj siła BD, tak jak gdyby ona tylko sama istniała. Rezultatem tego uderzenia, gdy bile są równe, będzie oddanie całkowitéj chyżości BD bili uderzonéj; bila zaś pierwsza B pozostanie tylko przy chyżości czyli sile BE i będzie się téż w kierunku BF poruszać, gdy zaś druga bila uderzona, pobiegnie z siłą BD w kierunku linii BG. Jak przeto widzimy, kierunki po których bile po uderzeniu pójdą, zależą zupełnie od punktu w którym druga bila uderzoną została.

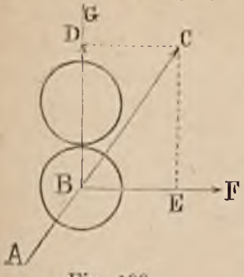


Fig. 199.

Drugi przypadek uderzenia ukośnego, przedstawia nam (Fig. 200), kiedy bila biegnie po linii AB i na bandę trafia. Tutaj znowu siła BC rozkłada się na dwie boczne siły, na BD prostopadłą do bandy i na siłę BE równoległą od téjże bandy. Uderzenie nastąpi tutaj w skutek saméj siły BD. Nieruchoma banda nie może w skutek uderzenia ustąpić, że zaś jest sprężystą, więc siła BD użytą zostanie do jéj zgniecenia, lecz natychmiast banda oddaje bili tę samą t. j. odebraną całkowitą siłę BD w kierunku odwrotnym BD'. Aby teraz znaleźć kierunek jaki weźmie bila, wystawmy równoległobok na sile BE (która żadnej zmianie nie uległa) i na sile BD', jako na siłach bocznych, a wypadkowa BC' wskaże nam kierunek w jakim obecnie pobiegnie bila.

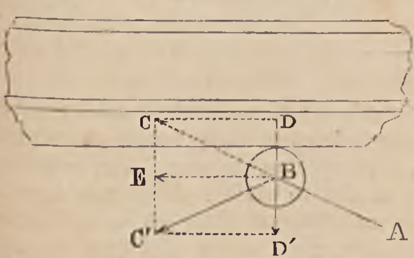


Fig. 200.

Jeżeli kąt będzie inny pod jakim uderza bila o bandę lub o drugą bilę, to w każdym takim przypadku zmieni się tylko forma równoległoboku, ale rzecz pozostanie ta sama. Z tego także wypływa, że bile zawsze pod tym samym kątem odskakują, pod jakim nastąpiło uderzenie. To prawo wyraża się zwykle w taki jeszcze sposób: *Kąt wpadnięcia, równa się kątowi odbicia.*

ROZDZIAŁ IX.

HYDRAULIKA

czyli o równowadze i ruchu ciał płynnych.

---

282. Ogólne definicye. Płyny różnią się od ciał stałych daleko mniéjszą spójnością swych cząstek, skutkiem czego nie posiadają swojéj własnéj formy, lecz przybierają formę ciał stałych, w których są zawarte. Ten właściwy im stan nazywa się *kroplisto-płynnym* i na nim to właśnie polega całe fizyczne zachowanie się płynów. Ciężkość działa na płyny tak samo jak na ciała stałe; jakieś ciało stałe, np. kolumna żelazna, ciśnie całym swym ciężarem na swoją podstawę, tak samo także zachowuje się i kolumna wody; gdy jednak ciała stałe nie sprawiają żadnego bocznego ciśnienia, w kolumnie wodnéj oprócz podstawy i otaczające ją ściany muszą wytrzymywać ciśnienie boczne, które się coraz bardziéj zwiększa od góry do dołu. Gdybyśmy porównali kolumnę wody bez ścian ją otaczających, z kolumną z gładkich kul złożoną, jeżeli ta druga nie mogłaby się utrzymać w kierunku pionowym, to tymbardziéj pierwsza, gdyż jéj cząstki składowe są jeszcze więcéj ruchome i łatwiéj ulegają ciśnieniu we wszystkich kierunkach. Ponieważ zaś każda cząstka płynu dźwiga na sobie ciężar wszystkich cząstek na niéj leżących, przeto ciężar ten musi oddziaływać na boki, i ztąd to pochodzi, że ciśnienie na ściany naczynia, zwiększa się w miarę wysokości kolumny wody.

Wyobraźmy sobie jakąś rurę napełnioną płynem, opatrzoną z obudwóch końców tłokami, szczelnie do ścian rury przylegającymi, jeżeli na ciężar wody nie zwrócimy uwagi. Jeżeli jeden z tłoków uciskać będziemy, to cała massa wody w rurze zawarta a nakoniec i drugi tłok ulegnie temu ciśnieniu; a jeżeli rura w całéj swojéj długości posiada jednaką średnicę, wtedy tłok drugi z tą samą siłą i chyżością cofać się będzie, z jaką siłą i chyżością tłok pierwszy posuwać się będzie. Może to być nawet rura niekoniecznie prosta, może być nawet w różnych kierunkach pogięta, a nawet może to być naczynie jakiéjkolwiek formy. Weźmy np. kulę pustą napełnioną wodą, w któréj wyobraźmy sobie dwa tłoki jednakowéj średnicy, to zjawisko będzie takie samo jak wyżéj, czy tłoki będą leżeć naprzeciwko siebie, czy też tuż obok siebie. Z tego doświadczenia wypływa konieczny wniosek, że ciśnienie działające na powierzchnię płynu w któremkolwiek miejscu, rozchodzi się we wszystkich jego kierunkach. To rozchodzenie się ciśnienia, jest wszędzie jednostajne; gdyż opatrzywszy ściany kuli dowolną liczbą otworów jednakiéj średnicy z klapami, albo téż tłokami, a przy każdym takim otworze, powtórzy się takie samo zjawisko. Gdybyśmy przeto na kuli umieścili cztéry tłoki jednakiéj średnicy i gdyby na jeden z nich działała siła 10 funtów, to każdy z pozostałych trzech tłoków będzie wypychany z tą samą siłą 10 funtów, czyli aby zapobiedz posuwaniu się reszty trzech tłoków, należałoby użyć przeciwnéj siły 30 funtów. Ponieważ zaś na każdy tłok działa siła równa 10 funtów, ztąd przeto wypada, że i na każdą powierzchnię kuli, równą przekrojowi tłoka, działa także siła 10 funtów. Jeżeli 4 tłoki w równowadze ze sobą będące, cisnąć będą na wewnątrz, to ciśnienie na ściany naczynia będzie wtedy poczwórne.

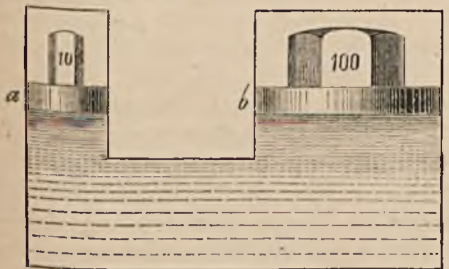


Fig. 201.

Z tego co się wyżéj powiedziało wypływa, że ciśnienie wywarte na jakąś część płynu, rozchodzi się z tą samą siłą, we wszystkich jego kierunkach, łatwo zatém dostrzedz jakie będą skutki owego ciśnienia, gdy tłoki będą miały nie jednakową średnicę.

Niechaj tłok *a* (Fig. 201) ma 10 razy mniéjszy przekrój od tłoka *b* i niechaj na tłok *a* ciśnie ciężar równy 10 funtów, to ciśnienie od *a* przeniesie się na *b* w taki sposób, że na każdą powierzchnię tłoka *b* równą powierzchni *a* cisnąć będzie z dołu 10 funtów, czyli na cały spód tłoka *b* cisnąć będzie 100 funtów i tłoki te pozostaną w równowadze. Można także odwrotnie powiedzieć, że ciężar 100 funtów spoczywający na tłoku *b*, utrzyma w równowadze tłok *a* obciążony tylko 10 funtami.

Dwa albo więcéj naczyń połączonych z sobą w taki sposób, że płyn z jednego może przechodzić do innych, nazywają się *naczyniami spółkującemi* albo *komunikującemi*. Takie właśnie naczynie przedstawia nam Figura 201. W naczyniach tego rodzaju zachowują się płyny tak samo jak w naczyniu pojedyńczém, to jest przechodzą wtedy w spoczynek czyli w równowagę, gdy ich całkowita powierzchnia znajduje się na płaszczyźnie pozioméj. Wszystko tu jest jedno jakąkolwiek formę i objętość mają owe naczynia. Na fig. 201 nawet po zdjęciu ciężarów, woda ten sam stan poziomu zatrzyma.

Na téj zasadzie rurek spółkujących, urządzają się wodoskazy przy kotłach parowych, tendrach i t. p.

Jeżeli zaś w rurkach czyli naczyniach spółkujących znajdować się będą dwa różne płyny różnego ciężaru gatunkowego, np. w jedném ramieniu woda a w drugiém zaś merkuryusz, to ich powierzchnie w czasie równowagi, nie będą na jednym poziomie leżéć, bo płyn cięższy tyle razy znajdować się będzie niżéj, ile razy większy jest jego ciężar gatunkowy, to jest mają się wtedy do siebie wysokości słupów w stosunku odwrotnym z ciężarów. Ponieważ rtęć czyli merkuryusz cięższy jest od wody 13,59 razy, przeto w rurce dwuramiennéj, słupek rtęci na 1 decymetr wysoki, utrzyma w równowadze słup wody 13,59 decymetrów wysoki, w drugiém ramieniu zawarty. Tym sposobem można w przybliżeniu oznaczać ciężary gatunkowe rozmaitych płynów.

1) *Ciśnienie wody na dno naczynia*, równa się ciężarowi słupa wody, mającego za podstawę dno naczynia, a za wysokość odległość dna od zwierciadła wody. Nadmienia się przytém, że naczynie może miéć jednakie przekroje od dołu do góry, lub od dołu większe a od góry mniéjsze; lub też odwrotnie.

Przykład. Jak wielkie jest ciśnienie wody na dno zbieralnika, gdy powierzchnia dna równa się 4,5 metrów □, a wysokość zbieralnika 2 metry wynosi?

Objętość słupa wody, cisnącego na dno naczynia $= 4{,}5 \times 2 = 9^{\mathrm{m}}$ kub. Ciężar tego słupa, czyli ciśnienie na dno (ponieważ 1 metr kub. wody waży 1000 kilogr.) wynosi $1000 \times 9 = 9000^{\mathrm{kil.}}$

2) *Ciśnienie na płaską ścianę naczynia* działa prostopadle do téjże ściany, czyli w kierunku normalnym, czy ta ściana będzie pionową czy też ukośną i równa się ciężarowi słupa mającego za podstawę ścianę, a za wysokość odległość pionową środka ciężkości téj ściany od zwierciadła wody.

Przykład. Jak wielkie jest ciśnienie na upust 5 metrów szeroki, zanurzony na 2,2 metry w wodzie i jak wielkie jest ciśnienie na prostokątne stawidło, mające 0,4 metra □ powierzchni, którego środek ciężkości leży 0,3 metra od dna?

Ciśnienie na upust $1000 \times 5 \times 2{,}2 = 12100$ kilogr.
Odległość środka ciężkości stawidła
od poziomu wody. . . . . $2{,}2 - 0{,}3 = 1{,}9$ metrów.
Zatém ciśnienie na stawidło $1000 \times 0{,}4 \times 1{,}8 = 720$ kilogramów.

3) *Ciśnienie na krzywą ścianę naczynia.* Robi się rzut powierzchni krzywéj zakrytéj wodą na płaszczyznę prostopadłą do kierunku ciśnienia, to ciśnienie na ten rzut, równać się będzie ciśnieniu na krzywą ścianę.

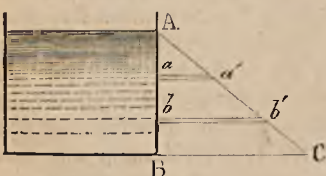


Fig. 202.

4) *Środek ciśnienia na ścianę naczynia.* Na każdą cząsteczkę ściany, ciśnienie wywiera swój skutek. Te siły mają siłę średnią. Punkt przyczepienia owéj średniéj siły, nazywa się środkiem ciśnienia na ścianę. Wystawmy sobie na pojedyńczych cząsteczkach powierzchni a, b . . . ściany AB (F. 202) graniastosłupki wystawione prostopadle do ściany, których wysokością jest odległość cząstek od poziomu wody, to ciężary tych graniastosłupków, wyrażać będą ciśnienie na owe cząsteczki powierzchni. Górne końce a', b' . . . . . tych graniastosłupków, leżą na płaszczyznie AC. Pomiędzy płaszczyzną AC a ścianą naczynia AB leży graniastosłup wody, przedstawiający ciśnienie na całą ścianę. Środek ciśnienia znajdować się będzie w środku ciężkości tego graniastosłupa.

Gdy ściana jest prostokątna, środek ciśnienia znajdować się będzie o $\frac{2}{3}$ pod liniją wodną na wysokości oblanéj ściany.

5) *Waga niwellacyjna czyli waga wodna.* Przyrząd ten, jest to rura mosiężna pozioma, któréj końce opatrzone są pionowemi rurkami szklanemi. Ta rura ustawiona jest na trójnogu w środku swéj ciężkości, około którego może odbywać ruchy poziome. Nalawszy do rury wody, tak aby się w szkiełkach pokazała, to poziom wody w obudwóch ramionach wzniesie się do jednakiéj wysokości. Jeżeli teraz w kierunku tych zwierciadeł wody patrzeć będziemy na łatę, ustawioną pionowo w pewnéj odległości od wagi wodnéj, to punkt dostrzeżony na łacie, będzie się znajdował na tym samym poziomie co i woda w rurkach wagi niwellacyjnéj. Zmierzywszy następnie odległości punktu na łacie i oka od ziemi, to różnica obu odległości będzie wyrażać wysokość miejsca (np. spadek kanału).

6) *Tłocznia hydrostatyczna.* Prawo, że ciśnienie wody przy téj saméj wysokości ciśnienia jest proporcyonalne uciskanym powierzchniom, dało zasadę do zbudowania bardzo pożytecznéj machiny, nazywanéj tłocznią hydrostatyczną. Budowę téj machiny, przedstawia (Fig. 203).

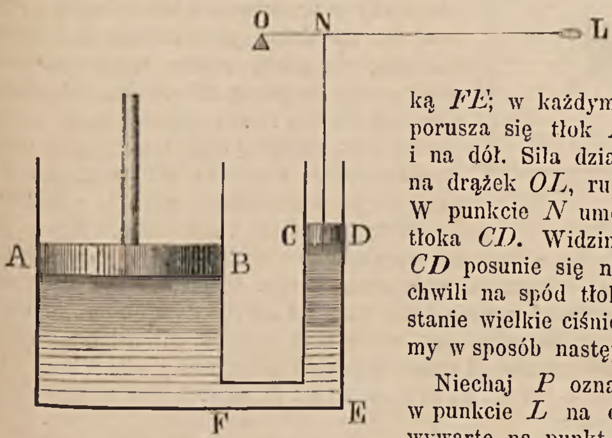


Fig. 203.

CE i AF są to dwa puste walce połączone z sobą rurką FE; w każdym z tych cylindrów porusza się tłok AB i CD do góry i na dół. Siła działa przy punkcie L na drążek OL, ruchomy w punkcie O. W punkcie N umocowany jest trzon tłoka CD. Widzimy tutaj że gdy tłok CD posunie się na dół, w téj saméj chwili na spód tłoka AB wywarte zostanie wielkie ciśnienie, które znajdziemy w sposób następujący:

Niechaj P oznacza siłę działającą w punkcie L na drążek, p ciśnienie wywarte na punkt N lub na tłok CD, f niechaj oznacza powierzchnię tłoka CD, zaś F powierzchnię tłoka AB, Q ciśnienie na tłok AB działające w górę, to dla drążka OL otrzymamy:

$$P : p = ON : OL \, .$$

Ze względu zaś na ciśnienie jakiemu ulegają oba tłoki, mamy:

$$p : Q = f : F.$$

złączywszy z sobą te dwie proporcye, otrzymamy:

$$P : Q = ON.\, f : OL.\, F.$$

a ztąd znajdziemy: $Q = P.\, \frac{F}{f} \,.\, \frac{OL}{ON}$.

Przy pomocy téj formuły znajdziemy szukane ciśnienie na spód tłoka AB. Weźmy za przykład że przy L działa siła jednego człowieka $=$ 60 funtów $= P$, średnica cylindra małego $=$ 1 cal, większego 20 cali, a stosunek $\frac{ON}{OL} = \frac{1}{10}$, zatém $\frac{OL}{ON} = 10$, to powierzchnia małego tłoka$=$

$\frac{1}{4}\pi = 0{,}785$ cala □, a powierzchnia tłoka większego $= \frac{\pi}{4} . 400 =$ 314 cali □, zatém $\frac{F}{f} = \frac{314}{0{,}785} = 400$, a te wartości wstawiwszy w powyższe równanie, otrzymamy:

$$Q = 60 . 400 . 10 = 240000 \text{ funtów} = 2400 \text{ centnarów};$$

a zatém jeden człowiek, działający na koniec drążka L z siłą 60 funtów, wywiera ciśnienie na tłok AB równe 2400 centnarów.

283. O zanurzaniu się ciał stałych w wodzie. Mamy tutaj wyśledzić warunki pod jakiemi odbywa się równowaga ciał zanurzonych w wodzie.

Fig. 204.

Niechaj Q oznacza ciężar ciała zanurzonego w wodzie (Fig. 204), forma tego ciała, jest rownoległościanem; $abcd$ jest miejsce jakie to ciało w wodzie zajmuje na przypadek równowagi, to na to ciało działać będą różne siły w przeciwnych kierunkach; a mianowicie: na dolną powierzchnię cd działa ciśnienie do góry, równe ciężarowi słupa wody $mcdn$; na górną zaś powierzchnię działa ciśnienie na dół, równe słupowi wody $mabn$; oprócz tego ciężar Q ciała zanurzonego także dzaiła na dół. Ciśnienia sił bocznych nie należy brać w rachunek, gdyż te wzajemnie się znoszą. Mając takie dane, łatwo już znajdziemy równanie dla równowagi ciała zanurzonego. Niechaj f wyraża powierzchnię górną ab i dolną cd ciała zanurzonego, to ciśnienie w kierunku pionowym do góry na powierzchnię dolną $= 56{,}4 . f . mc$, a na powierzchnię górną $= 56{,}4 f . ma$; na przypadek równowagi summa sił działających na dół, musi się równać summie sił działających do góry, mamy więc:

$$Q + 56{,}4 . f . ma = 56{,}4 . f . mc.$$

Zkąd znajdziemy:

$$56{,}4 f . (mc - ma) = 56{,}4 . f . ac = Q,$$

to jest, że ciało stałe Q wypychane jest do góry przez siłę równą ciężarowi wody wypchniętéj przez ciało zanurzone. Z tego więc wypływa, że każde ciało stałe zanurzone w wodzie, tyle traci na swoim ciężarze, ile waży woda przez to ciało wypchnięta. Prawo to nazywa się prawem *Archimedesa*, który pierwszy takowe odkrył. Powyższe równanie pokazuje daléj, że ciało Q w miejscu $abcd$ może tylko wtedy utrzymać się w równowadze, jeżeli ma jednaki ciężar gatunkowy z wodą; jeżeli bowiem ciężar ciała Q jest większy od ciężaru wody, to wtedy:

$Q > 56{,}4 . f . ac$ czyli, że ciało z siłą

$Q - 56{,}4 . f . ac$ utonie, czyli spadnie na dno naczynia.

Jeżeli zaś ciało ma cokolwiek mniéjszy ciężar gatunkowy aniżeli woda, to będzie:

$$56{,}4 . f . ac > Q,$$

czyli że ciało z siłą $56{,}4 . f . ac - Q$ wypłynie na wierzch; i ten przypadek widzimy na drzewie, które zawsze pływa po powierzchni wody.

284. Głębokość zanurzenia ciał pływających. Ciało lżéjsze od wody jak np. drzewo, pływa po jéj powierzchni; ale tę własność można także nadać i ciałom gatunkowo cięższym od wody, jeżeli tylko odpowiednią formę posiadać będą. Każdemu wiadomo że kula blaszana pusta, parostatek żelazny, a nawet okręt wojenny opancerzony grubemi tafłami żelaza, pływają po wodzie, choć ciężar gatunkowy żelaza, większy jest od ciężaru gatunkowego wody; przyczyna tego jest bardzo widoczna, że kula, parostatek i pancernik dotąd zanurzać się będą w wodzie, dopóki wypchnięta jéj massa nie zrównoważy się z przedmiotem zanurzanym. Chcąc znaleźć głębokość zanurzenia ciała wewnątrz pustego, musimy odwołać się do prawidła, że ciężar ciała pływającego, równa się ciężarowi wypchniętéj przez toż ciało wody.

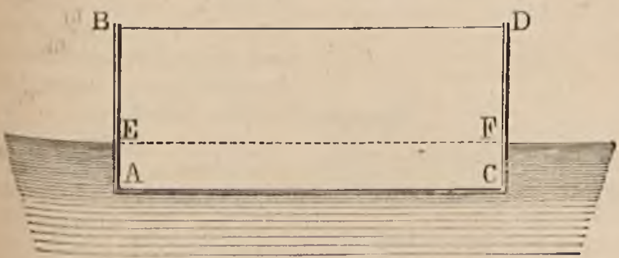


Fig. 205.

Opierając się na tém prawidle, dla lepszego wyjaśnienia przedmiotu postaramy się na paru przykładach oznaczyć głębokość zanurzenia się ciała.

1) *Weźmy równoległościan np. skrzynię z desek* zrobioną $ACDB$ (Fig. 205), któréj długość $AC = L$, szerokość $= B$, jéj wysokość $AB = H$, grubość desek $= d$, ciężar gatunkowy drzewa $= e$, a głębokość zanurzenia $AE = FC = x$. Zatém ciężar dna skrzyni $= L . B . d . e$; ciężar obydwóch ścian bocznych po kierunku linii $AC = 2 . L . H . d . e$, i ciężar obydwóch ścian bocznych po kierunku szerokości skrzyni $= 2 B.H.d.e$, nakoniec ciężar wypchniętéj wody $= \gamma . L . B . x$, gdzie γ oznacza ciężar gatunkowy wody. Na zasadzie więc powyższego prawidła, otrzymamy równanie;

$$L . B . d . e + 2 L . H . d . e + 2 B . H . d . e = \gamma . L . B . x,$$

a ztąd otrzymamy wartość na

$$x = \frac{L . d . e (B + 2 H) + 2 B . H . d . e}{L . B . \gamma} .$$

Przykład. Niechaj $L = 10'$, $B = 3'$, $H = 1{,}5'$, $d = \frac{1}{2}'' = \frac{1}{6}'$, $e = 33$ funtów, to $\frac{e}{\gamma} = \frac{33}{56{,}4} = \frac{4}{7}$ blisko, a podstawiając te wartości w powyższe równanie, otrzymamy:

$$x = \frac{4}{7} . \frac{10 + \frac{3}{2}}{30} = \frac{46}{210} = 0{,}22 \text{ stopy} = 2{,}64 \text{ cali},$$

t. j. że skrzynia na (Fig. 205) wyobrażona, pod własnym ciężarem zanurzy się w wodzie 2,64 cali. Jeżeli jednak ta skrzynia, obciążona będzie jakim ładunkiem, jak to ma miéjsce na galarach, berlinkach, gabarach i t. p., w takim razie do ciężaru statku należy jeszcze dodać ciężar ładunku. Będziemy więc mieli równanie:

$$L . d . e (B + 2 H) + 2 B . H . d . e . + P = L . B . \gamma . x$$

gdzie P oznacza ciężar ładunku, zatém:

$$x = \frac{L \,.\, d \,.\, e\,(B + 2\,H) + 2\,B \,.\, H \,.\, d \,.\, e + P}{L \,.\, B \,.\, \gamma} \,.$$

Zatrzymajmy wszystkie powyższe wymiary i weźmy np. że $P = 2000$ funtów, to podstawiając wartości liczebne w powyższe równanie, otrzymamy:

$$x = \frac{330 + 49{,}5 + 2000}{1692} = 1{,}5 \text{ stopy blisko, czyli } 18 \text{ cali.}$$

A ponieważ sama skrzynia zanurza się cali 2,64, więc pod ładunkiem 2000 funtów zanurzy się taż skrzynia: $(18 - 2{,}64) = 15{,}36$ cali.

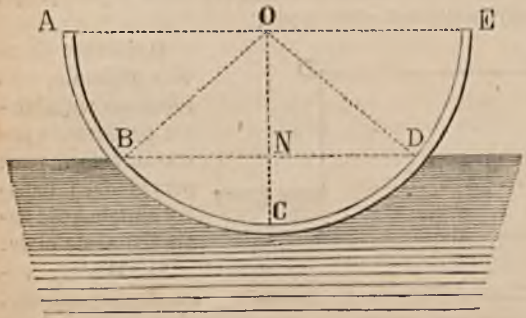


Fig. 206.

2) *Głębokość zanurzenia wewnątrz pustéj półkuli.* Figura 206 przedstawia półkulę pustą, któréj środek znajduje się w punkcie O, promień części pustéj $= r$, a promień zewnętrzny $= R$; jeżeli jeszcze weźmiemy ciężar gatunkowy materyału z którego wyrobioną jest półkula $= e$, to ciężar jéj będzie się równać:

$$(1) \quad \frac{2}{3}\pi R^3 . e - \frac{2}{3}\pi r^3 e = \frac{2}{3}\pi e\,(R^3 - r^3).$$

Aby teraz obliczyć ciężar wypchniętéj wody, musimy wprzódy obliczyć objętość odcinka kuli BDC, którą łatwo wynajdziemy, odejmując od wycinka kuli $ODCB$ ostrokręg ODB. Jeżeli uczynimy wysokość odcinka $CN = x$ która jest zarazem głębokością zanurzenia, to $NO = R - x$, a zatém promień podstawy ostrokręgu, będzie:

$$BN = \sqrt{2R\,x - x^2}\,.$$

Jak wiadomo powierzchnia wycinka $BCD = 2\pi\, R x$, zatém objętość wycinka kulistego $BODC = 2\,\pi\,.\,R\,.\,x\,\frac{R}{3}$, nakoniec objętość ostrokręgu $BDO = \frac{\pi\,(R - x)}{3}\,(2\,R\,x - x^2)$, a odejmując od siebie te dwie objętości, otrzymamy szukaną objętość odcinka kuli:

$$BDCB = \frac{2}{3}\,\pi R^2\, x - \frac{1}{3}\,\pi\,(R - x)\,(2\,R\,x - x^2)\,.$$

Mnożąc jeszcze tę objętość przez ciężar gatunkowy wody $= \gamma = 56{,}4$, to otrzymamy ciężar wypchniętéj wody; porównawszy powyższy wypadek z rezultatem pod (1), otrzymamy równanie:

$$3\,\pi\; e\,(R^3 - r^3) = \frac{2}{3}\,\gamma\,\pi\,R^2\;x - \frac{1}{3}\,\gamma\,\pi\,(R - x)\,(2\,R\,x - x^2)\,,$$

a po dokładnéj redukcyi, otrzymamy:

$$2e\,(R^3 - r^3) = \gamma\,(3\,R\,x^2 - x^3)\,,$$

uporządkowawszy równanie, otrzymamy:

$$(2)\ x^3 - 3\,R\,x^2 + \frac{2e}{\gamma}\,(R^3 - r^3) = 0\,.$$

Przykład. Półkula niechaj będzie wykonana z blachy żelaznéj 2 linije grubéj, promień zewnętrzny $R = 1'$, promień wewnętrzny $r = 142$ linij $= 0{,}986$ stopy, ciężar gatunkowy żelaza $e = 422$ *tt.*, następnie $\frac{e}{\gamma} = \frac{422}{56{,}4} = 7{,}5$, nakoniec $(R^3 - r^3) = 0{,}0415$, to podstawiając te wartości w ostatnie równanie (2), otrzymamy:

$$x^3 - 3\,x^2 + 15\,.\,0{,}0415 = 0 \text{ lub } x^3 - 3\,x^2 + 0{,}62225 = 0\,.$$

Wstawiając w to równanie stopnia 3-go za $x = \frac{1}{2}$, znajdziemy:

$$0{,}125 - 0{,}75 + 0{,}6225 = 0{,}7475 - 0{,}75$$

który to wypadek równa się prawie 0 (zero); można więc $x = \frac{1}{2}$ uważać za pierwiastek tego równania, t. j. że półkula żelazna, zanurzy się w wodzie na $\frac{1}{2}$ stopy. Jeżeli jednak półkula obciążoną jeszcze zostanie ciężarem P, to ciężar ten należy dodać do ciężaru półkuli, i dopiéro z powyższego równania wartość na x wynaleźć.

285. O wypływie wody przez otwory przy stałéj wysokości ciśnienia czyli spadku. 1) *Chyżość wypływu. Wysokość ciśnienia.* Zrobiwszy otwór w dnie (łotoku) albo w ścianie zbieralnika, to woda nad otworem leżąca, w skutek własnego ciężaru, jako też w skutek ciężaru innych warstw również nad otworem leżących, będzie wypychaną przez tenże otwór na zewnątrz. Odległość środka ciężkości otworu do poziomu wody nazywa się *wysokością ciśnienia* albo *wysokością spadku* (Fig. 207 *a* i *b*). Przy zatopionym otworze, wysokością ciśnienia (spadku) będzie odległość pionowa pomiędzy poziomami wody, dwóch przyległych sobie zbiorników (Fig. 207. *c*).

Jeżeli powierzchnia wody w naczyniu wystawiona jest na ciśnienie zewnętrzne, np. na ciśnienie tłoku w cylindrze, to takiemu ciśnieniu odpowiada wysokość słupa wodnego, którego ciężar równa się owemu ciśnieniu, a którego przekrój, równa się powierzchni tłoka. Wysokość tego słupa wody, powiększona głębokością otworu pod tłokiem, będzie wysokością ciśnienia.

Jeżeli woda, pod ciśnieniem 1,5 atmosfer wpływa do przestrzeni, w któréj jest ciśnienie 0,6 atmosfery, to różnica tych ciśnień $= 0{,}9$ atmosfery. Że zaś wysokość słupa wody, posiadającego ciśnienie 1 atm. $= 10{,}33^m$, przeto wysokość słupa wody cisnącego z siłą 0,9 atm. będzie:

$$0{,}9 \times 10{,}33 = 9{,}297^m.$$

Wysokość więc ciśnienia czyli spadku w tym razie będzie $h + 0{,}297$ metrów.

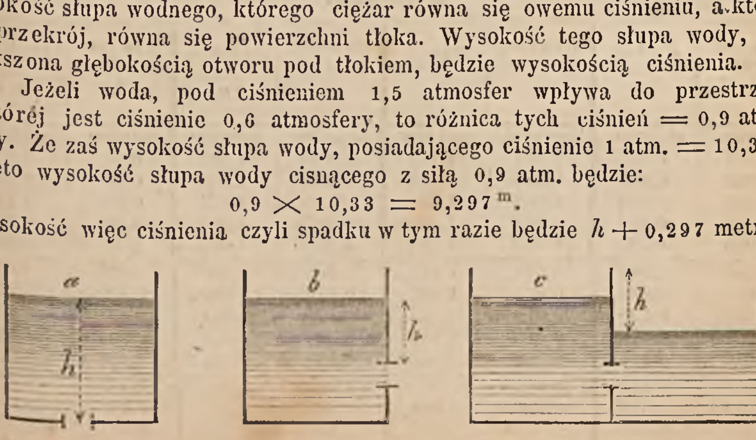


Fig. 207.

2) *Teoretyczna chyżość wypływu.* Chyżość z jaką woda (lub inna ciecz) wypływa otworem naczynia, teoretycznie równa się chyżości jaką ciało przy wolném spadaniu nabywa, kiedy spada z wysokości, równéj wysokości ciśnienia. A zatém mają się do siebie chyżości wypływów przy różnych wysokościach spadków czyli ciśnień, jak pierwiastki kwadratowe z wysokości tychże ciśnień czyli spadków.

W przypadkach *a* i *c* (Fig. 207), jest wysokość ciśnienia dla każdego punktu w otworze ta sama, a zatém i chyżości dla każdego punktu jednakie. Ale w przypadku *b* (Fig. 207) dla pojedyńczych punktów otworu są rozmaite wysokości ciśnienia, a zatém i różne chyżości. Jeżeli wysokość otworu bocznego jest mała, to chyżości bardzo mało różnią się pomiędzy sobą, i można je uważać za chyżość średnią taką jaką ma środek ciężkości otworu.

Niechaj będzie v teoretyczna chyżość wypływu na 1 sekundę, i $g = 9{,}808^{\,m}$ chyżość po pierwszéj sekundzie przy wolném spadaniu ciał, to będzie

$$v = \sqrt{2\,g\,h}\,, \quad \text{zaś } h = \frac{v^2}{2\,g}\,.$$

Wartości na g podaliśmy już wyżéj w rozmaitych miarach krajowych, wartości zaś na v znajdują się w poniżéj załączającéj się tablicy. Tablica ta ma w praktyce bardzo wielką ważność, gdyż znając tylko spadek wody, w tablicy znajdujemy odpowiednią mu prędkość.

3) *Rzeczywistą chyżość wypływu.* Jest ona skutkiem tarcia wody o ściany otworu nieco mniéjsza od teoretycznéj, podług Weisbacha w stosunku 0,958 : 1 przy wysokości ciśnienia 0,3 ^{m}. Przy takiéj więc wysokości ciśnienia należy wielkość $\sqrt{2\,g\,h}$ pomnożyć przez 0,958, aby otrzymać rzeczywistą chyżość. Czynnik ten nazywa się spółczynnikiem chyżości. Podług Weisbacha:

dla wysokości ciśnienia	0,3 ^{m}	1,5 ^{m}	3 ^{m}	117 ^{m}
Spółczynnik chyżości . . .	0,958	0,969	0,975	0,988

Tablica obejmująca wysokości spadków i odpowiadające im chyżości wypływów.

Wysokość spadku h	Chyżość v	Wysokość spadku h	Chyżość v	Wysokość spadku h	Chyżość v	Wysokość spadku h	Chyżość v
metrów	metrów	metrów	metrów	metrów	metrów	metrów	metrów
0,001	0,140	0,062	1,102	0,180	1,880	0,36	2,657
0,002	0,200	0,064	1,122	0,185	1,905	0,37	2,693
0,003	0,242	0,066	1,138	0,190	1,931	0,38	2,729
0,004	0,279	0,068	1,155	0,195	1,958	0,39	2,764
0,005	0,312	0,070	1,171	0,200	1,981	0,40	2,801
0,006	0,343	0,072	1,188	0,205	2,006	0,41	2,835
0,007	0,366	0,074	1,205	0,210	2,030	0,42	2,866
0,008	0,395	0,076	1,222	0,215	2,054	0,43	2,903
0,009	0,420	0,078	1,237	0,220	2,078	0,44	2,936
0,010	0,447	0,080	1,253	0,225	2,101	0,45	2,970
9,012	0,488	0,082	1,271	0,230	2,124	0,46	3,002
0,014	0,527	0,084	1,283	0,235	2,147	0,47	3,035
0,016	0,560	0,086	1,300	0,240	2,170	0,48	3,067
0,018	0,594	0,088	1,304	0,245	2,187	0,49	3,099
0,020	0,629	0,090	1,330	0,250	2,215	0,50	3,131

Wysokość spadku h	Chyżość v	Wysokość spadku h	Chyżość v	Wysokość spadku h	Chyżość v	Wysokość spadku h	Chyżość v
metrów	metrów	metrów	metrów	metrów	metrów	metrów	metrów
0,022	0,658	0,092	1,343	0,255	2,244	0,51	3,162
0,024	0,687	0,094	1,358	0,260	2,259	0,52	3,194
0,026	0,714	0,096	1,372	0,265	2,279	0,53	3,225
0,028	0,740	0,098	1,386	0,270	2,298	0,54	3,254
0,030	0,765	0,100	1,400	0,275	2,323	0,55	3,284
0,032	0,793	0,105	1,435	0,280	2,344	0,56	3,313
0,034	0,816	0,110	1,470	0,285	2,365	0,57	3,342
0,036	0,840	0,115	1,498	0,290	2,384	0,58	3,371
0,038	0,864	0,120	1,536	0,295	2,406	0,59	3,401
0,040	0,885	0,125	1,566	0,300	2,429	0,60	3,429
0,042	0,908	0,130	1,600	0,305	2,446	0,61	3,458
0,044	0,929	0,135	1,628	0,310	2,466	0,62	3,486
0,046	0,950	0,140	1,658	0,315	2,487	0,63	3,514
0,048	0,970	0,145	1,688	0,320	2,506	0,64	3,543
0,050	0,990	0,150	1,715	0,325	2,525	0,65	3,571
0,052	1,010	0,155	1,744	0,330	2,544	0,66	3,589
0,054	1,029	0,160	1,771	0,335	2,563	0.67	3,616
0,056	1,048	0,165	1,800	0,340	2,579	0,68	3,652
0,058	1,066	0,170	1,827	0,345	2,596	0,69	3,679
0,060	1,085	0,175	1,853	0,350	2,620	0,70	3,705
0,71	3,732	1,55	5,576	3,55	8,345	5,60	10,482
0,72	3,759	1,60	5,603	3,60	8,404	5,70	10,576
0,73	3,784	1,65	5,690	3,65	8,463	5,80	10,667
0,74	3,810	1,70	5,775	3,70	8,520	5,90	10,760
0,75	3,836	1,75	5,859	3,75	8,577	6,00	10,850
0,76	3,859	1,80	5,943	3,80	8,634	6,10	10,940
0,77	3,887	1,85	6,024	3,85	8,690	6,20	11,027
0,78	3,912	1,90	6,106	3,90	8,747	6,30	11,118
0,79	3,937	1,95	6,185	3,95	8,803	6,40	11,206
0,80	3,960	2,00	6,264	4,00	8,857	6,50	11,293
0,81	3,987	2,05	6,342	4,05	8,914	6,60	11,380
0,82	4.011	2,10	6,419	4,10	8.968	6,70	11,465
0,83	4,035	2,15	6,494	4,15	9,023	6,80	11,552
0,84	4,060	2,20	6,570	4,20	9,078	6,90	11,635
0,85	4,084	2,25	6,644	4,25	9,131	7,00	11,720
0,86	4,107	2,30	6,727	4,30	9,184	7,10	11,803
0,87	4,138	2,35	6,790	4.35	9,239	7,20	11,886
0,88	4,155	2,40	6,862	4,40	9,291	7,30	11,968
0,89	4,179	2,45	6,933	4,45	9,344	7,40	12,050
0,90	4,202	2,50	7,003	4,50	9,395	7,50	12,131
0,91	4,225	2,55	7,072	4,55	9,448	7,60	12,211
0,92	4,238	2,60	7,142	4,60	9,499	7,70	12,291
0,93	4,269	2,65	7,210	4,65	9,551	7,80	12,371
0,94	4.294	2,70	7,287	4,70	9,603	7,90	12.450
0,95	4,317	2,75	7,345	4,75	9,654	8,00	12,528
0,96	4,340	2.80	7,412	4,80	9,704	8,10	12,606
0,97	4,359	2,85	7,477	4,85	9,747	8,20	12,684
0,98	4,385	2.90	7,543	4,90	9,805	8,30	12,761
0,99	4,407	2,95	7,607	4,95	9,857	8.40	12,838
1,00	4,430	3,00	7,672	5,00	9,904	8,50	12,915

Wysokość spadku h	Chyżość v	Wysokość spadku h	Chyżość v	Wysokość spadku h	Chyżość v	Wysokość spadku h	Chyżość v
1,05	4,539	3,05	7,736	5,05	9,954	8,60	12,990
1 10	4,645	3,10	7,798	5,10	10,003	8,70	13,065
1,15	4,750	3,15	7,861	5,15	10,052	8,80	13,140
1,20	4,851	3,20	7,924	5,20	10,100	8,90	13,215
1,25	4,952	3,25	7,985	5,25	10,149	9,00	13,290
1,30	5,050	3 30	8,046	5,30	10,197	9,20	13,435
1,35	5,147	3,35	8,106	5,35	10,245	9,40	13,580
1,40	5,241	3,40	8,167	5,40	10,293	9,60	13,726
1,45	5,334	3,45	8,226	5,45	10,341	9,80	13,860
1,50	5,425	3,50	8,286	5,50	10,388	10,00	14,006

4) *O teoretycznéj ilości wody*. Strumień albo żyłę wody, która w jednéj sekundzie czasu przepłynęła przez otwór naczynia, można sobie zawsze wyobrazić jako bryłę mającą kształt walca lub graniastosłupa, którego przekrojem jest otwór naczynia, a dlugością chyżość w jednéj sekundzie czasu.

Niechaj s będzie przekrojem otworu, M ilością wody w sekundzie czasu, to:

$$M = s\,v \text{ lub } M = s\sqrt{2\,g\,h}\,.$$

5) *Zwężenie żyły wodnéj i rzeczywista ilość wypływu.* Pojedyńcze promienie stanowiące żyłę wody wypływającéj ze zbiornika, zbliżając się do otworu zbaczają zawsze z prostego swojego kierunku, w skutek czego za otworem tworzy się tak nazwana *kontrakcya* czyli *zwężenie żyły*, albo jeszcze inaczéj *ściśnienie żyły płynącéj*. Podług Weisbacha, w odległości równéj połowie szerokości otworu, przypada najmocniéjsze ściśnienie żyły, a grubość jéj $ab = 0{,}8$ średnicy otworu AB. Zatém przekrój żyły wodnéj w ab będzie tylko $0{,}8 \times 0{,}8 = 0{,}64$ przekroju otworu. Taki stosunek zachodzący między przekrojem ściśnionéj żyły wodnéj a otworem naczynia, nazywa się *spółczynnikiem ściśnienia.*

W skutek owego ściśnienia jako téż i tarcia wody o ściany naczynia, rzeczywista ilość wypływu wody zawsze jest mniéjszą od teoretycznéj. Jeżeli ściśnienie żyły zmniejsza chyżość z 1 na 0,64, a tarcie z 1 na 0,96, to całkowity ubytek chyżości z 1 zredukuje się do $0{,}64 \times 0{,}96 = 0{,}6208$. Ten stosunek pomiędzy rzeczywistą a teoretyczną ilością wody, nazywa się: *spółczynnikiem wypływu.*

Jeżeli spółczynnik wypływu $= 0{,}62$ to znaczy, że ze 100 części któreby wypłynęły na zewnątrz gdyby nie było ściśnienia żyły wodnéj i tarcia o ściany, wypłynie tylko 62 części z ilości przez teoryę wskazanéj. A zatém prawdziwa ilość wypływu czyli wydatku $= 0{,}62\,.\,s\sqrt{2\,g\,h}\,.$

Spółczynnik wypływu czyli wydatku zależnym jest od położenia otworu odnośnie do ścian naczynia, od wysokości ciśnienia czyli od spadku, od grubości ściany, przez którą przepływa, od rur przystawionych do otworu naczynia i t. p. Jeżeli ściśnienie żyły odbywa się na całym obwodzie otworu, to takie *ściśnienie* nazywa się *zupełném.*

Spółczynniki dla otworów pionowych i prostokątnych w ścianach cienkich, przy całkowitém ściśnieniu i wypływie w powietrze, podług Ponceleta i Lesbrosa.

Wysokość wody po nad brzegiem górnym otworu.	Spółczynniki wypływu dla wysokości otworów od					
	0,20^m i wyżéj	0,10^m	0,05^m	0,03^m	0,02^m	0,01^m
0,005^m	—	—	—	—	—	0,705
0,010	—	—	0,607	0,630	0,660	0,701
0,015	—	0,593	0,612	0,632	0,660	0,697
0,020	0,572	0,596	0,615	0,634	0,659	0,694
0,030	0,578	0,600	0,620	0,638	0,659	0,688
0,040	0,582	0,603	0,623	0,640	0,658	0,683
0,050	0,585	0,605	0,625	0,640	0,658	0,679
0,060	0,587	0,607	0,627	0,640	0,657	0,676
0,070	0,588	0,609	0.628	0,639	0,656	0,673
0,080	0,589	0,610	0,629	0,638	0,556	0,670
0,090	0,591	0,610	0,629	0,637	0,655	0,668
0,100	0.592	0,611	0,630	0,637	0,654	0,666
0,120	0,593	0,612	0,630	0,636	0,653	0,663
0,160	0,596	0,614	0,631	0,634	0,650	0,658
0,200	0,598	0,615	0,630	0,633	0,648	0,655
0,250	0,599	0,616	0,630	0,632	0,646	0,653
0,300	0,600	0,616	0.629	0,632	0,644	0,650
0,400	0,602	0,617	0,628	0,631	0,642	0,647
0,500	0,603	0,617	0,628	0,630	0,640	0,644
0,700	0,604	0,616	0,627	0,629	0,637	0,640
0,900	0,605	0,615	0,626	0,628	0,634	0,635
1,100	0,604	0,614	0,625	0,627	0,631	0,629
1,300	0,603	0,613	0,622	0,624	0,625	0,622
1,500	0,602	0,611	0,620	0,620	0,619	0,615
1,700	0,602	0,610	0,617	0,616	0 615	0,612
1,900	0,601	0,608	0,614	0,613	0,612	0,611
3,000	0,601	0,603	0,606	0,608	0,610	0,609 .

Spółczynniki dla otworów okrągłych w dnie czyli łotoku naczynia, przy zupełném ściśnieniu żyły.

Stosunek między spadkiem a średnicą otworu	Spółczynnik wypływu	Stosunek między spadkiem a średnicą otworu	Spółczynnik wypływu
0,1 — 0,5	0,650	9	0,622
1	0,642	10	0,620
2	0,637	100	0,618
4	0,630	200 i	
6	0,625	wyżéj	0,615

Przykład 1. W ścianie pionowéj zbiornika znajduje się otwór prostokątny 0,6^m długi, 0,20^m wysoki; brzeg górny otworu leży pod poziomem

wody $1,2^m$. Ile wody tym otworem wypłynie w sekundzie czasu?

Spadek . . . . $1,2 + 0,5 \times 0,20 = 1,3^m$

Odpowiednia chyżość teoretyczna . . . . $= 5,050^m$

Przekrój otworu . . . . $s = 0,60 \times 0,20 = 0,12^m$ □

Spółczynnik wypływu dla odległości $1,2^m$ górnego brzegu otworu od poziomu wody i dla otworu $0,20^m$ wysokiego . . . . $= 0,604$

Zatém $M = 0,604$. $S\sqrt{2gh} = 0,604 \times 0,12 \times 5,05 = 0,366$ m. kub.

Przykład 2. Szluza posiada stawidło $1,3^m$ długie i $0,21^m$ szerokie, którego środek leży 3 metry niżéj od zwierciadła wody; ile potrzeba jest czasu do przepływu tym otworem 18 metrów kub. wody?

Podług poprzedniéj tabelli spółcz. wypływu $= 0,601$.

A zatém ilość wody w sekundzie $0,601.\ S\sqrt{2gh}$

$= 0,601 \times 1,3 \times 0,21 \times \sqrt{19,62} \times 1,3 = 1,259$ metrów kub.

a zaś czas przepływu dla 18 metrów kub. $= \frac{18}{1,259} = 14,3$ sekund.

Przykład 3. Do jakiegoś naczynia co sekunda przypływa wody 2,8 stóp kub.; jak wielką musi być średnica otworu gdy jéj środek ma leżéć 12 stóp pod zwierciadłem wody, aby taka sama ilość wody wypłynęła, jaka przypływa? (miary ang.)

Przypuszczamy, że wysokość ciśnienia czyli wysokość spadku jest 10 razy większa od średnicy otworu, wtedy spółczynnik wypływu $= 0,618$

A ponieważ przyśpieszenie . . . . $g = 32,1$ stóp

przeto formuła na ilość wody, daje nam:

$$S = \frac{M}{0,618 \times \sqrt{61,2} \times h} = \frac{2,8}{0,618\ \sqrt{61,2} \times 12} = 0,163 \text{ stóp } \square$$

A przeto średnica otworu $= 0,455$ stóp.

6) *Spółczynniki wypływu przy niezupełném ściśnieniu żyły wodnéj.* Jeżeli otwór wypływu, tak umieszczony jest w ścianie albo na dnie zbiernalnika, że 1, 2 albo 3 boki otworu stanowią przedłużenie w kierunku prostym ścian zbieralnika, wtedy ściśnienie żyły wodnéj bywa *niezupełne.* To ściśnienie niezupełne może mieć miejsce przy otworach prostokątnych na jednym, dwóch albo trzech bokach. Dla otrzymania spółczynnika wypływu przy ściśnieniu niezupełném, należy spółczynnik podany dla zupełnego ściśnienia, pomnożyć przez:

przy otworach prostokątnych	przy otworach okrągłych
$1 + 0,1523\ \frac{n}{p}$	$1 + 0,1279\ \frac{n}{p}$

gdzie p oznacza całkowity obwód otworu, a zaś n tę część otworu gdzie ściśnienie nie miało miéjsca.

Przykład. Niechaj długość prostokątnego otworu wynosi 2 metry, wysokość $0,3^m$, spółczynnik wypływu przy zupełném ściśnieniu żyły wodnéj 0,63; na krawędziach pionowych *ab* i *cd* niéma żadnego ściśnienia.

Fig. 208.

Obwód całego otworu:

$p = 2 \times 2^m + 2 \times 0{,}3^m = 4{,}6^m$

Część $ab + cd$ tegoż otworu

$n = 2 \times 0{,}3^m \qquad = 0{,}6^m$

Następnie stosunek

$$\frac{n}{p} = \frac{0{,}6}{4{,}6} = 0{,}13$$

A zatém spółczynnik wypływu $= 0{,}63\,(1 + 0{,}1523 \times 0{,}13) = 0{,}646$.

7) *Spółczynnik wypływu dla otworów stawidłowych prowadzących wodę na łotok.* *a*) Kiedy stawidło ustawione jest pochyło, i ściśnienie żyły wodnéj nie ma miéjsca ani na dnie, ani na bokach otworu, to podług Redtenbachera będzie: Spółczynnik wypływu $= 1 - 0{,}0043.\,a^0$, gdzie a oznacza kąt w stopniach, jaki czyni stawidło z kierunkiem poziomym.

Podług tego będzie:

dla $a =$	30^0	35	40	45	50	55	66	70
Spółczynnik wypływu $=$	0,87	0,85	0,83	0,81	0,78	0,76	0,74	0,70.

Stawidła pochyłe, jakie zwykle ustawiają się przy kołach wodnych, przepuszczają większą ilość wody od stawideł pionowych, i o tyle większą, im są więcéj pochylone.

b) Nachylenie łotoku większe albo mniéjsze, podług doświadczeń Bossuta, Ponceleta i Lesbrosa, nie wywiera widocznego wpływu na spółczynniki, gdy poziom wody po nad środkiem otworu nie jest niższym od:

$0{,}50^m$ do $0{,}60^m$ przy otworze od $0{,}15^m$ do $0{,}20^m$ wysokości,
0,30 do 0,40 ·0,10
0,20 0,05 i niżéj.

c) Dla mniéjszych spadków, od dopiéro co wskazanych, nachylenie łotoku, wywiera niejaki skutek na spółczynnika wypływu.

8) *Spółczynniki wypływu z walcowych przystawek.* Podług doświadczeń dokonanych przez Eitelweina z rurami walcowemi 0,026 metra średnicy, wypadły spółczynniki następujące:

Stosunek średnicy do długości rury.	Spółczynnik wypływu.
1 : 1 i niżéj	0,62
1 : 2 do 3	0,82
1 : 12	0,77
1 : 24	0,73
1 : 36	0,68
1 : 46	0,63
1 : 60	0,60.

9) *Spółczynniki wypływu przez rury stożkowe.* Rury stożkowe są tak przytwierdzone do naczynia, że średnice ich zwężają się coraz więcéj w miarę odległości od ścian naczynia. Następujące doświadczenia wykonał p. Castel z przystawkami, których długość była 2,6 razy większą od najmniejszéj średnicy.

Kąt zwężenia rury	Spółczynnik dla		Kąt zwężenia rury	Spółczynnik dla	
	Ilości wypływu	Chyżości wypływu		Ilości wypływu	Chyżości wypływu
0 stopni	0,829	0,830	20 stopni	0,921	0,973
2	0,872	0,870	22	0,915	0,974
4	0,903	0,902	24	0,910	0,975
6	0,924	0,924	26	0,904	0,976
8	0,937	0,940	28	0,898	0,977
10	0,943	0,950	30	0,894	0,978
12	0,946	0,958	35	0,882	0,980
14	0,943	0,964	40	0,870	0,981
16	0,939	0,969	45	0,857	0,983
18	0,930	0,972	50	0,843	0,986.

10) *Ilość wody przepływającéj przez przewał.* Jeżeli otwór prostokątny zbiornika A (Fig. 209) jest z góry otwarty, to taki otwór nazywa się *przewałem*; jego podstawa pozioma, nazywa się koroną albo *progiem przewału.* Przewał jest wtedy zupełnym, gdy zwierciadło wody odpływowéj leży poniżéj przewału.

Przy oznaczaniu stopnia skuteczności koła wodnego albo turbiny, należy z wszelką możliwą ścisłością, oznaczyć ilość przepływającéj wody. W tym celu urządza się sztuczny przewał w kanale, i opatruje się go ostrym, poziomym progiem ze ścianami pionowemi, a następnie oblicza się ilość przepływającéj wody w sposób następujący:

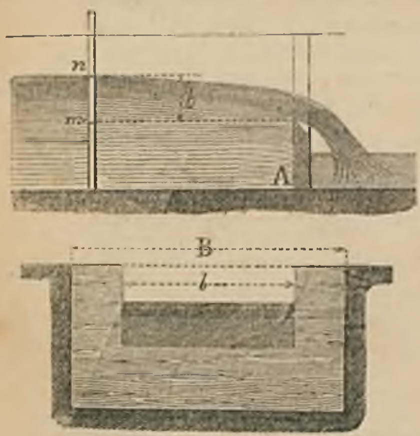


Fig. 209.

M niechaj oznacza ilość wody przepływającéj przez przewał w 1 sekundzie czasu, b szerokość przewału, B szerokość zbiornika albo kanału w którym umieszczony jest przewał, h = wysokości mn poziomu wody po nad progiem przewału, zmierzonéj w odległości 1—2 metrów poza przewałem, gdzie woda jest mniéj więcéj spokojna; lub téż wysokości słupa wody powstałego w rurce szklanéj umieszczonéj tuż za przewałem, z obydwóch końców otwartéj i sięgającéj prawie do dna zbiornika. Dla uniknienia oscyllacyj wody, rurka szklana w dolnym końcu jest nieco zwężona. A zatém bh będzie otworem, przez który woda przepływa, a zaś $\sqrt{2gh}$ wyrażać będzie teoretyczną chyżość najgłębszéj warstwy w tym otworze, gdzie $g = 9,808$ metrów jest przyśpieszeniem siły ciężkości po 1 sekundzie. Gdyby wszystkie warstwy posiadały jednakową chyżość, to ilość wody w sekundzie byłaby $= bh\sqrt{2gh}$. Ale ponieważ średnia chyżość wody jest mniéjsza, i w wielu razach ma miejsce ściśnienie żyły wodnéj, przeto powyższe wyrażenie należy pomnożyć jeszcze przez spółczynnik K, dla wprowadzenia poprawki tak dla chyżości jako też i dla ściśnienia żyły wodnej, zatém otrzymamy:

$$(1) \qquad M = K.\, bh\sqrt{2gh}\,.$$

Wartość K zawisła głównie od stosunku szerokości b i B. Ten stosunek nazywa się *względną szerokością* przewału.

a) *Wartości dla K podług d'Aubuissona.* Jeżeli wysokość h znajduje się między $0{,}03^m$ i $0{,}22^m$, jeżeli dalej h nie jest większe od $\frac{1}{3}$ wysokości progu nad dnem przewału, jeżeli dalej przewał jest pionowy i krawędzie posiada ostre, to następujące wartości, dają dość dokładne wypadki:

Względna szerokość	1,00	0,90	0,80	0,70	0,60	0,50	0,40	0,30
Wartości dla K	0,443	0,438	0,431	0,423	0,416	0,410	0,405	0,399.

b) *Wartości dla K podług Lesbrosa.* Doświadczenia robione były z przewałem, gdzie $b = 0{,}20^m$ i gdzie próg umieszczony był nad dnem kanału w wysokości $0{,}54^m$.

Szerokość względna $\frac{b}{B}$	Wysokościom							
	$0{,}02^m$	$0{,}04^m$	$0{,}06^m$	$0{,}09^m$	$0{,}12^m$	$0{,}18^m$	$0{,}25^m$	$0{,}30^m$
	odpowiadają następujące wartości dla K.							
0,054	0,412	0,407	0,401	0,396	0,394	0,392	0,379	0,371
0,156	0,428	0,416	0,407	0,400	0,396	0,393	0,383	0,375
0,833	0,444	0,429	0,424	0,421	0,420	0,424	0,422	0,418
1,000	0,473	0,449	0,437	0,434	0,434	0,432	0,428	0,424

c) *Wartości dla K podług Braschmanna.* Jeżeli b jest większe od $0{,}08^m$, i gdy próg przewału leży przynajmniej $0{,}10^m$ nad dnem kanału, to wartości dla K w takim razie otrzymamy w miarach metrycznych, gdy przewał jest pionowy, z ostrymi brzegami:

$$(2) \qquad K = 0{,}3838 + 0{,}0386\,\frac{b}{B} + 0{,}00053\,\frac{1}{h}.$$

Widzimy z tego wyrażenia, że wartość dla K zwiększa się w miarę zbliżania się b do B i w miarę zmniejszania się wysokości spadku h.

Jeżeli przewał równa się długości ściany, a zatém gdy $b = B$, wtedy

$$(3) \qquad K = 0{,}4224 + 0{,}00053 \times \frac{1}{h}.$$

Szerokość względna $\frac{b}{B}$	Wysokościom							
	$0{,}02^m$	$0{,}04^m$	$0{,}06^m$	$0{,}09^m$	$0{,}12^m$	$0{,}18^m$	$0{,}24^m$	$0{,}30^m$
	odpowiadają następujące wartości dla K.							
0,05	0,412	0,399	0,394	0,392	0,390	0,389	0,388	0,388
0,07	0,413	0,400	0,395	0,392	0,391	0,389	0,389	0,388
0,10	0,414	0,401	0,396	0,393	0,392	0,391	0,390	0,389
0,15	0,416	0,403	0,398	0,395	0,394	0,393	0,392	0,391
0,20	0,418	0,405	0,400	0,397	0,396	0,394	0,394	0,393

Szerokość względna $\frac{b}{B}$	Wysokościom							
	0,02^m	0,04^m	0,06^m	0,09^m	0,12^m	0,18^m	0,24^m	0,30^m
	odpowiadają następujące wartości dla K.							
0,30	0,422	0,409	0,404	0,401	0,400	0,398	0,398	0,397
0,40	0,426	0,412	0,408	0,405	0,404	0,402	0,401	0,401
0,50	0,430	0,416	0,412	0,409	0,407	0,406	0,405	0,405
0,60	0,433	0,420	0,416	0,413	0,411	0,410	0,409	0,409
0,70	0,437	0,424	0,420	0,417	0,415	0,414	0,413	0,413
0,80	0,441	0,428	0,424	0,421	0,419	0,418	0,417	0,416
0,90	0,445	0,432	0,427	0,424	0,423	0,422	0,421	0,420
1,00	0,449	0,436	0,431	0,428	0,427	0,425	0,424	0,424

Przykład. Niechaj dla ostrokańciastego przewału $b = 0.80^m$, $B = 1,2^m$, $h = 0,15^m$, to podług Braschmanna będzie:

Spółczynnik $K = 0,3838 + 0,0386 \times \frac{0,80}{1,20} + 0,00053 \times \frac{1}{0,15} = 0,413$

Wartość z $\sqrt{2gh}$ dla h . . . . $= 1,715^m$
Ilość wody $M = 0,413 \times 0,80 \times 0,15 \times 1,715 = 0,085$ metrów kub.
Wartość wtedy dla K podług d'Aubuissona $= 0,419$
" " podług Lesbrosa $= 0,420$.

11) *Ilość przepływającéj wody przez przewał niezupełny.* Jeżeli odległość pionowa górnego i dolnego lustra wody jest mniejszą od wysokości górnego lustra po nad progiem przewału, to wtedy powstaje przewał *niezupełny*. Dla oznaczenia ilości wody przepływającéj przez tego rodzaju przewał, wyobraźmy sobie cały otwór AB jakoby z dwóch części złożony, Fig. 210. Otwór górny przedstawia przewał zupełny, jego wysokość jest to pionowa różnica obudwóch poziomów wody; dolny otwór BC należy uważać, jak gdyby się znajdował w ścianie pionowéj bocznéj. Jeżeli oznaczymy ilość wody dla obudwóch otworów, to ich summa będzie szukaną ilością wody.

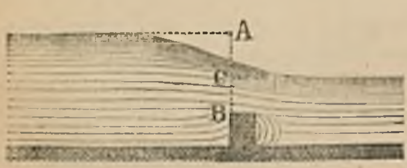


Fig. 210.

Przykład. Niechaj przewał będzie tak szeroki jak jest szeroki kanał, a mianowicie 2^m; daléj niechaj $AB = 0,60^m$, $AC = 0,32^m$, $BC = 0,28$.

Ilość przepływającéj wody górnym otworem w sekundzie czasu, gdy spółczynnik $K = 0,424$, będzie

$$M = 0,424 \times 2 \times 0,32 \sqrt{19,62 \times 0,32} = 0,680 \text{ metr. kub.}$$

Wysokość ciśnienia dla otworu dolnego $= 0,32 + = \frac{0.28}{2}\ 0,46^m$

Spółczynnik ściśnienia żyły przy zupełném ściśnieniu 0,602

Spółczynnik ściśnienia w dolnéj części:

$$0{,}602\ (1 + 0{,}1523 \times 0{,}5614) = 0{,}653$$

A zatém ilość wody przepływająca przez dolny przewał:

$$M = 0{,}653 \times 2 \times 0{,}28\ \sqrt{19{,}62 + 0{,}46} = 1{,}098 \text{ metr. kub.}$$

Całkowita zaś ilość przepływu:

$$= 0{,}680 + 1{,}098 = 1{,}778 \text{ metrów kub.}$$

12) *Dokładne wymierzanie małych ilości wody.* Przy zdrojach wodociągowych, wodotryskach, studniach, pompach, sikawkach i t. p. łapie się wodę w naczynie. Przypuśćmy, że po 90 sekundach czasu uzbierało się wody w naczyniu 25 litrów (kwart pols.), to w takim razie wodotrysk, studnia, pompa lub sikawka dają wody na sekundę $\frac{25}{90}$ lub $\frac{5}{18}$ litra. Jeżeli naczynie jest nieforemne, nie dające się dokładnie wymierzyć, wtedy ilość wody należy oznaczyć za pomocą wagi.

13) *Wypływ wody z naczyń nie zasilanych.* Jeżeli woda wypływa z naczynia, do którego dopływ nie ma miejsca, to poziom wody zacznie się powoli oniżać; ciśnienie będzie się zmniejszać, a tém samém i chyżość z jaką wypływa woda. Chyżość maleje w stosunku kwadratów z wysokości spadku, a zatém w naczyniu mającém kształt walca lub graniastosłupa, zupełnie tak samo jak ciała pionowo w górę wyrzuconego. Ponieważ zaś takie ciało tylko połowę téj drogi odbędzie, jakąby przebyło biegnąc ruchem jednostajnym, przeto to samo zjawisko musi być i z wodą, któréj chyżość coraz bardziéj maleje; a zatém może jéj tylko połowę takiéj ilości wypłynąć, jakaby wypłynęła w tym samym czasie, przy niezmieniającéj się chyżości. To prawo stosuje się tylko do naczyń walcowych i graniastosłupów; ale nie dla naczyń, które się ku dołowi rozszerzają albo zwężają. Takie albowiem naczynia potrzebują więcéj lub mniéj czasu, ponieważ ich wysokości ciśnienia obniżają się prędzéj albo wolniéj.

286. O biegu wody w rzekach i kanałach. 1) *O biegu wody w ogóle.* Ponieważ łożysko czyli dno rzeki lub kanału posiada zawsze do poziomu pewne nachylenie, przeto woda ślizga się po niém jakby po równi pochyłéj. Ale tarcie o dno i o brzegi rzeki lub kanału wstrzymuje jéj bieg w taki sposób, że przy stałym nawet spadku i przekroju, ruch wody nie jest przyśpieszonym, ale jednostajnym.

Woda nie biegnie nigdy z jednostajną chyżością przez wszystkie punkta jednego i tego samego przekroju. Ta chyżość jest największa prawie pod powierzchnią wody; w kanałach znajduje się w środku, a w rzekach nad największą głębokością. Chyżość zmniejsza się w miarę zbliżania się do brzegów i do dna koryta.

2) *Mierzenie chyżości.* Chyżość wody w kanale lub rzece, mającymi mniéj więcéj w pewnéj długości jednaki spadek i jednaki przekrój, mierzy się w sposób następujący: *a*) Z a p o m o c ą p ł y w a k a. Bierze się w tym celu jakieś ciało podłużne, któreby w wodzie zanurzone, jednym końcem po niéj pływało. Dogodna do tego celu jest flaszka napełniona piaskiem, tak aby się zanurzyła po szyjkę. Tego rodzaju pływak rzuca się na płynącą wodę a po pewnym czasie, nabędzie on téj saméj chyżości co i woda w rzece. Teraz przy pomocy sekundowego zegarka obserwuje się w jakim czasie ów pływak prze-

biegł drogę pewnéj długości. Gdyby się np. pokazało, że pływak ubiegł 200 metr. w 215 sekun., to chyżość wody na sek. wynosiłaby $\frac{200}{215} = 0,930$.

b) Za pomocą młynka Woltmanna. Ten przyrząd ma 2—5 skrzydeł, osadzonych ukośnie na osi pozioméj. Oś połączona jest z przyrządem obliczającym. Jeżeli ten młynek umieszczony na sztandze zanurzymy w wodzie, aby oś jego znajdowała się na kierunku prądu, wtedy skrzydła będą się obracać. Z liczby tych obrotów dochodzi się chyżości wody, podług formuły: $v = a + bu + cu^2 + \ldots\ldots$ gdzie v wyraża szukaną chyżość wody, u liczbę obrotów skrzydeł w równych czasach, zaś a, b, c, ... oznaczają wielkości stałe, które przez doświadczenie dla każdego skrzydła wynaleźć trzeba. Aby przy takiem mierzeniu dojść do pożądanego wypadku, należy doświadczenia kilka razy powtórzyć i z otrzymanych chyżości, wziąć dopiero średnią arytmetyczną.

3) *Średnia chyżość wody.* Z największéj chyżości wody, można wnosić o średniéj jéj chyżości podług następującéj formuły Pronego:

$$\frac{v}{V} = \frac{V + 2,37}{V + 3,15},$$

gdzie v oznacza średnią, V największą chyżość wody.

Z téj formuły ułożona została bardzo dogodna przyobliczaniu tabelka

Największa chyżość V	Stosunek $\frac{v}{V}$	Największa chyżość V.	Stosunek $\frac{v}{V}$
02,0m	0,767	1,80m	0,842
0,40	0,780	2,00	0,848
0,60	0,792	2,20	0,854
0,80	0,802	2,40	0,859
1,00	0,812	2,60	0,864
1,20	0,821	2,80	0,869
1,40	0,829	3,00	0,872
1,60	0,836	3,20	0,877

Zwyczajnie jako chyżość średnią bierze się 78 do 82 procent z chyżości największéj.

Przykład. Za pomocą pływaka znaleziono największą chyżość = 0,930 metra, przeto z powyższéj tabelki należy wziąć stosunek 0,812 odpowiadający największéj chyżości 1 metra; zatém:

Chyżość średnia $= 0,930 \times 0,812 = 0,755$ metra.

Z doświadczeń p. *Witkowskiego* inżyniera komunikacyj robionych w r. 1862 wraz z inżynierami: Majewskim, Falkowskim i Surzyckim, okazało się iż rzeka Wisła pod Warszawą ma chyżości następujące:

głębokość stóp	chyżość stóp.
1,00	3,112
2,00	3,060
4,00	2,770
6,00	2,140(*)

4) *Ilość wody.* Aby znaleźć ilość wody, jaka przepływa w pewném miéj-

*) Dziennik polytech. braci Marczewskich z r. 1862; Hydraulika Kucharzewskiego i Klugera, str. 353, Paryż, 1873 r.

scu w jednej sekundzie czasu, mnoży się przekrój całej massy wody przez chyżość średnią. Do obliczenia przekroju całej massy wody, potrzeba mieć średnią głębokość rzeki, a tę średnią głębokość otrzymuje się postępując w sposób następujący: Mierzy się głębokości wody w odległości np. co 10 lub 12 stóp w kierunku szerokości rzeki, głębokości te odcina się na linijach prostopadłych do ab, a przez końce tych linij prowadzi się krzywa, która wskazywać będzie kształt koryta czyli profil rzeki. Średnią głębokość rzeki znajdziemy dodając do siebie wszystkie linije pionowe i dzieląc tę summę przez ich liczbę powiększoną o 2. A zatém średnia głębokość jak w tym razie będzie:

Fig. 21i.

$$\frac{\left(3\frac{1}{2}+3\frac{1}{4}+5\frac{1}{2}+5\frac{3}{4}+6+4\frac{1}{2}+3\frac{3}{4}+2\frac{3}{4}\right)}{(8+2)}=3\,{}^1\!/_2$$

stóp; co rozmnożywszy przez szerokość rzeki, otrzymamy przekrój wody w stopach □. Rozmnożywszy tę powierzchnię przez chyżość średnią płynącej wody w jednej sekundzie czasu, wyrażoną w stopach, otrzymamy ilość wody w stopach sześciennych przepływającej w rzece, w 1 sekundzie czasu.

Przykład. Ile wody przepływa przez rzekę, po której pływak w 120 sekundach przebiegł drogę 99 metrów, a przekroje poprzeczne w sześciu różnych punktach brane, są następujące: 6; 6,75; 7,10; 6,82; 6,56, 6,20 metrów □?

Chyżość pływaka $\frac{99}{120} = 0{,}825$ metra.

Średnia chyżość $0{,}802 \times 0{,}825 = 0{,}662$ metrów. Przekrój średni (dodawszy wszystkie przekroje do siebie i dzieląc je przez $6 = 6{,}571$ met. □. Ilość wody w 1 sekundzie czasu $0{,}662 \times 6{,}571 = 4{,}350$ metr. kub.

5) *Chyżość na dnie kanału.* Podług Dubuat znajdziemy chyżość przybliżoną z następującego wzoru: Chyżość na dnie $= 2v - V$. gdzie v oznacza średnią a V największą chyżość wody.

6) *Największa chyżość jaką woda posiadać może, a jednakże nie uszkadza dna kanału.* Aby woda dna kanału nie uszkadzała, czyli nie zmieniała jego profilu, podług Telforda i Nimmo chyżość wody na dnie, nie powinna przekraczać granic następujących:

Rodzaj gruntu.	Najwyższa chyżość.
Ziemia rozpuszczalna	0,076 metrów.
Glina tłusta	0,152
Piasek	0,305
Zwir	0,609
Grunt krzemienisty	0,914
Kamienie z ostremi krawędziami . .	1,220
Łupek.	1,520
Skała warstwowa	1,840
Skala twarda.	3,050.

7) *Związek zachodzący pomiędzy średnią chyżością, spadkiem a profilem poprzecznym kanału.* Dane owego związku dotyczące nie zgadzają się mniéj więcéj ze sobą. Niechaj L oznacza długość kanału, H spadek onego (odległość pionowa dwóch punktów na początku i na końcu kanału wzięta). S powierzchnia przekroju wody w kanale, U obwód oblany wodą przekroju poprzecznego, v średnia chyżość wody, to spadek H będzie proporcyonalny powierzchni tarcia $L.\ U$ kanału, blisko proporcyonalny kwadratowi z chyżości, a odwrotnie proporcyonalny przekrojowi S.

a) Formuła Weisbacha. Z powyższém prawem zgodną otrzymał Weisbach następującą formułę:

$$(1)\ H = K\frac{L\,.\,U}{S} \times \frac{v^2}{2g}$$

gdzie $g = 9{,}808^m$ jest przyśpieszeniem siły ciężkości, a zatém $\frac{v^2}{2g}$ oznacza wysokość z jakiéj woda spadaćby musiała, aby nabyć prędkość v; K liczba wzięta z doświadczenia, którą Weisbach nazywa spółczynnikiem tarcia. Podług niego ów spółczynnik tarcia jest w taki sposób zależny od chyżości:

$$(2)\ K = 0{,}007409\left(1 + \frac{0{,}05853}{v}\right).$$

Z téj formuły otrzymują się następujące od siebie zależne wartości.

v	K	v	K	v	K
$0{,}1^m$	0,01175	$0{,}6^m$	0,00813	$1{,}2^m$	0,00777
0,2	0,00958	0,7	0,00803	1,5	0,00771
0,3	0,00885	0,8	0,00795	2,0	0,00763
0,4	0,00849	0,9	0,00789	3,0	0,00755
0,5	0,00828	1,0	0,00784	5,0	0,00750

b) Formuła Pronego. Formuła wyprowadzona przez Pronego na zasadzie doświadczeń pp. Dubuat i Chezy, stosuje się do miar metrycznych:

$$(3)\ H = (0{,}0000444\,v + 0{,}000309\,v^2)\,\frac{L.\ U}{S},$$

Ztąd otrzymujemy chyżość średnią w przybliżeniu:

$$(4)\ v = 56{,}85\sqrt{\frac{H.\ S}{L.U}} - 0{,}072.$$

c) Formuła Darcyego. Darcy dzieli kanały stosownie do ich stanu powierzchni, jak następuje:

1⁰ Kanały o gładkiéj powierzchni (heblowane bale, wygładzony cement);

2⁰ Kanały o dość gładkiéj powierzchni (ociosane kamienie, cegła, bale drewniane niehyblowane;

3⁰ Kanały z chropowatą powierzchnią (mur z kamieni łamanych);

4⁰ Kanały których łożysko i ściany stanowi ziemia.

Dla takich kanałów, podają Darcy i Bazin następujące formuły, zatrzymując taki sam jak wyżéj porządek:

$$(5)\ H = 0{,}00010\left(1 + \frac{0{,}03\,U}{S}\right)\frac{L.\ U}{S}\,v^2$$

$$(6)\quad H = 0{,}00019\left[1 + \frac{0{,}07\,U}{S}\right]\frac{L.\,U}{S}\,v^2$$

$$(7)\quad H = 0{,}00024\left[1 + \frac{0{,}25\,U}{S}\right]\frac{L.\,U}{S}\,v^2$$

$$(8)\quad H = 0{,}00028\left[1 + \frac{1{,}25\,U}{S}\right]\frac{L.\,U}{S}\,v^2$$

Przykład. Niechaj długość kanału wynosi $L = 1000$ metrów. Całkowity spadek na całą długość $H = 0{,}4$ m. Dolna szerokość profilu $= 3$ m. Kąt nachylenia ścian$=45^0$. Głębokość wody $= 0{,}6$ m. Jaka będzie średnia chyżość wody i ile wody dostarcza ten kanał w sekundzie czasu? (Fig. 212).

Fig. 212

Jeżeli $AB = BC$ . . . . $= 0{,}6$ metra
Więc $AD = 3 + 2 \times 0{,}6$. . . . . $= 4{,}2^m$

Zatém przekrój poprzeczny $\left(\frac{3 + 4{,}2}{2}\right) \times 0{,}6 = 2{,}16^m$ □

Daléj $AC = BC\,\sqrt{2} = 0{,}6 \times 1{,}414$ . . . $= 0{,}848$ m.
Obwód zatopiony $3 + 2 \times 0{,}848$ . . . . . . $= 4{,}696$ m.
Zatém $\frac{H}{L} \times \frac{S}{U} = \frac{0{,}4 \times 2{,}16}{1000 \times 4{,}696}$ . . . . $= 0{,}000184$

Wstawiając te wartości liczebne w powyższe formuły, otrzymamy:

a) podług Pronego.

Chyżość (formuła 4-ta) $v = 56{,}85\,\sqrt{0{,}000184} - 0{,}072 = 0{,}701^m$.

b) podług Weisbacha.

Spółczynnik tarcia (dla $v = 0^m{,}70$) . . . . $K = 0{,}00803$.

Chyżość (formuła 1) $v = \sqrt{\frac{2 \times 9{,}808}{0{,}00803} \times \frac{HS}{LU}} = 0{,}67^m$.

c) podług p. Darcy.

Dla bardzo gładkich ścian, otrzymamy z formuły (5):

$$v^2 = \frac{\frac{H.\,S}{L.\,U}}{0{,}0001\left(1 + \frac{0{,}03\,U}{S}\right)} = \frac{0{,}000184}{0{,}0001\left(\frac{1 + 0{,}03 \times 4{,}696}{2{,}16}\right)} = 1{,}113^m.$$

Zatém . . . . $v = \sqrt{1{,}113} = 1{,}05^m$.
Dla dość gładkich ścian . . . . $v = 0{,}92^m$.
Dla ścian chropowatych . . . . $v = 0{,}70^m$.
Gdy dno i ściany stanowi ziemia . . . . . . $v = 0{,}42^m$.

Widzimy z tego, że wypadki Weisbacha i Pronego są bardzo do siebie zbliżone, również zgadzają się z wypadkiem p. Darcy dla kanałów z powierzchnią chropowatą. Biorąc chyżość $= 0{,}70^m$, to otrzymamy:

Ilość wody w sekundzie $2{,}16 \times 0{,}70 = 1{,}512$ metrów kub.

8) *Budowa nowego kanału.* Jeżeli nowy kanał ma być zbudowany, to zwykle jego długość, ilość wody jaką ma w sekundzie dostarczać, jak również i średnia chyżość wody, są ilościami danemi.

Jeżeli wodzie nadamy najmożliwszą wielką chyżość, o ile na to rodzaj łożyska pozwala, wtedy przekrój poprzeczny kanału wypadnie możliwie mały, a budowa takiego kanału, kosztować będzie stosunkowo bardzo mało; ale wtedy kanałowi należy dać wielki spadek. Jeżeli zaś woda przeprowadzona kanałem ma wykonywać mechaniczną pracę t. j. poruszać młyn, tartak lub tym podobne zakłady, w takim razie ponosimy znaczną stratę na sile, w skutek wielkiego spadku.

Jeżeli zaś woda ma się poruszać wolno, to przekrój poprzeczny wypadnie wielki, a tém samém i wielki nakład kapitału na budowę kanału; wtedy to daje się spadek bardzo mały, dla nadania ruchu wodzie. Tym sposobem osiągnięty zysk na spadku powiększa skutek mechaniczny jaki woda może wydać, i podnosi tym sposobem wartość siły wodnéj. W każdym razie przystępując do budowy nowego kanału, należy dokładnie rozważyć korzyści i niedogodności pierwszego i drugiego rodzaju budowy.

Każde nadarzające się przy budowie nowego kanału zadanie, może być sprowadzone do następującego :

Z długości kanału, ilości wody i średniéj chyżości, wyznaczyć spadek i przekrój poprzeczny kanału.

To zagadnienie daje się rozwiązać, za pomocą poprzednich formuł.

Przykład. Ma być kanał pobudowany 1500 metrów długości, dający wody w sekundzie 1,8 metrów kub. przy chyżości 0,9 metra; przekrój prostokątny ma być 4 razy szerszy niż głębokość wody. Jaki należy dać spadek i przekrój temu kanałowi?

Przekrój S . . . . $\frac{1{,}8}{0{,}9} = 2^{m}\,\square$.

Niechaj b wyraża szerokość kanału, to głębokość wody $= \frac{1}{4}\,b$.

Zatém przekrój massy wody $b \times \frac{1}{4} b$ . . . . . $= 0{,}25 b^2$.

Zrównawszy z sobą obie wartości przekroju poprzecznego, otrzymamy $0{,}25 b^2$ . . . . . . $= 2^{m}\,\square$.

Zatém szerokość kanału b . . . . $= 2{,}828^{m}$.

A głębokość wody $\frac{1}{4} \times 2{,}828$ . . . . . . $= 0{,}707^{m}$.

Ztąd zatopiony obwód $2{,}828 + 2 \times 0{,}707$ . . $= 4{,}242^{m}$.

Wstawiwszy teraz wartości liczebne za L, S, U, v w powyższe formuły, otrzymamy : a) podług Weisbacha.

Spółczynnik tarcia . . . . $K = 0{,}00789$.

$$\text{Spadek } H = 0{,}00789 \times \frac{1500 \times 4{,}242}{2} \times \frac{0{,}9^2}{2 \times 9{,}808} = 1{,}036^{m}.$$

b) podług Pronego.

$$H = (0{,}0000444 \times 0{,}9 + 0{,}000309 \times 0{,}9^2)\frac{1500 \times 4{,}242}{2} = 0{,}930^{m}.$$

c) podług p. Darcy (formuła 7).

$$H = 0{,}00024\left(1 + \frac{0{,}25 \times 4{,}242}{2}\right)\frac{1500 \times 4{,}242}{2} \times 0{,}9^2 = 0{,}946 .$$

287. O ruchu wody w rurach walcowych. 1) *Strata spadku i linija ciśnienia.* W komunikacyach walcowych, chyżość wody w odległościach równych od osi rury, jest jednakowa. Ta chyżość zmniejsza się w miarę zwiększania się odległości od osi ku powierzchni rury, a to w skutek tarcia cząstek wody o ściany rury, jako też w skutek tarcia cząstek wody pomiędzy sobą.

Ten opór z tarcia wynikający jest zupełnie nie zależny od ciśnienia wody w rurach, ale proporcyonalny jest długości i obwodowi rury, w przybliżeniu proporcyonalny średniéj chyżości, i prawie odwrotnie proporcyonalny przekrojowi rury.

Ten opór można pokonać odpowiednią częścią spadku, co się *stratą spadku* nazywać zwykło. Potrzeba ponieść bardzo wielką ilość straty w spadku, aby w rurach długich o małéj średnicy nadać ruch szybki wodzie. Jeżeli zatém wodociąg ma stosunkowo spadek nie wielki, to rury winny być szerokie a chyżość wody mała.

Mamy zapomocą rur walcowych przeprowadzić wodę ze zbiornika A do zbiornika B (Fig. 213). W tym celu przez poziom wody w zbiorniku górnym, prowadzę liniję poziomą $A\ C$, to $B\ C$ będzie stanowić odległość pionową obu-

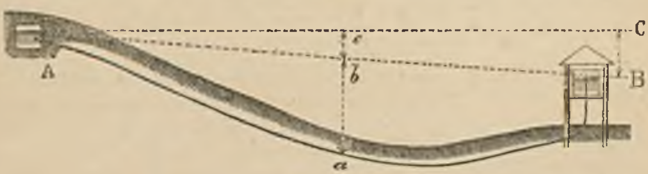


Fig. 213.

dwóch poziomów wody. Nie zważając na ciśnienie odpowiadające chyżości wody przy wylocie, to $B\ C$ będzie spadkiem użytym na nadanie ruchu wodzie. zatém $B\ C$ jest tu stratą spadku. Poprowadziwszy liniję prostą $A\ B$, to ciśnienie wody np. w punkcie a wodociągu, będzie odpowiadać wysokości słupa wody $a\ b$, zawartemu między liniją $A\ B$ a wodociągiem. Gdyby np. rura wodociągowa w punkcie a została zagiętą do góry, to woda wzniosłaby się do punktu b. A zatém woda w skutek odbytéj drogi od punktu A do a, poniosła stratę w spadku $= c\ b$. Z tych zatém powodów, linija $A\ B$ nazywa się *liniją ciśnienia.* Jeżeli co pewną odległość, zmieniamy średnicę rur wodociągowych, to każdéj takiéj odległości odpowiadać będzie jéj właściwa strata spadku, a zatém właściwy kierunek linii ciśnienia.

2) *Obliczenie straty spadku przy komunikacyi prostéj ze stałym przekrojem.* Niechaj L oznacza długość; D średnicę rury walcowéj; v chyżość średnią wody na sekundę, zaś H stratę spadku, w skutek tarcia wody o ściany.

a) Formuła podług Weisbacha. Strata spadku jest proporcyonalna powierzchni tarcia $D\pi L$, chyżości $\frac{v^2}{2g}$ (gdzie $g = 9{,}808^{m}$ przyśpieszeniu po pierwszéj sekundzie) i odwrotnie proporcyonalna przekrojowi $\frac{D^2\pi}{4}$ rury, a zatém proporcyonalna wielkości:

$$\frac{D\pi L}{\frac{1}{4}D^2\pi} \times \frac{v^2}{2g} \text{ lub } 4\frac{L}{D} \times \frac{v^2}{2g}.$$

Można więc przyjąć (1) $H = K\frac{L}{D} \times \frac{v^2}{2g}$

gdzie K jest liczbą wziętą z doświadczenia, którą Weisbach *spółczynnikiem tarcia* nazywa. W tém wyrażeniu pominiętą jest strata spadku odpowiadająca ściśnieniu żyły przy wejściu do rury i chyżości przy wylocie.

Podług Weisbacha K zależne jest w taki sposób od v (w miarach metr.):

$$(2)\ K = 0{,}01439 + \frac{0{,}0094711}{\sqrt{\ \ 2}}$$

Wartości wzajemne dla K i v podaje następująca tablica:

v	K	v	K	v	K	v	K	v	K	v	K
0,1^m	0,0443	0,4^m	0,0294	0,7^m	0,0257	1,0^m	0,0239	2^m	0,0211	10^m	0,0174
0,2	0,0356	0,5	0,0278	0,8	0,0250	1,2	0,0230	3	0,0199	20	0,0165
0,3	0,0317	0,6	0,0266	0,9	0,0244	1,5	0,0221	5	0,0186	50	0,0157

b) Formuła Pronego. Prony czyni zależną stratę w spadku od chyżości, a zatém inaczéj jak Weisbach. Podług niego będzie (w miarach metr.)

$$(3)\ H = (0{,}00007 .\ v + 0{,}001393 .\ v^2)\frac{L}{D}$$

zkąd średnia chyżość wypada:

$$(4)\ v = 26{,}7\sqrt{\frac{D\ H}{L}} - 0{,}025.$$

c) Formuła p. Darcy. Darcy podaje w swoich: „Recherches expérimentales,“ z r. 1857, taką formułę dla nowych wodociągów:

$$(5)\quad H = \left(0{,}001014 + \frac{0{,}0000267}{D}\right)\frac{L}{D}\,v^2.$$

Podług p. Darcy stare rury wodociągowe żel. lane, których ściany pokryte są cienką warstwą rdzy lub osadu, przedstawiają opór, który może być dwa razy większy od oporu w nowym wodociągu. Doradza się więc w takim wypadku, liczby stałe zaklamrowane w formule (5), wziąć 2 razy większe.

3) *Ilość wody*. Znajdziemy ilość wody na sekundę, pomnożywszy średnią chyżość wody przez poprzeczny przekrój wodociągu.

Przykład 1. Komunikacya wodociągowa walcowa, niechaj ma 1200 metrów długości, 0,25 metra średnicy i 4,5 metrów całkowitego spadku; ile wody dostarczy w sekundzie czasu?

Przedewszystkiém należy obliczyć chyżość v. Czyniąc $L = 1200$, $D = 0{,}25$, $H = 4{,}5$ w powyższą formułę (4), to otrzymamy jako średnią chyżość:

a) Podług Pronego.

$$v = 26{,}79\sqrt{\frac{0{,}25 \times 4{,}5}{1200}} - 0{,}025 = 0{,}793^m.$$

b) Podług p. Darcy dla rur nowych.

$$v^2 = \frac{D\,H}{\left(0{,}001014 + \frac{0{,}0000267}{D}\right)L} = \frac{0{,}25 \times 4{,}5}{\left(0{,}001014 + \frac{0{,}0000267}{0{,}25}\right) \times 1200}$$

zkąd wypada $v^2 = 0{,}847$, zaś $v = \sqrt{0{,}847} = 0{,}92^m$.

Dla wodociągów z osadem lub rdzą należy brać:

$$v^2 = \frac{0{,}847}{2} = 0{,}4235,\ \text{zatém}\ v = 0{,}651^m.$$

c) Podług Weisbacha.

Przy chyżości $0{,}80^m$ jest . . . . $K = 0{,}0250$.

$$\text{Zatém } v = \sqrt{\frac{2g.\,H.\,D}{K.\,L}} = \sqrt{\frac{2 \times 9{,}808 \times 4{,}5 \times 0{,}25}{0{,}025 \times 1200}} = 0{,}857^m.$$

Wartość na v podług Weisbacha zgadza się prawie z wartością p. Darcy dla rur wodociągowych nowych. Jednakże dla wodociągu dawnego daleko jest pewniéj, wziąć wartość Pronego lub drugą wartość Darcego.

Jeżeli przeto przyjmiemy . . . . . . $v = 0{,}70^m$.

Gdy przekrój wodociągu . . . . . . $\frac{D^2\pi}{4} = 0{,}0491^m\ \square$.

Ilość wody na sekundę będzie $0{,}70 \times 0{,}0491$ . . $= 0{,}03437$ m. kub.

Przykład 2. Ma być założony wodociąg na 800 metrów długości, do którego posiadamy rury zapaśne 0,2 metra śred. Wodociąg ma dostarczać wody 18 litr. w sekundzie; jaki spadek według Pronego należy dać temu wodociągowi?

Przekrój rury . . . . $\frac{3{,}14 \times (0{,}2)^2}{4} = 0{,}0314$ m. $\square$.

Zatém chyżość . . . . $\frac{0{,}018 \text{ m. kub.}}{0{,}0314 \text{ m. } \square} = 0{,}573^m$.

$$\text{Spadek } H = \frac{800}{0{,}2}\left[(0{,}00007 \times 0{,}573) + 0{,}001393 \times (0{,}573)^2\right] =$$

$$4000\,(0{,}000039 + 0{,}000457) = 1{,}984^m.$$

Przykład 3. Mamy znaleźć średnicę rur wodociągu według Pronego, gdy tenże wodociąg ma być długi 600 metrów, strata spadku ma wynosić 2 metry i ma dostarczać 30 litrów (kwart pols.) wody w sekundzie czasu.

To zagadnienie da się najłatwiéj rozwiązać za pomocą metody próbowania.

Pierwsza próba.

Dla $D = 0{,}25^m$ będzie przekrój rury . . . $= 0{,}049^m\ \square$

Następnie chyżość . . . . $v = \frac{0{,}030}{0{,}049} = 0{,}612^m$.

Wstawiając teraz 0,61 za v w formułę (3), to znajdziemy:

$$D = (0{,}00007 \times 0{,}61) + 0{,}001393 \times (0{,}61)^2 \times \frac{600}{2} = 0{,}168^m.$$

Ponieważ przypuszczona średnica jest 0,25 metra, a z rachunku wypadła nam $= 0{,}168^m$, przeto rzeczywista średnica musi się pomiędzy temi cyframi znajdować.

Druga próba.

Dla $D = 0{,}23^m$ przekrój rury będzie . . . $= 0{,}0415^m\ \square$.

Zatém chyżość . . . . $v = \frac{0{,}030}{0{,}0415} = 0{,}722^m$.

Wstawiwszy 0,72 za v w formułę (3), otrzymamy:

$$D = (0{,}00007 \times 0{,}72) + 0{,}001393 \times (0{,}72)^2 \times \frac{600}{2} = 0{,}236^m.$$

A więc należy wziąć średnicę rur przybliżoną 0,23 metra, a dla pewności $= 0{,}24$ metra.

Przykład 4. Rury wodociągowe niechaj mają $0,10^m$ szerokości, spadek wodociągu ma być $0,03^m$ na każdy metr długości. Ile wody dostarczy taki wodociąg w 1 sekundzie czasu podług następującéj tablicy Pronego?

Ilość wody dla spadku $0,021^m$ . . . . = 0,785 litrów.
" " " " 0,042 . . . . = 1,178 "
Zatém dla spadku . . 0,030 w przybliżeniu = 0,953 "

4) *Tablica dająca ilość wody i stratę spadku na 1 metr długości rury wodociągowéj według p. Prony.*

Chyżość w 1 sekun.	ŚREDNICA RUR											
	$0,05^m$		$0,10^m$		$0,15^m$		$0,20^m$		$0,25^m$		$0,30^m$	
	Wypływ w 1 sekundzie	Strata spadku na 1 m. b.	Wypływ w 1 sekundzie	Strata spadku na 1 m. b.	Wypływ w 1 sekundzie	Strata spadku na 1 m. b.	Wypływ w 1 sekundzie	Strata spadku na 1 m. b.	Wypływ w 1 sekundzie	Strata spadku na 1 m. b.	Wypływ w 1 sekundzie	Strata spadku na 1 m. b.
metr.	litrów	centym.	litrow	centym.	litrów	centym.	litrów	centym.	litrów	centym.	litrów	centym.
0,02	0,0393	0,0038	0,157	0,0019	0,353	0,0013	0,628	0,0009	0,982	0,0007	1,414	0.0006
0,05	0,098	0,010	0,393	0,007	0,884	0,0046	1,571	0,0034	2,454	0,0027	3,534	0,0023
0,08	0,157	0,029	0,628	0,014	1,414	0,0096	2,513	0,007	3,927	0,0057	5,655	0.0048
0,10	0,196	0,042	0,785	0,021	1,767	0,014	3,142	0,010	4,909	0.008	7,069	0.007
0,15	0,295	0,083	1,178	0,042	2,651	0,028	4,712	0,021	7,363	0,017	10,603	0,014
0,20	0,393	0,139	1,571	0,069	3,534	0,046	6,283	0,035	9,818	0,028	14,137	0,023
0,25	0,491	0,209	1,963	0,104	4,418	0,069	7,854	0.052	12,272	0,042	17,672	0,035
0,30	0,589	0,292	2,356	0,146	5,301	0,097	9,425	0,073	14,726	0,058	21,296	0,049
0,35	0,687	0,390	2,749	0,195	6,185	0,130	10,996	0,097	17,181	0,078	24,740	0,065
0,40	0,785	0,501	3,142	0,251	7,069	0,167	12,566	0,125	19,635	0,100	28,274	0 084
0,45	0,884	0,627	3,534	0,313	7,952	0,209	14,137	0.157	22,089	0,125	31,809	0,104
0,50	0,982	0,766	3,927	0,383	8,836	0,255	15,708	0,191	24,544	0.153	35.343	0.128
0,55	1,080	0,919	4,320	0,459	9,719	0,306	17.279	0,230	26,998	0,184	38,877	0,153
0,60	1,178	1.086	4,712	0,543	10,603	0.362	18.850	0,272	29.453	0,217	42,412	0,181
0,65	1.276	1,267	5,105	0,634	11,487	0,422	20.420	0,317	31,907	0,253	45,946	0,211
0,70	1,374	1,462	5,498	0,731	12,370	0,487	21,991	0,366	34,361	0,292	49,480	0,244
0,75	1,473	1,671	5,891	0,836	13,254	0,557	23,562	0,418	36,816	0,334	53,015	0,279
0,80	1,571	1,894	6,283	0,947	14,137	0.631	25,133	0,474	39,270	0,379	56,549	0.316
0,85	1,669	2,131	6,676	1,065	15,021	0.710	26.704	0,533	41,724	0,426	60,083	0,355
0,90	1,767	2,382	7.069	1.191	15,904	0,794	28,271	0,595	44,179	0,476	63,617	0,397
0,95	1,865	2,646	7,461	1,323	16,788	0,822	29,845	0,662	46,633	0,529	67,152	0,441
1,00	1,96	2,93	7,85	1,46	17.67	0,98	31,42	0,73	49,09	0,59	70,69	0,49
1,10	2,16	3,52	8,64	1,76	19,44	1,18	34,55	0,88	54,00	0,71	77,76	0.59
1,20	2,36	4,18	9,43	2,09	21,21	1,39	37,70	1,05	58,91	0,84	84,82	0,70
1,30	2,55	4,89	10,21	2,44	22,97	1,65	40.84	1,22	63,81	0,98	91,89	0.82
1,40	2,75	5,66	11,00	2,83	24,74	1,89	43.98	1.41	68,72	1,13	98,96	0,94
1,50	2,95	6,48	11.78	3,24	26,51	2,16	47,12	1,62	73,63	1,30	106,03	1,08
1,60	3,14	7.35	12,57	3,68	28,27	2,45	50,27	1,84	78,54	1,47	113,10	1,23
1,70	3,34	8,29	13,35	4,14	30,04	2,76	53,41	2,07	83,45	1,66	120,17	1,38
1,80	3,53	9,28	14,14	4,64	31,81	3,09	56,55	2,32	88.36	1,86	127.24	1,55
1,90	3,73	10,32	14,92	5,16	33,58	3,44	59,69	2.58	93,27	2,06	134,30	1.72
2,00	3,93	11,42	15,71	5,71	35,34	3,81	62,83	2,85	98,17	2,28	141.37	1,90
2,10	4,12	12,58	16,49	6,29	37,11	4,19	65.97	3,14	103,08	2,52	148,44	2,10
2,20	4,32	13,79	17,28	6,89	38,88	4,60	69,12	3,45	107,99	2,76	155,51	2.30
2,30	4,52	15,06	18,06	7,53	40,64	5,02	72,26	3,76	112,90	3,01	162,58	2,51
2,40	4,71	16,38	18,85	8,19	42.41	5,46	75,40	4,10	117,81	3,28	169,65	2,73
2,50	4,91	17,76	19,64	8.88	44,18	5,92	78,54	4,44	122,72	3,55	176,72	2,96
2,60	5,11	19,19	20,42	9,59	45,95	6,40	81,68	4,80	127,62	3,84	183,78	3,20
2,70	5,30	20,69	21,21	10,34	47,71	6,89	84,82	5,17	132,54	4,14	190,85	3,45
2,80	5,50	22,23	21,99	11,12	49,48	7.41	87.96	5.56	137,45	4,45	197,92	3,71
2,90	5,69	23.83	22,78	11,92	51,25	7.94	91.11	5,96	142,35	4,77	204,99	3,97
3,00	5,89	25,49	23,56	12,75	53.02	8,50	94.25	6,37	147,26	5,10	212,06	4.25

5) *Straty spadku z powodu krzywizn i zmian przekroju rur.* Krzywizny, zmniejszanie i zwiększanie przekrojów, pociągają za sobą stratę spadku. Te straty spadku rosną w stosunku kwadratu z chyżości wody przepływającéj przez rury. Przy małych zatém chyżościach są bardzo małe i w rachunku pominiętemi być mogą.

Straty spadku z powodu krzywizn oznaczył sławny inżynier francuzki *Navier* przez następującą formułę:

$$\text{Strata spadku} = \frac{v^2}{19,62}\left(0,004\,\frac{1}{r} + 0,0186\right)\frac{b}{r};$$

gdzie v oznacza chyżość wody w rurze na sekundę, r średni promień krzywizny rury, a b długość części krzywéj w kierunku osi rury.

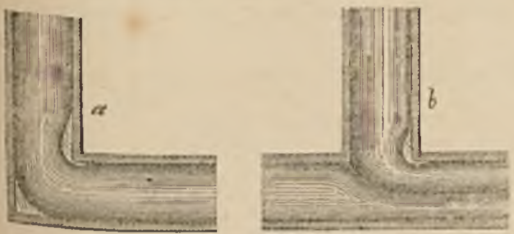


Fig. 214.

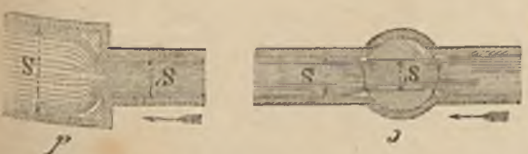


Fig. 215.

Przy nagłych skręceniach strumienia wody, jak (Figura 214, *a*, *b*) wskazuje, strata spadku jest niezmierna. Tworzy się ruch wirowy w załamaniach rury, woda łamie się na ostrych brzegach, co sprawia zwężenie się żyły wodnéj; w skutek tego następuje strata w sile żywéj jaką woda posiada, która to strata natychmiast przez odpowiedni skutek spadku zastąpioną być musi.

W skutek zaś zmiany przekroju rur jak (Figura 215, *c*, *d*) wskazuje, straty spadku wyrażają się przez następujące formuły:

W skutek zwężenia przekroju strata spadku $= \dfrac{v^2}{19,62}\left(\dfrac{s}{s'.\,m} - 1\right)^2.$

W skutek rozszerzenia przekroju strata spadku $= \dfrac{v^2}{19,62}\left(1 - \dfrac{s'}{s}\right),$

gdzie v znaczy chyżość wody w rurach, s największy przekrój, s' przekrój mniejszy, m spółczynnik ściśnienia żyły wodnéj przy zwężonym przekroju.

Przykład. Niechaj rura o przekroju 0,04 metra □ opatrzona będzie kranem, z otworem 0,025 metra □(Fig. 215, *c*). Ile się traci spadku w skutek takiego zwężenia, przy chyżości 1 metra?

$$\text{Strata spadku } h = \frac{1 \times 1}{19,62}\left(\frac{0,04}{0,025 \times 0,65} - 1\right)^2 = 0,109 \text{ metra.}$$

6) *Potrzebna ilość wody w miastach.* *Dupuit* wykazuje tę ilość jak następuje:

	Litrów
Dla jednego mieszkańca dziennie	20
	20

	Litrów
Dla konia dziennie	75.
Na umycie wozu 4-kołowego	75.
Na każdy metr □ ogrodu	1,5
Skrapianie ulic na metr □	1,0
Maszyna parowa wysokiego ciśnienia na konia par. na godz.	28,0
Maszyna parowa niskiego ciśnienia na konia par. na godzinę	700,0
Maszyna par. z ekspansyą i kondesacyą na konia par. na godz.	400,00
Wyrobienie 1 litra piwa	4,0.

Wodociąg miasta Edynburga dostarcza wody na jednego mieszkańca 55, Bruksella dostarcza 80, Paryż 90, Londyn 95, Bazylea 125, Nowy-York 500, a Warszawa w r. 1877 podług Inżynierów Grotowskiego i Bagińskiego dostarczyła litrów 20 dziennie na jednego mieszkańca, licząc 300,000 mieszkańców.

ROZDZIAŁ X.

AEROSTATYKA I AERODYNAMIKA

czyli

o równowadze i ruchu płynów sprężystych.

---

288. Części składowe tych płynów posiadają taką własność, iż wciąż usiłują oddalić się od siebie. Z tego powodu wywierają ciśnienie na ściany naczynia w którém są zawarte. To ciśnienie nazywa się siłą *sprężystości* albo siłą *rozszerzalności* płynu.

Płyny sprężyste nazywają się także *gazami*. Niektóre gazy dają się przez oziębienie albo przez ciśnienie zamienić na płyny ciekłe; i takie płyny nazywają się *parą*. Inne znowu nie zmieniają wcale swego stanu i dlatego nazywają się *gazami stałymi*.

Prawa, jakieśmy wykazali dla płynów ciekłych, służą również i dla gazów. Wszystkie gazy posiadają pewien ciężar, chociaż nie wszystkie jednaki; są gazy cięższe i lżejsze od powietrza atmosferycznego. Ciężar powietrza poznaje się tym sposobem, że kula pusta, z któréj wypompowano powietrze waży mniéj, niż poprzednio. Doświadczenia przekonały, że jedna stopa sześcienna powietrza przy temperaturze 0^0 i 28 calach ciśnienia powietrza waży $2\,^1/_4$ łutów, a więc że powietrze jest 770 razy lżejsze od wody. Ciężar z jakim powietrze ciśnie na ciała stałe i płynne, nazywa się naturalném ciśnieniem powietrza, albo *ciśnieniem jednéj atmosfery.*

1) *Doświadczenie Toricellego.* Niechaj jeden koniec A rurki szklannéj $A\ B$ będzie zamknięty (Fig. 216), a drugi koniec B otwarty. Otwarty koniec obróćmy do góry, napełnijmy rurkę do 80^{cm} wysokości merkuryuszem, następnie otwór B zamknijmy palcem, obróćmy koniec B na dół i zanurzmy go w merkuryuszu znajdującym się w naczyniu, następnie usuńmy palec, to merkuryusz znajdujący się w rurce, o parę centymetrów opadnie na dół. Pomiędzy wierzchołkiem zamkniętym rurki a poziomem merkuryuszu A utworzy się próżnia, która się *próżnią* (Vacuum) *Toricellego* nazywa. Pozostały słupek merkuryuszu $A\ B$ w rurce, na zasadzie równowagi płynów w naczyniach spółkujących, zrównoważony będzie przez powietrze atmosferyczne zewnętrzne. Taki przyrząd nazywa się *barometrem*,

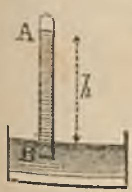


Fig. 216.

a wysokość h słupa merkuryuszu, wysokością barometru. Stan barometru jest zatém miarą ciśnienia powietrza.

2) *Ciśnienie jednéj atmosfery.* Wysokość barometru na powierzchni morza wynosi 76 centymetrów, zatém objętość słupka merkuryuszu w barometrze na 1 centymetr □ = 76 centymetrów sześciennych, których ciężar = $76 \times 13,59 = 1033$ grammów = 1,033 kilogramów, dla tego ciśnienie na powierzchni morza na 1 centymetr □ = 1,033 kilogramów.

Jakkolwiek zaś ta wielkość stosownie do stanu pogody i wysokości miejsca cokolwiek się zmienia, w mechanice jednak uważaną być zwykła za stałą jednostkę ciśnienia powietrza czyli ciśnienia jednéj atmosfery przy obliczaniu ciśnienia kotłów parowych, pras hydraulicznych, miechów czyli cylindrów wiatrowych przy wielkich piecach i t. p. I dlatego przez parę ciśnienia 4 atmosfer, należy rozumieć, iż ona wywiera 4 razy większe ciśnienie na boki kotła, niż powietrze atmosferyczne na powierzchni morza.

Ponieważ kolumna merkuryuszu na 76 centymetrów wysoka, równoważy słup wody na $0,76 \times 13,59 = 10,33$ metrów wysoki, przeto ciśnienie jednéj atmosfery można także wyrazić przez słup wody 10,33 metrów wysoki. Tym sposobem otrzymujemy w rozmaitych miarach i wagach następującą tablicę:

Ciśnienie jednéj atmosfery.

Słup wody	Słup merkuryuszu	Ciśnienie
10,33 metrów	76 centymetr.	1,033 kil. na centym. □
31,80 stóp francuzkich	28,06 cali franc.	15,45 funt. fr. na cal □ fr.
32,68 stóp austryackich	28,83 „ austr.	12,80 f. austr. na cal □ austr.
32,91 stóp pruskich . .	29,04 „ prus.	14,12 f. prus. na c. □ prus. czyli cel.
33,89 stóp angiel. i ross.	29,90 „ ang.	14,70 f. ang. na cal □ ang.
34,43 stóp szwajcarskich	25,33 „ szwaj.	18,60 f. szwajc. na cal □ szwajc.
35,87 stóp polskich . .	31,66 „ polsk.	15,17 f. polskich na cal □ polski.

Uwaga. Rząd pruski ustanowił dawniéj ciśnienie jednéj atmosfery podług staréj miary na 14 funtów celnych na 1 cal □. Obecnie przyjęte zostały miary francuzkie.

Przykład 1. Mamy podnieść wodę na 70 metrów wysoko. Jak wielkie będzie ciśnienie wody w rurach wodociągowych, wyrażone w atmosferach?

Dzielę całą długość wodociągu na części po 10,33 metrów w kierunku pionowym, to ciśnienie na spód pierwszéj części górnéj będzie = 1 atmosferze, na spód 2-éj części górnéj = 2 atmosferom, a na najgłębsze miejsce wodociągu:

$$\frac{70^{m}}{10,33} = 6,78 \text{ atm.}$$

Przykład 2. Ilu atmosferom odpowiada ciśnienie 200000 kilogr. działające na tłok o 24^{cm} średnicy prassy hydraulicznéj?

Przekrój tłoka . . . . = $452,4^{cm}$ □.
Ciśnienie na 1^{cm} □ pow. tłoka 200000 : 452,4 . = 442,1 kil.
Zatém liczba atmosfer $\frac{452,4}{1,033}$ . . . . = 428.

3) *Manometr.* Ciśnienie gazów i par mierzy się przyrządami, które się nazywają *manometrami.* Mówiąc o przyrządach kotła parowego, powiemy także szczegółowo i o manometrach.

4) *Prawo Daltona.* Jeżeli w jakiemś zamkniętém naczyniu mieści się kilka płynów sprężystych (powietrze, pary), to każdy z nich wypełnia w taki

sposób przestrzeń, jak gdyby innych płynów nie było. Ciśnienie jakie ta mieszanina wywiéra, równa się summie ciśnień każdego w szczególności gazu.

5) *Prawo Mariotta.* Powiększając przestrzeń jakiegoś gazu, to jego gęstość i ciśnienie zmniejszać się będzie w takim samym stosunku w jakim zwiększa się objętość. Jeżeli zaś objętość gazu zmniejszamy, to w takim samym stosunku rośnie gęstość i ciśnienie gazu. To prawo ma tylko miejsce do pewnych granic i przy jednostajnéj temperaturze gazu.

6) *Prawo Gay-Lussaca.* Jeżeli ogrzewać będziemy płyny sprężyste pod jednakowém ciśnieniem, to ich objętość zwiększać się będzie proporcyonalnie z temperaturą, ale zato gęstość proporcyonalnie zmniejszać się będzie. Jeżeli zatém te płyny ciągle ogrzewane znajdować się będą w zamkniętém naczyniu, to ich siła rozprężliwości róść będzie z podnoszeniem się temperatury, gdy ich gęstość pozostanie taż sama. W rozdziale XI mówiąc o *cieple*, poprzemy to prawo rachunkiem.

7) *Pompa powietrzna.* Składa się z pompy B i dzwona A (Fig. 217), w którym ma być rozrzedzone powietrze. Jeżeli tłok pompy znajduje się na samym dole, gdy go wyciągniemy w górę, wtedy pod tłokiem utworzy się przestrzeń pusta, nie zawierająca powietrza, w skutek czego powietrze będzie wypływać z dzwona A przez rurę C do B, w skutek czego gęstość jego zrównoważy się we wszystkich przestrzeniach skomunikowanych ze sobą. Niechaj będzie przestrzeń jaką tłok pompy za każdym skokiem przebiega $= 1$, zaś przestrzeń dzwona A i rury $C = 30$, tudzież gęstość powietrza przed pierwszym skokiem tłoka $= 1$.

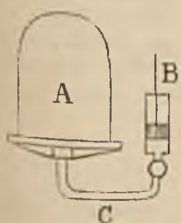


Fig. 217.

Po pierwszym skoku tłoka, powietrze z dzwona mającego objętość 30, przechodzi do przestrzeni $30 + 1 = 31$. W skutek tego gęstość powietrza zmniejszy się w stosunku $31 : 30$, zatém będzie $\frac{30}{31} = 0{,}968$. W tym samym stosunku zmniejsza się gęstość powietrza za każdém uderzeniem tłoka w tymże samym stosunku: Będzie zatém:

$$\text{Gęstość po drugim skoku } 0{,}968 \times \frac{30}{31} = 0{,}937.$$

$$\text{Gęstość po trzecim skoku } 0{,}937 \times \frac{30}{31} = 0{,}907.$$

$$\text{Gęstość po czwartym skoku } 0{,}907 \times \frac{30}{31} = 0{,}878 \text{ i t. d.}$$

Już po kilku uderzeniach tłoka, dzwon tak mocno do talerza przylgnie w skutek ciśnienia zewnętrznego powietrza, że tylko przy użyciu wielkiéj siły oderwany być może od niego.

8) *Smoczek albo lewarek.* Składa się z zakrzywionéj rury $b\,a\,d$, służącéj do wypróżnienia zbiornika A. Wstawia się krótsze ramię w wodę, rozcieńcza się powietrze w rurze, np. przez ssanie z dolnego końca d, to ciśnienie powietrza działające na poziom wody A w zbiorniku, wpychać będzie wodę do krótszego ramienia $b\,a$. Gdyby się punkt a znajdował 10,33 metrów po nad lustrem wody

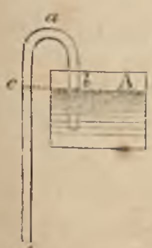


Fig. 218.

w zbiorniku, to z rury wypompowawszy całkowicie powietrze, woda podniosłaby się na powierzchni morza blizko do punktu a, aleby nie wypływała przez rurkę. Jeżeli zaś a leży trochę niżéj, to rozcieńczywszy odpowiednio powietrze w rurce zawarte, woda przepłynie do drugiego ramienia $a\ d$ i takowe całkowicie napełni; odetkawszy teraz rurkę w punkcie d, to woda sama już daléj z rurki a tém samém ze zbiornika wypływać będzie. Ponieważ na koniec d działa siła ciśnienia powietrza pionowo do góry, wyobraźmy sobie tedy jéj punkt przyczepienia przeniesiony na liniję poziomą $b\ c$ to jest w punkcie c, to ciśnienia w c i b pozostaną z sobą w równowadze, podczas gdy słup wody cd nie wstrzymywany przez żadną siłę upada. W chwili kiedy się to dzieje, tworzy się próżnia w przestrzeni $c\ a\ b$, w skutek czego znowu woda ze zbiornika pociągniętą zostanie. I tak następnie. Im głębiéj ramię $c\ d$ zanurza się pod powierzchnię wody, tém przyrząd jest skuteczniéjszy.

9) *Mierzenie wysokości za pomocą barometru.* Gęstość powietrza atmosferycznego zmniejsza się z dołu do góry. Przyczyna w tém leży, że dolne warstwy powietrza przez warstwy nad niemi leżące są więcéj ściskane, niż warstwy górne. Na prawie owego zmniejszania się ciśnienia, polega sposób zmierzenia różnicy wysokości dwóch punktów nad sobą leżących w powietrzu.

Niechaj B i b oznaczają wysokości dwóch barometrów na dwóch stacyach obserwacyjnych, T i t temperatury podług Celsiusa, na tychże stacyach, to znajdziemy odległość pionową h tych stacyj dla wysokości nie wielkich (w miarach metrycznych) podług Babineta:

$$h = 15976\,\frac{B - b}{B + b}\left(1 + \frac{T + t}{500}\right).$$

Przykład. Mamy z pomocą barometru wymierzyć wysokość góry, gdy $B = 0{,}74^m$, $b = 0{,}60^m$, $T = 10^0$, i $t = 7^0$. Otrzymamy więc

$$\text{Wysokość } h = 15976\,\frac{0{,}74 - 0{,}60}{0{,}74 + 0{,}60}\left(1 + \frac{17}{500}\right) = 1725{,}8^m.$$

10) *Wznoszenie się balonu.* Niechaj P oznacza ciężar, a V objętość balonu, daléj s ciężar gatunkowy gazu napełniającego balon, s' ciężar gatunkowy powietrza téj warstwy, do któréj balon może się podnieść, to ciężar gazu napełniającego balon $= V.\ s.$, zatém całkowita siła z jaką balon na dół działa $= V s + P$. Ta siła stawia opór wznoszeniu się balonu do góry, dopóki nie dosięgnie warstwy powietrznéj ciężaru gatunkowego s'. Tutaj wypchnie on massę powietrza równą ciężarowi $V s'$ i balon pozostanie w równowadze z powietrzem. W tém położeniu, będzie:

$$V s' = V s + P.\ \text{zkąd}\ s' = s + \frac{P}{V}.$$

Za pomocą téj formuły i drugiéj służącéj do obliczania wysokości za pomocą barometrów, można wyrachować do jakiéj wysokości balon się podniesie.

Przykład. Niechaj objętość balonu wynosi 200 metrów kub., ciężar jego 150 kilogr. Niech będzie napełniony gazem wodorodnym, którego ciężar na 1 metr kub. 0,09 kilogr. wynosi, to otrzymamy:

$$s' = 0{,}09 + \frac{160}{200} = 0{,}87.$$

Zatém metr kub. powietrza w najwyższym punkcie wzniesienia się balonu, będzie 0,87 kilogr., kiedy metr kub. powietrza na dole waży 1,29 kilogr.

Te ciężary mają się do siebie jak wysokości barometryczne odpowiadających im stanowisk.

Otrzymamy więc wysokość wzniesienia się balonu, bez względu na temperaturę:

$$= 15976 \frac{1,29 - 0,87}{1,29 + 0,87} = 3106 \text{ metrów.}$$

11) *Chyżość wypływania gazów przez otwory.* Chyżość z jaką woda ze zbiornika wypływa jest jak nam wiadomo $v = \sqrt{2\,g\,h}$, gdzie h oznacza wysokość ciśnienia czyli spadku, zaś g przyśpieszenie siły ciężkości po pierwszéj sekundzie $= 9,81^m$. Jeżeli m znaczy ciężar gatunkowy gazu w zbieralniku, ciężar gatunkowy wody $= 1$, to wysokość ciśnienia gazu będzie tyle razy większą od wysokości ciśnienia wody, ile razy m jest mniejsze od 1, więc $= \frac{h}{m}$. Jeżeli więc za h podstawimy $\frac{h}{m}$ w powyższą formułę, to otrzymamy chyżość wypływu gazu:

$$v = \sqrt{\frac{2\,g\,h}{m}}.$$

Oznaczywszy prężenie gazu, w zbiorniku przez wysokość h, na zewnątrz lecz blisko otworu przez wysokość h' słupa wodnego, to w powyższą formułę zamiast h należy wstawić różnicę wysokości $h - h'$.

Przy wykonaniu téj formuły przypuszczamy, że gaz przechodząc przez otwór nie zmienia swéj temperatury. Ponieważ jednak takie przypuszczenie tylko dla małych różnic w wysokościach może być przyjęte, zatém ta formuła tylko w takich razach daje wypadki dosyć dokładne.

Przykład. Niechaj powietrze ciśnienia 1,2 atmosfer wypływa w powietrze ciśnienia 1 atmosfery; jak wielką będzie chyżość wypływu?
Wysokość słupa wodnego przy ciśnieniu jednéj atmosfery . . $= 10,33^m$.
Zatém taż wysokość przy $1,2 - 1 = 0,2$ atmosfery różnicy prężeń
$h = 0,2 \times 10,33 = 2,066^m$.
Że zaś ciężar gatunkowy powietrza ciśnienia 1 atm. . . . . $= 0,001293$,
zatém przy 1,2 atm. $m = 1,2 \times 0,001293$ . . . . $= 0,0015516$.

A tém samém chyżość $v = \sqrt{\frac{2 \times 9,81 \times 2,066}{0,0015516}} = 161,6^m$.

12) *Ilość wypływu.* Otrzymamy teoretyczną ilość wypływu, pomnożywszy przekrój otworu przez chyżość. Wszelako jak z wodą tak samo ma się rzecz i z gazem, że rzeczywista ilość wypływu, jest zawsze mniejsza od teoretycznéj. Rzeczywisty wypływ wynosi 0,60 do 0,97 wypływu teoretycznego. Ten stosunek zowie się spółczynnikiem wypływu.

	Spółczynnik
Spółczynnik ten wynosi w cienkich ścianach bez zaokrągleń	0,60 — 0,64
Dla krótkich walcowych przystawek	0,75 — 0,80
Dla krótkich stożkowych przystawek przy nachyleniu 10^0	0,88 — 0,92
Dobrze zaokrąglone dyzy	0,96 — 0,97.

Przykład. Niechaj powietrze, jakeśmy w ostatnim przykładzie przyjęli, wypływa przez otwór mający przekroju $0,008^m$ □, dla którego spółczynnik wypływu 0,90 może być przyjęty. Ile powietrza wypłynie w sekundzie czasu?

Teoretyczna ilość wypływu . $0{,}008 \times 161{,}6 = 1{,}2928^m$ kub.
A zatém rzeczywista . . . $0{,}90 \times 1{,}2928 = 1{,}163^m$ kub.

13) *O ruchu gazów w rurach.* Tarcie, jakiego gazy przepływając rurami doznają, ulega tym samym prawidłom co i tarcie wody. Strata wysokości ciśnienia dla wody jest jak wiadomo:

$$h = K \frac{L}{D} \times \frac{v^2}{2g},$$

gdzie L oznacza długość wodociągu, D jego średnicę, v chyżość wody w sekundzie czasu, a zaś $g = 9{,}81$ przyśpieszenie w jednéj sekundzie czasu.

Dla wody można podstawić wartość dostatecznie wielką za $K = 0{,}03$. Że zaś opór z tarcia jest proporcyonalny gęstości a zatém ciężarowi gatunkowemu s płynu, zatém strata ciśnienia h oznaczy się przez wysokość słupa wody, dla każdego innego płynu w przybliżeniu:

$$h = 0{,}03 \,.\, s . \frac{L}{D} \times \frac{v^2}{2g}.$$

Dla powietrza atmosferycznego przy rurach wiatrowych bierze się $s = 0{,}0013$, dla gazu oświetlającego $s = 0{,}00050$ aż do $s = 0{,}00085$ w stosunku do gęstości gazu.

Przykład. W komunikacyi gazowéj na 500^m długiéj i $0{,}25^m$ średnicy, niechaj gaz porusza się z chyżością 4^m w sekundzie czasu. Na końcu komunikacyi winien gaz jeszcze posiadać ciśnienie $0{,}05^m$ słupa wodnego. Jaki musi być stan manometru wodnego na początku komunikacyi, t. j. w gazometrze, dla gazu bardzo gęstego?

Strata ciśnienia $h = 0{,}03 \times 0{,}00085 \times \frac{500}{0{,}25} \times \frac{16}{2 \times 9{,}81} = 0{,}042^m$.

Zatém stan manometru wodnego w gazometrze $0{,}05 + 0{,}042 = 0{,}092^m$.

14) *Ogólne prawidła dla wiatro- i gazociągów.* Średnicę rurom należy dawać o ile można wielką, aby tym sposobem chyżość pomniejszyć. Długość komunikacyi powinna być krótką o ile można; należy unikać ściśnienia strumienia płynu, w skutek zwężenia, rozszerzenia, przy kranach, przy wchodzeniu w rury, oraz należy unikać nagłego zakrzywienia rur.

ROZDZIAŁ XI.

O CIEPLIKU.

---

289. Podział termometrów czyli ciepłomierzy. Najwygodniejszym w użyciu i najpowszechniejszym ciepłomierzem, jest termometr *rtęciowy*, czyli *merkuryalny*. Składa on się z rurki szklanéj doskonale cylindrycznéj, zakończonéj kulką wewnątrz pustą. Kulka ta i część rurki napełnione są merkuryuszem. Z podnoszeniem się temperatury (ciepłoty) rozszerza się merkuryusz i wznosi się w rurce, ponieważ rozszerzalność szkła jest mniejszą od rozszerzalności merkuryuszu i przeciwnie, za zmniejszaniem się temperatury, opada zaraz merkuryusz w rurce. Podnoszenie się i spadanie merkuryuszu jest tém widoczniejsze, im większą jest średnica kulki w stosunku do średnicy rurki. Jeżeli rurka jest doskonale kalibrową, to jest, jeżeli w całéj długości posiada jeden i tenże sam przekrój, to podnoszenie się i opadanie merkuryuszu bywa jednostajne. Dla uwidocznienia owych zmian temperatury, umieszcza się na rurce skalę, na któréj oznaczają się dwa główne punkta, t. j. *punkt wrzenia* i *punkt marznięcia*, a odległość między owymi punktami dzieli się na dowolną liczbę części, które się nazywają *stopniami* czyli *gradusami*. Ta zasadnicza odległość dzieli się na 80, 100 i 180 części. Piérwszy podział nazywa się skalą *Réaumura*, drugi *Celsiusza*, a trzeci *Fahrenheita*.

Skale Réaumura i Celsiusza to mają wspólnego, że liczenie na nich podziałów zaczyna się od 0 (zera), t. j. od punktu marznięcia czystéj wody, ku punktowi wrzenia *dodatnio*, a na dół od zera czyli od punktu marznięcia rachując *ujemnie*; zkąd temperatury wyższe od zera, oznaczają się znakiem + (więcéj), a niższe od zera, znakiem — (mniéj). Na skali zaś Fahrenheita, punkt marznięcia oznaczony jest cyfrą + 32, a punkt wrzenia cyfrą + 212.

Ażeby oznaczyć skalę podług któréj podaną jest temperatura, dodawać się zwykło po za liczbą stopni głoski: R. C. albo F.

Przed stopniami poniżéj punktu marznięcia, należy dodawać znak *ujemny* (—); przed cyframi nie mającemi żadnego znaku, należy się domyślać znaku *dodatniego* (+).

Stan więc temperatury wyrażony termometrem Réaumura będzie najniższy, a podług Fahrenheita największy, albowiem stopnie Réaumura mają się do stopni Celsiusza i Fahrenheita jak: $\frac{1}{80}:\frac{1}{100}:\frac{1}{180}$, lub jak $\frac{1}{4}:\frac{1}{5}:\frac{1}{9}$ t. j.

4 stopnie Réaumura równają się 5 stopniom Celsiusza, a 9 Fahrenheita. Oprócz tego skala Fahrenheita, wyprzedza inne skale liczbą stałą 32.

Z tego cośmy tutaj powiedzieli, wynika prawidło, że stan temperatury przez Celsiusza podany należy przez $\frac{4}{5}$ pomnożyć, a otrzymamy temperaturę na termometrze Réaumura. I nawzajem, chcąc zamienić skalę Réaumura na skalę Celsiusza, należy liczbę stopni Réaumura pomnożyć przez ułamek $\frac{5}{4}$.

I tak: 15^0 C. dają $15 \times \frac{4}{5} = 12^0$ R., zaś 20^0 R. dają $20 \times \frac{5}{4} = 25^0$C.

Cokolwiek zawilszą jest zamiana stopni Fahrenheita na stopnie Celsiusza albo Réaumura; chcąc albowiem skalę Réaumura albo Celsiusza zamienić na Fahrenheita, należy pierwszą pomnożyć przez $^9/_5$ a drugą przez $^9/_4$ a do iloczynów dodać liczbę stałą 32. Zatém 15^0 C. $= \frac{9}{5} \times 15 + 32 = 59^0$ F., daléj 20^0 R. $= \frac{9}{4} \times 20 + 32 = 77^0$ F.

Ażeby nakoniec skalę Fahrenheita przemienić na skalę Celsiusza lub Réaumura, odejmuje się od niéj liczbę 32, a resztę mnoży się w pierwszym razie przez $\frac{5}{9}$ a w drugim przez $\frac{4}{9}$. A zatém:

68^0 F. $= \frac{5}{9}(68 - 32) = 20^0$ C.; a 86^0 F. $= \frac{4}{9}(86 - 32) = 24^0$ R.

Ponieważ merkuryusz w temperaturze $- 39^0$ C. marznie, a w temperaturze $+ 350^0$ C. w stan gazowy przechodzi, zatém w tych tylko granicach można go do termometrów używać. Alkohol marznie dopiero w $- 100^0$ a zaczyna się rozszerzać w $+ 10^0$ niejednostajnie; dlatego alkoholu używa się głównie do mierzenia nizkich temperatur.

Wysokie temperatury mierzą się za pomocą pyrometrów. Pyrometr Wedgewooda polega na własności gliny która się w ogniu ściąga; pyrometr Daniella na niejednostajności rozszerzania się platyny i grafitu, pyrometr Petersona, również na niejednostajném rozszerzaniu się platyny i żelaza.

Tabelka służąca do zamiany stopni ciepła.

Celsiusz	Réaumur	Fahrenheit	C.	R.	F.	C.	R.	F.	C.	R.	F.	C.	R.	F.
—40	—32	—40	10	8	50	65	52	149	120	96	248	175	140	347
—35	—28	—31	15	12	59	70	56	158	125	100	257	180	144	356
—30	—24	—22	20	16	68	75	60	167	130	104	266	185	148	365
—25	—20	—13	25	20	77	80	64	176	135	108	275	190	152	374
—20	—16	— 4	30	24	86	85	68	185	140	112	284	195	156	383
$-17^7/_9$	$-14^2/_9$	0	35	28	95	90	72	194	145	116	293	200	160	392
—15	—12	+ 5	40	32	104	95	76	203	150	120	302	205	164	401
—10	— 8	14	45	36	113	100	80	212	155	124	311	210	168	410
— 5	— 4	23	50	40	122	105	84	221	160	128	320			
0	0	32	55	44	131	110	88	230	165	132	329			
+ 5	+ 4	41	60	48	140	115	92	239	170	136	338			

290. Rozszerzanie się ciał stałych w skutek ciepła. *a) Rozszerzanie linijne.* Rozszerzanie się ciała jednego i tego samego w pewnych granicach jest jednostajne, t. j. że sztaba dla pewnej liczby stopni przedłuża swą długość o pewną i odpowiednią liczbę cząstek swojéj pierwotnéj długości.

Jeżeli długość jakiegoś ciała uczynimy = 1, to powiększa się jego długość jak następuje:

Ciało	od 0—100°C.	Ciało	od 0—100°C.
Alluminium (Glin) . . .	0,002220	Miedź	0,001712
Ołów	0,002848	Marmur czarny . . .	0,000426
Bronz	0,001816	Mur ceglany	0,000550
Cement	0,001435	Mosiądz	0,001867
Flintglas (ang.) . . .	0,000812	Platyna	0,000856
Rurki szklane	0,000876	Srebro czyste	0,001990
Złoto	0,001514	Żelazo w sztabach . .	0,001231
Granit	0,000868	Stal niehartowana . . .	0,001078
Wyroby grafitowe (3 części grafitu, 1 cz. gliny)	0,000293	Stal hartowana . . .	0,001239
		Wyroby garncarskie . .	0,000120
Żelazo lane	0,001110	Bizmut	0,001392
Lut twardy (1 cynku, 2 miedzi)	0,002058	Cegła zwyczajna . . .	0,000550
		Cegła ogniotrwała . . .	0,000493
Drzewo jodłowe . . .	0,000352	Cynk lany	0,003051
Spat wapienny	0,002860	Cyna cienka	0,002283

W wyższych temperaturach rozszerzanie odbywa się już nie jednostajnie, przedłużenie się ciała bywa tu znaczniejsze. Podług pp. *Petit* i *Dulonga* rozszerzanie to wynosi:

	od 0 do 300° C.		od 0 do 300° C.
dla szkła . .	0,003252	dla żelaza . .	0,004405
dla platyny .	0,002755	dla miedzi . .	0,005650.

Przykład. O ile przedłuży się sztaba żelazna na 5 metrów długa, jeżeli jéj temperatura podniesie się od 20° C. do 90° C. czyli o 70° C. ?

$$\text{Przedłużenie przy } 100^0 \text{ C. } 5^m \times 0{,}001231 = 0{,}00615^m.$$

$$\text{Przedłużenie przy } 70^0 \text{ C. } \frac{70}{100} \times 0{,}00615 = 0{,}00430^m.$$

Gdybyśmy chcieli znaleźć rozszerzenie téjże saméj sztaby żelaznéj w temperaturze 220° — 290° C. należałoby spółczynnik 0,001231 zastąpić spółczynnikiem pp. Petit i Dulonga t. j. 0,004405 : 3.

b) Rozszerzanie powierzchni i bryłowatości. Niechaj brzeg bryły sześciennéj = 1. Jeżeli temperatura sześcianu podniesie się o 1° C., to długość brzegu zmieni się na $1 + a$, zatém

powierzchnia jednéj ściany $(1 + a)^2 = 1 + 2a + a^2$

a objętość sześcianu . . $(1 + a)^3 = 1 + 3a + 3a^2 + a^3$.

Że zaś przedłużenie linijne a jest bardzo małe, zatém wyrazy a^2, $3a^2$, a^3 opuszczone być mogą. Z tego wypływa, że powierzchnia 1 powiększa się o $2a$, a objętość o $3a$. Zatém rozszerzenie powierzchni jest 2 razy, a objętości 3 razy większe od przedłużenia linijnego.

c) Rozszerzanie stałe w skutek ogrzewania i oziębiania na przemian. Princep zauważył że retorta żelazna lana po trzechkrotném jéj ogrzaniu i na przemian oziębieniu zatrzymała rozszerzanie stałe = 0,0376.

Doświadczenia Brixa z rusztami dały następujące wypadki: belka rusztowa $1{,}1^m$ długa po trzech dniach palenia przedłużyła się o $0{,}0049^m$, po 17 dniach $0{,}0114^m$, a po 30 dniach o $0{,}0212^m$. Po dłuższém użyciu okazały się już bardzo nieznaczne i zmienne różnice; przedłużenie więc ostatnie $0{,}02^m$ uważa Brix przy rusztach za stałą granicę.

d) Wzgląd na rozszerzanie przy rozmaitych konstrukcyach. Jakkolwiek rozszerzanie się ciał przy nizkich temperaturach powietrza (najwyżéj 45^0 C.) jest bardzo małe, wszelako może ono mieć czasami bardzo znakomite i szkodliwe następstwa; dla tego przy wielkich budowlach, jak mosty, dachy, halle na drogach żelaznych etc., wymagających wielkiéj dokładności, należy go pod rachunek podciągnąć. Rury np. żelazne w skutek zwyczajnych zmian temperatury łatwo odrywają się od siebie albo pękają, gdybyśmy ich odpowiedniemi kompensatorami nie opatrzyli. Te kompensatory są to mufy w taki sposób z sobą połączone, że przy zmianie temperatury mogą się w sobie przesuwać, dla wyrównania długości komunikacyi, zmienionéj skutkiem zmiany temperatury. W komunikacyach parowych lub dla gorącego powietrza, urządzenie to jest tém konieczniejsze, ponieważ zmiany temperatury, są tutaj bardzo wielkie.

291. Rozszerzanie się ciał płynnych. Rozszerzanie się płynów (rozszerzanie bryłowatości), jest mniéj jednostajném, aniżeli ciał stałych. W ogóle rozszerzanie się płynów tym będzie większe, im niższy jest punkt wrzenia, i im bardziéj temperatura zbliża się do tego punktu. Przy zwiększaniu się cieplika od 0 do 100^0 C. rozszerzanie bryłowatości będzie, dla:

Oleju lnianego	0,072	Solanki	0,050
Oliwy	0,080	Kwasu siarkowego	0,060
Terpentyny	0,070	Wody	0,043
Merkuryuszu	0,018	Spirytusu winnego	0,100.

Woda w temperaturze $+ 4{,}1^0$ C. jest w stanie największéj gęstości; jéj objem podług Despretza rośnie w sposób następujący:

Temperatura	Objętość	Temperatura	Objętość	Temperatura	Objętość
0^0 C.	1,000108	35^0 C.	1,00593	70^0 C.	1,02255
5	1,000008	40	1,00773	75	1,02562
10	1,000268	45	1,00985	80	1,02885
15	1,000875	50	1,01205	85	1,03225
20	1,00179	55	1,01445	90	1,03566
25	1,00293	60	1,01608	95	1,03925
30	1,00433	65	1,01967	100	1,04315.

292. Rozszerzanie się ciał lotnych. Podług Gay-Lussaca rozszerzanie się powietrza atmosferycznego oraz wszelkich gazów i par jest jednostajne. Wynosi ono podług Karmarscha na każdy stopień termometru Celsiusza dla następujących gazów:

Powietrze atmosferyczne .	0,003665	Gaz amoniakalny . .	0,003713
Gaz kwasorodny . . .	0,003685	Niedokwas węgla . .	0,003666
Gaz wodorodny . . .	0,003661	Kwas węglowy . . .	0,003710.

Przykład. Powietrze temperatury 0^0 wchodzi do pieca, gdzie ogrzewa się do 1000^0. O ile przez to powiększy się jego objętość ?

Powiększenie objętości 1 przy 1^0 ogrzania . . . . $= 0,00367$.
Zatém powiększenie przy 1000^0 . . $0,00367 \times 1000 = 3,670$.
Całkowita więc objętość będzie . . . . $1 + 3,670 = 4,670$.

Jeżeli powietrze lub ciało gazowe w skutek ciśnienia rozgrzeje się o t stopni, to jego objętość podniesie się w stosunku

$$1 : 1 + 0,00367 . t$$

ale za to jego gęstość zmniejszy się w stosunku odwrotnym. Jeżeli zaś to samo powietrze albo też ciało gazowe w tak ogrzanym stanie będziemy jeszcze uciskać mocniéj, to jego gęstość będzie się powiększać, ale za to objętość zmniejszać, proporcyonalnie ciśnieniu.

Przykład 1. Objętość jednego kilogramu powietrza temperatury 0^0, pod ciśnieniem 0,76 metra wysokości merkuryalnéj $=$ 773 litrów; jakaż będzie objętość 1 kilogr. tegoż samego powietrza w temperaturze 46^0 C., pod ciśnieniem 1,25 metra?

Objętość 1 kilogr. powietrza pod ciśnieniem 0,76 metra, gdy takowe od 0^0 do 46^0 C. ogrzaném zostanie, powiększy się do

$$773\,(1 + 0,00367 \times 46) = 903,5 \text{ litrów.}$$

Jeżeli to powietrze ogrzane poddamy ciśnieniu 1,25 metrów wysokości merkuryalnéj (zamiast 0,76 metra), to objętość zmniejszy się w stosunku odwrotnym tych ciśnień i będzie tylko wynosić:

$$903,5 \times \frac{0^m,76}{1^m,25} = 549,3 \text{ litrów.}$$

Przykład 2. Jeden metr sześcienny powietrza atmosferycznego temperatury 0^0 pod ciśnieniem 1 atmosfery waży 1,293 kilogr.; ile waży 1 metr kub. tegoż samego powietrza temperatury 66^0 pod ciśnieniem 3 atmosfer?

Jeżeli 1 metr sześcienny powietrza pod ciśnieniem 1 atmosfery ogrzejemy od 0^0 do 66^0 C. to takowe rozszerzy się w stosunku następującym:

$$1 + 1 + 0,00367 \times 66 \text{ lub } 1 : 1,24222.$$

A zatém gęstość jako też i ciężar 1 metra kub. zmniejszy się w stosunku odwrotnym, zatém jego ciężar będzie:

$$1,293 \times \frac{1}{1,24222} = 1,041 \text{ kilogramów.}$$

Jeżeli takie powietrze poddamy zamiast 1, dwóm atmosferom ciśnienia, to ciężar jednego metra kub. będzie dwa razy tak wielki t. j. 2,086 kilogramów.

Przykład 3. Jeden metr sześcienny powietrza posiada ciśnienie 1 atmosfery, przy temperaturze 0^0. Następnie skutkiem ciśnienia objętość powietrza zmniejszyła się do 0,6 metra kub., lecz tak się rozgrzało, że ciśnienie jego obecnie 3 atmosfery wynosi. W jakiéj temperaturze t miało to miejsce?

Objętość powietrza pod ciśnieniem 1 atmosfery i w temperaturze t stopni $= 1 + 0,00367 . t$, zatém pod ciśnieniem trzech atmosfer, posiadać będzie objętość $= {}^1/_3$ części tylko powyższéj objętości. Ta objętość musi być równą 0,6 metra kub. A zatém:

$$\frac{1 + 0,00367 . t}{3} = 0,6 \text{ zkąd } t = 218^0.$$

293. Punkt bezwzględny temperatury. Niechaj ciało w temperaturze 0^0 posiada objętość $= 1$; jeżeli jego temperatura oniży się o t stopni, to jego objętość będzie wtedy równą $1 - 0{,}00367 . t$. Lecz oziębianie się ciała postępuje coraz daléj, tak, że objętość ciała staje się nakoniec prawie nieznaczną. W takim razie mamy:

$$1 - 0{,}00367 . t = 0, \text{ zatém } t = \frac{1}{0{,}00367} = -273^0$$

Dalsze oziębianie ciała, nie może już mieć miejsca. I z téj to przyczyny temperaturę -273^0 pod zwyczajnym punktem zera, nazywamy *bezwzględnym punktem zera.*

294. O cieplìku gatunkowym. a) *Jednostka miary.* Aby różne substancye, posiadające jednakową wagę ogrzać do jednakowego stopnia, potrzeba do tego użyć rozmaitych ilości cieplika, i tak np. potrzeba takiéj saméj ilości cieplika aby 1 kilogram wody od 0^0 do 3^0 ogrzać, jak 1 kilogram merkuryuszu od 0^0 do 100^0, czyli, że ilości cieplika, ogrzewające jednakowo równe ilości wody i merkuryuszu, mają się do siebie jak 100 : 3.

Ilość cieplika jaką rozmaite ciała w sobie pochłaniają przy jednakowym swoim ciężarze, dla doprowadzenia ich temperatury do jednakiéj liczby stopni, nazywą się *cieplikiem gatunkowym.* Ilość cieplika spotrzebowana przez wodę bierze się za jedność; a przez *jednostkę cieplika* czyli *ciepliny* (calorie) rozumie się taka ilość ciepła, jakiéj potrzeba, aby temperaturę 1 kilogramu wody podnieść o 1^0 C.

Wszelako ciężar gatunkowy wody nie jest stały. Rośnie on cokolwiek z temperaturą, jak się o tém *Régnault* przeświadczył; i tak:

Temperatura	0	20	60	100	150	200° C.
Ciężar gatunkowy	1	1,0005	1,0017	1,0050	1,0097	1,0160.

Że zaś to zwiększanie się ciężaru gatunkowego jest wcale nieznaczne, przeto dla uproszczenia rachunków, ciężar gatunkowy wody przyjmujemy za 1.

Zatém 100 cieplin (calorie) mogą podnieść temperaturę 1 kilogramu wody od 0^0 do 100^0 C.; lub téż te same 100 cieplin mogą podnieść temperaturę 100 kilogramów wody od 0^0 do 1^0 C.; lub 50 kilogr. do 2^0 C. i t. d. We wszystkich tych razach owe 100 cieplin ukrywają się w wodzie, a przy spadnięciu jéj temperatury do 0^0 w zupełności napowrót oddawane bywają czyli stają się widzialnemi. Z tego wynika, że 5 kilogr. wody 10^0 C. $= 5 \times 10$ czyli 50 cieplinom; 7 kilogr. wody 20^0 C. $= 7 \times 20 = 140$ cieplin. Zmięszawszy 4 kilogr. wody 10^0 C. z 3-ma kilogr. 60^0 C., to mięszanina zawierać będzie $4 \times 10 + 3 \times 60 = 220$ jednostek cieplika czyli cieplin, które rozdzielą się równo na całe 7 kilogramów wody; zatém każdy kilogram $\frac{220}{7} = 31\,^3/_7$ cieplin, a zatém temperatura owéj mięszaniny będzie $31\,^3/_7{}^0$ C.

b) *Cieplik gatunkowy ciał stałych i ciekłych.*

Ciała.		Ciała.	
Alkohol (ciężar gat. 0,81). .	0,700	Drzewo	0,0324
„ (ciężar gat. 0,79). .	0,622	„ sosnowe. . . .	0,6500
Aluminium (glin)	0,2143	„ dębowe	0,5700
Antymon	0,0508	Feldspat	0,1911
Cyna	0,0562	Glina wypalona	0,1950

Ciała.		Ciała.	
Lód	0,9200	Spat wapienny . . .	0,2046
Łój topiony	0,3000	Srebro	0,0570
Merkuryusz	0,0333	Stal.	0,1185
Metal na dzwony	0,1100	Szkło.	0,1777
Metal Rosego	0,0338	Wapno.	0,2230
Miedź	0,0952	Węgiel drzewny . . .	0,2415
Mosiądz	0,0939	Woda	1,0000
Nikiel	0,1086	Żelazo kute	0,1138
Oliwa	0,3096	Żelazo lane	0,1298
Ołów	0,0314	Złoto	0,0324
Platyna	0,0324	Zynk (vel Cynk). . .	0,0956.
Siarka	0,2026		

Przykład 1. Ile cieplin potrzeba, aby 15 kilogramów żelaza zagrzać od 20⁰ do 200⁰ C. ?

Podniesienie temperatury . . . . . . $200 - 20 = 180^0$ C.
15 kilogr. wody potrzebują do tego . $15 \times 180 = 2700$ cieplin.
Że zaś średni cieplik gatunkowy żelaza . . . . $= 0{,}1138$
Zatém dla 15 kilogr. żel. potrzeba $2700 \times 0{,}1138 = 307{,}36$ cieplin.

Przykład 2. Jaką będzie posiadać temperaturę mięszanina wody 100^0 C. z 5 kilogramami alkoholu 32^0 C.?

1 kilogr. wody 100^0 C. zawiera . . . . 100 cieplin.
5 kilogr. alkoholu 32^0 C. zawiera . . $5 \times 32 \times 0{,}7 = 112$ „
Zatém 6 kilogramów mięszaniny zawierać będą razem $= 212$ „

Zatém temperatura mięszaniny $\frac{212}{6}$ . . . . $= 35\ {}^1/_3{}^0$ C.

Nie tylko wody, jak to wspomnieliśmy wyżéj, ale i innych ciał powiększa się cieplik gatunkowy z podnoszeniem się temperatury. Podług *Byströma* cieplik gatunkowy wypada przy

Temperaturze	0^0	100^0	200^0	300^0 C.
Żelaza lanego . . .	0,1277	0,1295	0,1339	0,1407
„ kutego . . .	0,1116	0,1138	0,1188	0,1267
Stali lanéj	0,1178	0,1198	0,1246	0,1321.

c) *Cieplik gatunkowy gazów.* Jeżeli powietrze np. pod dzwonem pompy powietrznéj zamknięte będzie się rozszerzać, to temperatura jego będzie się natychmiast zmniejszać, wraz z siłą rozprężliwą powietrza. Aby nadać znowu pierwotną wartość sile rozprężliwéj, należy powietrze ogrzać. Ogrzejmy tę massę powietrza o 1^0 C. aby się tak rozszerzyło, iżby jego siła rozprężliwa pozostała ta sama, to do tego celu potrzebny cieplik, składać się będzie z dwóch części: z jednéj części, która przy téj saméj objętości temperaturę jego podnosi, i z części drugiéj, która przy téj temperaturze objętość powietrza powiększa. Gdy pierwsza część $= 1$, to druga część podług Régnaulta $= 0{,}41$; czyli że cieplik gatunkowy powietrza przy tém samém ciśnieniu jest w stosunku 1,41 do 1 większy, od cieplika gatunkowego przy téj saméj objętości.

Podług Régnaulta, cieplik gatunkowy ciał następujących (przyjąwszy takowy dla powietrza = 1) będzie:

Ciała gazowe	Przy jednakich objętościach	Pod jednakowém ciśnieniem
Powietrze atmosferyczne . .	0,1686	0,2377
Para eterowa	0,3411	0,4810
Para wodna	0,3337	0,4750
Kwas węglowy	0,1535	0,2164
Niedokwas węgla	0,1758	0,2479
Kwasoród	0,1548	0,2182
Wodoród	2,4146	3,4046.

295. O zmianie stanu skupienia ciał. Jeżeli ciało stałe będziemy ogrzewać, to jego temperatura będzie się dotąd podnosić, aż ciało zacznie się topić. Odtąd temperatura pozostaje niezmienną, dopóki ciało zupełnie się nie stopi, gdyż całkowity cieplik jaki w czasie procesu topienia przyjęło, służy mu do zniweczenia równowagi pomiędzy składowemi cząsteczkami czyli molekułami.

I tak, aby 1 kilogram lodu albo śniegu temperatury 0^0 przemienić na wodę temperatury 0^0, potrzeba do tego 78 cieplin. Te 78 cieplin nazywają cieplikiem *ukrytym* albo *utajonym*, ponieważ nic nie wpływają na podniesienie temperatury. Jeżeli nawzajem 1 kilogram wody temperatury 0^0 zamienia się na lód 0^0, to owe 78 cieplin znowu staną się *wolnemi* czyli *widzialnemi*.

Również ciecz przy zamienianiu się w parę potrzebuje pewnej ilości cieplika np. woda przy 100^0 potrzebuje 537 cieplin.

Cieplik ukryty.

Przy topieniu		Przy zawrzeniu	
Lód	78,0 cieplin	Woda 100^0	537 cieplin
Ołów	5,3 „	Alkohol (c. gat. 0,825)	245 „
Cyna	14,3 „	Eter siarczany . . .	168 „
Srebro	21,1 „	Olejek terpentynowy .	74 „

Żelazo lane nie posiada pewnego stałego punktu topliwości, robi ono pewne przejścia w miękkości:

Dla 1-go stanu zwiększenia potrzebuje . . 204 — 225 cieplin.
Dla 2-go „ „ „ . . 225 — 255 „
Dla 3-go „ „ „ . . 255 — 292 „

296. Stopień marznięcia, topienia i wrzenia.

Ciała	Punkt marznięcia	Punkt topienia	Wrzenie czyli ulotnienie pod ciśnieniem 1 atmosf.
Alkohol czysty	-100^0 C.	-100^0 C.	$78{,}3^0$ C.
Antymon	—	424	—
Asfalt	—	100	—
Bronz	—	900	—
Bizmut	—	256	—
Cyna	—	235	—
Eter siarczany	—	—	37
Fosfor	—	44	290
Jod	—	—	175

Ciała	Punkt marznięcia	Punkt topienia	Wrzenie czyli ulotnienie pod ciśnieniem 1 atmosf.
Kamfora	—	175 do 198	205 do 215
Kauczuk	—	120	—
Kreozot	—	—	203
Kwas saletrzany (c. gat. 1,52) .	—	—	86
Kwas saletrzany (c. gat. 1,21) .	—	—	20
Łój wołowy	—	43	—
Masło	—	26 do 32	—
Miedź	—	1050	—
Merkuryusz	—39,5	—39,5	350
Mydło	—	33	—
Oléj lniany	—20	— 20	387
Oléj makowy	—18	— 18	—
Oliwa	—	4	—
Oléj palmowy	—	26	—
Oléj rzepakowy	— 4	— 4	—
Olejek terpentynowy	—10	— 10	156
Ołów	—	262 do 335	—
Platyna	—	1700	—
Smoła	—	85	—
Siarka	—	110	316
Szmalec wieprzowy	—	41	—
Srebro	—	1000	—
Stal	—	1300 do 1400	—
Stearyna	—	49	—
Woda czysta	0^0	0^0	100
Woda morska	—2,5	— 2,5	103,7
Wosk	—	62 do 64	—
Żelazo lane	—	1050 do 1200	—
Żelazo kute	—	1500 do 1600	—
Złoto	—	1250	—
Zynk (vel cynk)	—	360	1400
Żywica sosnowa	—	135	—

297. Stopień topliwości mięszanin.

Powstałych z części			Stopnie Celsiusza	Stopnie Réaumura	Topią się pod ciśnieniem atmosfer.
Bizmutu	Ołowiu	Cyny			
8	5	3	100	80	1
8	8	4	113,3	90,6	1 1/2
8	8	8	123,3	98,6	2
8	10	8	130	104	2 1/2
8	12	8	132,4	105,9	3
8	16	14	142,3	113,8	3 1/2

Powstałych z części			Stopnie Celsiusza	Stopnie Réaumura	Topią się pod ciśnieniem atmosfer.
Bizmutu	Ołowiu	Cyny			
8	16	12	145,4	116,3	4
8	22	24	153,8	123	5
8	32	36	160,2	128,1	6
8	32	28	166,5	133,2	7
8	30	24	172	137,6	8

Te łatwotopne mieszaniny metaliczne używane były dawniéj do zabezpieczenia kotłów parowych od eksplozyi, na przypadek opadnięcia w tymże poziomu wody pod linię ogniową.

298. Mięszaniny zimne.

Substancye w częściach odważonych	Temperatura spada od	do
1 Wody, 1 saletranu amoniakalnego	+10° C.	—15,5° C.
10 rozcieńczonego kwasu solnego, 16 soli Glaubera .	+10	—17,8
1 rozcieńczonego kwasu solnego, 1,5 soli Glaubera .	+10	—16
1 śniegu, 4 witrioleju, 1 wody	0	—32,5
1 „ 1 rozcieńcz. kwasu siarkowego	— 7	—51
1 „ ½ rozcieńcz. kwasu saletrzanego . . .	—23	—49
1 „ lub tłuczo. lodu, 1 soli kuchennéj . . .	0	—17,8
1 „ 1,3 chlorku wapna	0	—49
1 „ 0,625 kwasu solnego	0	—33
1 „ 0,4 soli kuchennéj, 0,2 salmiaku . . .	0	—24
1 „ 0,416 soli kuch., 0,416 saletranu amoniak.	0	—31.

299. Kolory ognia według Pouilleta.

Kolor	Temper.	Kolor	Temper.
Żar czerwony.	525° C.	Pomarańczowy . . .	1150° C.
Ciemno-czerwony . . .	700	Biały	1300
Wiśniowo-czerwony . .	900	Żar szwejsowy . . .	1400
Jasno-wiśniowo-czerwony .	1000	Oślepiająco biały . . .	1500

300. Miara ściągania się niektórych metali po zastygnięciu.

Żelazo lane . . .	$^1/_{96}$ =0,0104	Metal działowy (100 miedzi i 12,5 cyny)	$^1/_{134}$=0,0075
Żelazo zagrzane do czerwoności . .	$^1/_{88}$ =0,0114	Zynk vel cynk .	$^1/_{62}$ =0,0161
Mosiądz	$^1/_{65}$ =0,0154	Ołów	$^1/_{92}$ =0,0109
Metal dzwonowy (100 miedzi i 18 cyny)	$^1/_{63}$ =0,0159	Cyna	$^1/_{147}$=0,0068
		Bizmut	$^1/_{265}$=0,0038.

Ponieważ ściąganie się żelaza lanego prawie $^1/_{100}$ wynosi, przeto modelarze do robienia modeli, używają miary dłuższéj od zwyczajnéj o $^1/_{100}$ (którą nazywają z niemiecka *Szwindmasem*). Obacz § 233, str. 197 i 198.

301. Przewodnictwo cieplika.

Złoto	1000,6	Żelazo kute	374,3
Platyna	981,9	Zynk (cynk)	363,0
Srebro	973,0	Cyna	303,8
Miedź	898,2	Mosiądz (2,1 na 1) . . .	248

Ołów	179,6	Porcelana	12,2
Metal Rosego	39	Drzewo dębowe . . .	5,5
Marmur	23,6	Wełna	1,9.

302. Promieniowanie cieplika.

Kopeć w lampach	100	Grafit	75
Blejwas, woda	100	Gummilaka	72
Papier do pisania	98	Ołów bez połysku	45
Lak, żywica	95	Merkuryusz	20
Szkło	90	Ołów z połyskiem	19
Tusz	88	Żelazo, zynk, srebro, złoto,	
Lód	85	miedź	12.

303. Mechaniczny równoważnik (aequivalent) cieplika. a) *Cieplik jako praca.* Jeżeli ciało przyjmuje w siebie cieplik, musi się rozszerzać. Ale atomy składające ciało, są za pomocą pewnych sił związane ze sobą, lub też utrzymywane w całości, za pomocą ciśnienia zewnętrznego. W czasie zatém rozszerzania się ciała, cieplik musi owe siły czyli opory na drogach bardzo krótkich pokonać; a zatém cieplik wykonywa mechaniczną pracę. Woda zamieniając się w parę, powiększa niezmiernie swoją objętość. Ten nowy stan jéj gazowy różni się tak daleco od pierwotnego jéj stanu płynnego i posiada tak odmienne własności, że tylko wielka ilość pracy mogła ten nowy stan sprowadzić. Tę pracę wykonał cieplik. Przedstawia on się w dwóch częściach: jedna część jest pracą *wewnętrzną*, służącą do zniweczenia pierwotnego stanu ciała; drugą część stanowi praca zewnętrzna, jaką para po usunięciu oporów zewnętrznych wykonać może, jak np. przy maszynach parowych. Summa wewnętrznéj i zewnętrznéj pracy jaką daje jedna i ta sama jednostka cieplika jest zawsze stała, t. j. jest ona niezależną od substancyi, niezależną od zewnętrznego stanu substancyi i niezależną od źródła cieplika. Przeciwnie zaś stosunek wewnętrznéj i zewnętrznéj pracy cieplika, dla rozmaitych ciał, dla rozmaitych temperatur etc. jest także rozmaity.

b) *Mechaniczny równoważnik.* Praca bezwzględna, wykonana przez jednostkę cieplika, nazywa się *mechanicznym równoważnikiem.* Równoważnik ten podług doświadczeń pp. Rumforda, Joule, Persona, Kupfera, Holzmana i innych, średnio biorąc wynosi 424 kilogrammetrów. Jednostka przeto cieplika, w mechaniczną pracę zamieniona, jest w stanie ciężar 424 kilogramów, podnieść do wysokości jednego metra; albo: pracę mechaniczną jakiéj trzeba użyć dla podniesienia 424 kilogramów na wysokość jednego metra, wykonać może, jedna jednostka cieplika.

c) *Wyprowadzenie wartości tego równoważnika z ogrzanego powietrza.* Oznaczmy ów szukany mechaniczny równoważnik przez K. Ogrzejmy 1 kilogram atmosferycznego powietrza 0^0 o jeden stopień i utrzymujmy powietrze pod jednakowém ciśnieniem, to powietrze przyjmie w siebie 0,2377 jednostek cieplika (obacz cieplik gatunkowy przy stałém ciśnieniu). Że zaś praca wydająca 1 cieplinę $= K$, zatém 0,2377 cieplin odpowiadać będą pracy $= 0{,}2377 . K$.

Ten cieplik składa się z dwóch części. Pierwsza część podnosi temperaturę o 1 stopień Celsiusza, nie zwiększając objętości. Że zaś cieplik gatunkowy przy téj saméj objętości $= 0{,}1686$, przeto do tego ogrzania potrzebna praca $= 0{,}1686 . K$.

Druga część przy 1° temperatury uskutecznia rozszerzanie się ciała. Zamknijmy 1 metr sześcienny powietrza 0° w cylindrze na 1 metr □ przekroju, to powietrze to w kierunku osi, będzie miało 1 metr długości. Zatém powietrze ogrzane o 1° C., rozszerzy się o 0,003665 metrów. Rozszerzenie to uskutecznia się pod ciśnieniem 1 atmosfery. Ciśnienie więc na 1 metr □ powierzchni 10330 kilogramów, a zatém praca owego ciśnienia na długość drogi 0,003665 metrów $= 10330 \times 0{,}003665$ kilogrammetrów. Wszelako jestto praca jednego metra kubicznego, nie zaś 1 kilogramu powietrza. Jeden metr kub. powietrza 0° C. waży 1,293 kilogramów, a zatém 1 kilogram powietrza będzie miał objętość $= \frac{1}{1{,}293}$ metrów kub.; a przeto i praca będzie mniejszą w tym samym stosunku, czyli będzie:

$$10330 \times 0{,}003665 \times \frac{1}{1{,}293} = 29{,}3 \text{ kilogrammetrów.}$$

Jeżeli teraz pracę pod jednakowém ciśnieniem, uczynimy równą summie prac przy jednakich objętościach, otrzymamy:

$0{,}2377 . K = 0{,}1686 . K + 29{,}3$; a ztąd mechaniczny równoważnik

$$K = \frac{29{,}3}{0{,}0691} = 424 \text{ kilogrammetrów.}$$

304. O materyałach opałowych i o powietrzu potrzebném do spalenia tych materyałów. Do materyałów opałowych w celach przemysłowych, zaliczają się następujące: drzewo, torf, węgiel brunatny, węgiel kamienny, węgiel drzewny, węgiel torfowy i koks.

1) *Zwęglenie.* Poddając drzewo, torf i węgiel kamienny żarowi, jednak bez przystępu powietrza (processowi suchéj destylacyi), tworzą się z nich węgle, a z węgla kamiennego koks.

Po zwęgleniu dają podług wagi:

Drzewo węgla . . .	20 — 22%	Węgiel kamienny . .	35 — 45%
Torf	35 — 45 „	Antracyt	45 — 55 „
Węgiel brunatny . .	33 — 39 „		

2) *Waga 1 metra sześciennego materyału opałowego.*

Dębina	540 kilogr.	Węgiel sosnowy . .	135 kilogr.
Buczyna	500 „	Węgiel brzozowy . .	225 „
Jodłina	300 „	Węgiel kamienny . .	830 „
Węgiel dębowy i bukowy w handlu	245 „	Koks z fabryk gazowych	330 „

3) *Ilość wody zawarta w materyałach opałowych.* Wszystkie materyały zawierają w sobie pewną ilość wody. Ta ilość wody zawarta w świeżo ściętém drzewie według wagi wynosi:

Buczyna zawiera wody . .	37%	Świerk	51%
Klon	38 „	Olsza	51 „
Jesion	41 „	Wiąz	52 „
Dąb	43 „	Sosna	50 „
Jodła	47 „		

Drzewo wysuszone na powietrzu, zawiera jeszcze 15 do 25% wody. Susząc w temperaturze 136° C. otrzymał Rumford z każdego gatunku drzewa około 10% wody. Wyleżały węgiel drzewny zawiera 10 do 12% wody. Węgiel kamienny zaraz po wydobyciu go z kopalni 2%, późniéj 4 do 10% i więcéj.

4) *Ilość popiołu.* Po spaleniu materyał palny daje pozostałość niepalną, nazywaną popiołem. Ta pozostałość jest na ognisku daleko większa, niż analiza chemiczna wykazuje. Na ognisku, dają popiołu:

Drzewo	2 do 4%	Węgiel kamienny . . .	4 do 20%
Torf mało zawierający ziemi	5 — 15 „	Węgiel drzewny	6 — 8 „
Torf mocno zmieszany z ziemią	20 — 30 „	Węgiel torfowy w dobrym gatunku	14 — 18 „

5) *Ilość węglika.* Chemiczne części składowe materyałów opałowych, po usunięciu pozostałości są następujące:

	Węglika	Wodorodu	Kwasorodu
Włókno drzewne	52,65	5,25	42,10
Węgiel drzewny (zwęglony przy 432° C.) .	82,00	2,00	16,00
Torf	60,44	5,96	33,60
Węgiel brunatny bitumiczny	66,96	5,27	27,76
Węgiel brunatny (zanieczyszczony ziemią) .	74,20	5,89	19,90
Węgiel kamienny	81,70	4,25	14,05
Antracyt	92,85	3,96	3,19.

6) *Ogrzewalność materyałów opałowych.* Siła ogrzewalności materyałów jest to liczba jednostek ciepła czyli cieplin (calorie), zawarta w 1 kilogramie po zupełném spaleniu. Ten sam materyał, daje zawsze tęż samą siłę ogrzewalności, czy palenie odbywa się prędko albo powoli, na rusztach albo w inny jaki sposób. Materyały tegoż samego składu chemicznego, posiadają jednakową siłę ogrzewalności.

Następujące liczby wykazujące siłę ogrzewalności materyałów, są wartościami średniemi.

Materyał opałowy	Liczba cieplin na 1 kilogr.	Materyał opałowy	Liczba cieplin na 1 kilogr.
Drzewo zupełnie suche . .	3800	Węgiel kamienny 2 gat. (0,10 popiołu)	6900
„ zawierające 0,10 wody	3350	Węgiel kamienny 3 gat. (0,20 popiołu)	6100
„ „ 0,25 wody	2675	Antracyt	7800
Węgiel drzewny zupełnie suchy	7580	Koks (0,10 popiołu) . . .	7000
„ „ zawierający 0,07 wody	7000	Koks (0,20 popiołu) . . .	6250
Torf suchy (0,05 popiołu) .	5000	Czysty węglik	8080
Torf suchy (0,10 wody + 0,15 popiołu)	3680	Gaz wodorodny	34462
Torf suchy (0,15 wody + 0,20 popiołu)	3140	Gaz kopalniany	13063
Węgiel torfowy (0,18 popiołu)	6600	Gaz oświetlający	11580
Węgiel brunatny 1 gatunek .	6000	Alkohol	7200
„ „ 2 „ .	5000	Olėj drzewny	11200
Węgiel kamienny 1 gat. (0,03 popiołu)	7500	Olėj rzepakowy	9300
		Olėj skalny (ciężar gat. 0,827)	7338
		Olėj terpentynowy	10852
		Fosfor	5747
		Łój	8370.

Przykład. Ile potrzeba węgla kamiennego spalić, aby wodę zagrzać dla 40 wanien, od 12° do 45° C., kiedy każda wanna potrzebuje wody 300 litrów?

Waga wody mającéj się ogrzać $40 \times 300 = 12000$ kilogr.
Podwyższenie temperatury $45 - 12 = 33^0$ C.
Potrzebna ilość cieplika . $12000 \times 33 = 396000$ cieplin
Ilość cieplika jaką wydaje 1 kilogr. węgla $= 7000$ cieplin
Pożyteczny cieplik 1 kil. węgla $0{,}70 \times 7000 = 4900$ „

A zatém potrzebna do tego ilość węgla $\frac{396000}{4900} = 80{,}8$ kilogramów.

7) *Działanie chemiczne przy paleniu się ciał.* Jedna część (na wagę) wodorodu, łącząc się z 8 częściami (również na wagę) kwasorodu, utworzy wodę. Jeżeli więc materyał opałowy zawiéra wodoród i kwasoród w pomienionym stosunku, to wtedy tylko węglik wydziela ciepło. W takim przypadku znajduje się drzewo. Jeżeli zaś więcéj znajduje się wodorodu, jak tego powyższy stosunek wymaga, to ta przewyżka, nazywa się *wolnym wodorodem.* W takim tedy razie węglik wraz z ową przewyżką wodorodu, wydzielają ciepło. Że zaś materyały opałowe w ogóle zawierają w sobie wolnego wodorodu bardzo małą ilość, przeto siła ogrzewalności jest zawsze prawie proporcyonalna ilości węglika; a zatém drzewo i torf najmniéj, antracyt zaś najwięcéj wydaje ciepła.

Przykład. Węgiel kamienny (jak ustęp 5 wskazuje) ma $14{,}05 : 8 = 1{,}75$ części ukrytego, zatém $4{,}25 - 1{,}75 = 2{,}50$ części wolnego wodorodu. Zatém 1 kilogram węgla (w przypuszczeniu nie zawierania popiołu i wody) daje następujące ciepło:

Węglik	$8080 \times 0{,}8170 =$	7837,6 cieplin
Wolny wodoród . .	$34462 \times 0{,}0250 =$	861,5 „
razem	$=$	8699,1 „
Z tego odchodzi na 0,10 popiołu i 0,01 na wodę	$=$	1217,8 „
Zatém siła ogrzewalna tego węgla . .	$=$	7481,3 „

Podług Dulonga i Favra 1 kilogram węglika przechodząc w niedokwas węgla, wydaje 2400 jednostek cieplika, a przechodząc w kwas węglowy który jest rezultatem najdokładniejszego spalenia, daje 8000 jednostek cieplika.

8) *Ilość powietrza do palenia potrzebna.* Powietrze atmosferyczne składa się z 23 części (na wagę) kwasorodu i 77 części saletrorodu. W razie zupełnego spalenia, łączy się 8 części (na wagę) kwasorodu z 3-ma częściami węglika na kwas węglowy.

A zatém z 1 kilogramem węglika łączy się $\frac{8}{3}$ kilogr. kwasorodu; więc dla 1 kilogr. kwasorodu potrzeba jest $\frac{100}{23}$ kil. powietrza, a dla $\frac{8}{3}$ kil. kwasorodu potrzeba jest $\frac{8}{3} \times \frac{100}{23}$ czyli 11,59 kilogr. powietrza.

Jeżeli więc drzewo zawiera 52,6 procentów węglika, przeto do spalenia 1 kilogr. drzewa potrzeba:

$$11{,}59 \times 0{,}526 = 6{,}096 \text{ kilogr. powietrza.}$$

Przy opalaniu jednak kotłów parowych, należy tę ilość powietrza $1\frac{1}{2}$ do $2\frac{1}{2}$ razy powiększyć.

Péclet podaje co następuje:

Materyał opałowy (1 kilogr.)	Najmniéjsza ilość powietrza temper. 0° C.		Zwykła ilość powietrza
	metrów kub.	kilogr.	kilogr.
Zupełnie suche drzewo	4,70	6,07	12,14
Drzewo suszone na wietrze, 20% wody	3,60	4,65	9,30
Węgiel drzewny	7,64	10,30	20,60
Zupełnie suchy torf	5,64	7,29	14,58
Torf zwyczajny, 20% wody . .	4,51	5,83	11,66
Węgiel torfowy, 20% popiołu .	7,10	9,18	18,36
Średni węgiel kamienny . . .	8,35	10,80	21,60
Koks z 15% popiołu	7,50	9,70	19,40

9) *Zależność temperatury w piecach od ilości powietrza.* Przypuśćmy, że do spalenia 1 kilogr. materyału potrzeba jest b kilogr. powietrza, to ztąd utworzy się gazów $1 + b$ kilogramów. Przypuśćmy, że przy tém temperatura w piecu podniesie się o t stopni. Cieplik gatunkowy owych gazów w przecięciu $= 0{,}23$, t. j. 1 kilogram tych gazów pochłania 0,23 jednostek cieplika przy podniesieniu temperatury o 1 stopień; a zatém $(1 + b)$ kilogramów tych gazów pochłoną $(1 + b)\,t$ cieplin przy podniesieniu temperatury o 1 stopień. Ten cieplik jest zaś równy cieplikowi jaki wydaje 1 kilogram materyału opałowego w czasie palenia, a który oznaczamy przez H (siłę ogrzewania). Ztąd $0{,}23\,(1 + b)\,t = H$, więc temperatura $t = \dfrac{H}{0{,}23\,(1 + b)}$.

10) *Zastósowanie do węgla.* Dla średniego węgla jest $H = 7000$ cieplin, najmniéjsza wartość dla $b = 21{,}60$ kilogr. Zatém będzie

Temperatura dla minimum powietrza . $= \dfrac{7000}{0{,}23 \times 11{,}80} = 2587^0$ C.

Temperatura dla podwójnéj ilości powietrza $= \dfrac{7000}{0{,}23 \times 22{,}60} = 1346^0$ C.

11) *Zastósowanie do drzewa.* Dla drzewa wysuszonego na wietrze, jest w przybliżeniu $H = 2800$ cieplin, najmniejsza wartość na $b = 4{,}65$, a zwyczajna dla $b = 9{,}30$ kilogr. Ztąd wypływa:

Temperatura dla minimum powietrza . $= \dfrac{2800}{0{,}23 \times 5{,}65} = 2154''$ C.

Temperatura dla podwójnéj ilości powietrza $= \dfrac{2800}{0{,}23 \times 10{,}30} = 1182^0$ C.

Aby w niektórych razach jak największą temperaturę otrzymać, przyrządza się najprzód z materyałów opałowych gazy, a następnie wpuszcza się one do ogniska, gdzie palą się przy przystępie jak najmniejszéj ilości powietrza.

12) *Skutek pożyteczny palenia.* Korzystne użycie materyału opałowego pokazuje się wtedy:

a) Jeżeli palenie odbywa się przy minimum przystępu powietrza, to jest gdy temperatura w palenisku dojdzie do maximum.

b) gdy gazy ze spalenia powstałe z możliwie najniższą temperaturą wchodzą do komina, i

c) gdy piec ochładza się bardzo mało.

Jeżeli temperatura w ognisku wynosi 1600° C., a gazy udają się do komina przy temperaturze 100° C., przeto nie zważając na stratę cieplika przez oziębienie pieca,

$$\text{Skutek pożyteczny palenia} = \frac{1600 - 100}{1600} = 0{,}93.$$

A zatém traci się tylko 7% z wywięzującego się cieplika.

Jeżeli zaś temperatura pieca wynosi 800°, a gazy wchodzą do komina przy temperaturze 400°, to stopień użyteczności palenia $= \frac{400}{800} = 0{,}50$.

305. Własności pary. 1) *Para nasycona.* Ulatnianie się płynów odbywa się w każdéj temperaturze na ich powierzchni; *parowanie* zaś odbywa się wewnątrz tychże płynów i w takiéj tylko temperaturze, w któréj siła rozszerzalna czyli rozprężliwa wznoszących się w górę cząstek pary, przezwycięży nietylko ciśnienie warstw płynu nad niemi leżących ale oraz i ciśnienie zewnętrzne działające na powierzchnię płynu. W naczyniu otwartém, takiém zewnętrznem ciśnieniem, jest ciśnienie powietrza; ale w zamkniętém naczyniu może być albo powietrze, albo téż para wytworzona już poprzednio z płynu i unosząca się po nad tymże płynem. Jeżeli nie ma zewnętrznego ciśnienia, t. j. jeżeli płyn znajduje się w próżni, to będzie wrzał w każdéj temperaturze. Jeżeli wewnątrz zamkniętego naczynia znajdują się płyn i para o pewnéj temperaturze, i takowe naczynie jeszcze daléj ogrzewamy, to wzmaga się coraz więcéj siła sprężystości wewnątrz płynu, tworzy się nowa ilość pary uchodzącéj do przestrzeni parowéj, a tém samém coraz więcéj ściskając już tam znajdującą się parę. Jeżeli para przy takiéj temperaturze dosięgła maximum gęstości i sprężystości, będzie wtedy *parą nasyconą*. Jeżeli temperaturę podnosimy wyżéj, to znowu nastąpi powiększenie się ilości pary, powiększenie się gęstości i sprężytości, dopóki para nasyconą nie zostanie. Każdéj zatém temperaturze, odpowiada osobny stopień nasycenia. Jeżeli temperatura o pewną ilość stopni w naczyniu opadnie, wtedy odpowiednia część pary, zamienia się na płyn, czyli *skropli się* albo *skondensuje*, a reszta pary pozostanie daléj *parą nasyconą*.

2) *Para przegrzana.* Jeżeli w zamkniętém naczyniu, całkowita ilość wody tamże zawarta, zamieniła się na parę, a temperatura téj pary będzie się daléj podnosić, to taka para nazywa się *przegrzaną*. Każda para która nie jest nasyconą, może być uważana za parę przegrzaną. Takie pary ze względu na ich prężenie i temperaturę zachowują się prawie tak samo jak i gazy stałe (permanente Gase).

3) *Ciężkość pary wodnéj.* Bierze się zwykle ciężar pary wodnéj $\frac{5}{8} =$ 0,625 ciężaru atmosferycznego powietrza, przy téjże saméj temperaturze i témże samém prężeniu. Stosunek ten podług Watta wynosi 0,6334, podług Gay-Lussaca 0,6235, podług Régnaulta 0,622 dla pary po nad 100°. Podług Zeunera (professora w Zürich) ten stosunek powiększa się bardzo słabo, z wzrastaniem ciśnienia pary.

4) *Rozprężliwość i temperatura nasyconéj pary wodnéj.* Wartości te podług Régnaulta, zestawione są w następującéj tablicy:

Tablica temperatury, prężenia, gęstości i cieplika nasyconéj pary wodnéj.

Ciśnienie w atmosférach	Temperatura C.	Ciężar 1 metra kub. pary w kilogram. podług Régnaulta	Ciężar 1 metra kub. pary w kilogram. podług Zeunera	Objętość 1 kilogramu pary w metrach kub. podług Régnaulta	Objętość 1 kilogramu pary w metrach kub. podług Zeunera	Cieplik do wytworzenia 1 kilogr. pary w cieplinach (Calorie): cieplik widzialny	zewnętrzny ukryty	wewnętrzny ukryty	całkowity cieplik
						0	0	0	0
0,1	46,2	0,069	0,069	14,541	14,541	46,3	35,5	538,8	620,6
0,2	60,4	0,132	0,133	7,595	7,520	60,6	36,8	527,5	624,9
0,4	76,2	0,251	0,255	3,978	3,928	75,5	38,2	515,1	629,8
0,6	86,3	0,367	0,374	2,728	2,674	86,7	39,0	507,0	632,7
0,8	93,9	0,479	0,491	2,089	2,039	94,3	39,7	501,1	635,1
1,0	100,0	0,588	0,606	1,699	1,650	100,5	40,2	496,3	637,0
1,2	105,2	0,678	0,719	1,475	1,391	105,7	40,6	492,3	638,6
1,4	109,7	0,803	0,832	1,245	1,241	110,3	41,0	488,6	639,9
1,6	113,7	0,908	0,943	1,101	1,061	114,4	41,3	485,4	641,1
1,8	117,3	1,012	1,053	0,988	0,956	118,1	41,6	482,5	642,2
2	120,6	1,115	1,163	0,897	0,860	121,4	41,9	480,0	643,3
2,5	127,8	1,369	1,434	0,730	0,698	128,7	42,4	474,3	645,4
3	133,9	1,618	1,702	0,618	0,587	135,0	42,9	469,4	647,3
3,5	139,2	1,863	1,968	0,537	0,508	140,4	43,3	465,2	648,9
4	144,0	2,104	2,230	0,475	0,448	145,3	43,6	461,5	650,4
4,5	148,3	2,344	2,491	0,427	0,401	149,7	43,9	458,1	651,7
5	152,2	2,580	2,750	0,387	0,363	153,7	44,2	455,0	652,9
5,5	155,8	2,814	3,007	0,355	0,332	157,5	44,4	452,1	654,0
6	159,2	3,046	3,263	0,328	0,306	160,9	44,7	449,4	655,0
6,5	162,4	3,276	3 518	0,305	0,284	164,2	44,9	446,9	656,0
7	165,3	3,504	3,771	0,288	0,266	167,2	45,1	444,6	656,9
7,5	168,1	3,731	4,023	0,268	0,248	170,1	45,3	442,3	657,7
8	170,8	3,955	4,274	0,253	0,234	172,9	45,4	440,2	658,5
8,5	173,3	4,179	4,525	0,239	0,221	175,5	45,6	438,2	659,3
9	175,8	4,400	4,774	0,227	0,209	178,0	45,7	436,3	660,0
10	180,3	4,841	5,270	0,206	0,190	182,7	46,0	432,8	661,5
11	184,5	5,276	5,764	0,189	0,173	187,1	46,2	429,5	662,8
12	188,4	5,707	6,254	0,175	0,160	191,1	46,5	426,4	664,0
13	192,1	6,133	6,742	0,163	0,148	194,9	46,7	423,4	665,0
14	195,5	6,556	7,228	0,152	0,138	198,5	46,9	424,7	666,1

5) *Ilość cieplika potrzebna do wytwarzania się pary.* Jeżeli 1 kilogr. wody temperatury 0^0 ma być zamieniony w parę nasyconą pewnéj temperatury, to do tego celu potrzebne są podwójne ilości cieplika:

a) Cieplik, ogrzewający wodę aż do temperatury, w któréj zaczyna się parowanie. Tę część cieplika nazywamy cieplikiem *widzialnym*, lub *cieplikiem płynu*.

b) Cieplik wpływający na zmianę stanu skupienia ciała, bez podnoszenia się temperatury. Ta część cieplika zowie się *cieplikiem ukrytym* albo *utajonym* lub téż *cieplikiem parowania*. W czasie zmiany stanu skupienia ciała jedna część ukrytego cieplika pokonywa siły spójności cząstek, druga zaś ciśnienie zewnętrzne, ściskające parę. Pierwsza część cieplika nazywa się cieplikiem ukrytym *wewnętrznym*, a druga cieplikiem ukrytym *zewnętrznym*.

Podług Régnaulta summa potrzebna tak widzialnego jako i ukrytego cieplika, t. j. całkowity cieplik jakiego potrzeba do podniesienia 1 kilogr. wody temperatury 0^0 aby takową na nasyconą parę zamienić temper. t wynosi:

$$606{,}5 + 0{,}305\, t \text{ cieplin.}$$

Dla pary temperatury 100^0, wynosi więc całkowity cieplik:

$$606{,}5 + 0{,}305 \times 100 = 637 \text{ cieplin.}$$

Ale w tych 637 cieplinach, jest cieplika widzialnego 100,5, gdyż tyleż potrzeba jest właśnie cieplika, do zagrzania 1 kilogr. wody temper. 0^0 do 100^0. A więc cieplik ukryty wynosić będzie 536,5 cieplin. Aby teraz otrzymać i wewnętrzny cieplik ukryty, rozumuję w sposób następujący:

Para wytwarza się nieustannie w kotle pewnego stałego ciśnienia; co wtedy jest tylko możliwém, jeżeli w każdéj chwili tyle pary odpływa ile się jéj tworzy. Niechaj para odpływa do cylindra parowego, w którym porusza się tłok w skutek ciśnienia pary. Pracę jaką tutaj para wykonywa, należy obliczyć i w cieplinach wyznaczyć.

Dla pary 100^0 C. jest rachunek następujący: Jeden kilogram takiéj pary ma objętość podług Zeunera = 1,650 metrów kub. Jeżeli cylinder parowy ma 1 metr □ przekroju, to można sobie wystawić, że tłok za każdém wytworzeniem się 1 kilogramu takiéj pary, posunie się daléj o 1,650 metrów. Pozostaje więc praca równa

$$1{,}650 \times 10330 = 17044{,}5 \text{ kilogrammetrów;}$$

gdzie 10330 kilogramów wyraża ciśnienie 1 atmosfery na metr □.

Na zasadzie mechanicznéj teoryi ciepła, 1 jednostka cieplika czyli 1 cieplina wykonywa pracę równą 424 kilogrammetrów; i na odwrót z 424 kilogrammetrów pracy, można otrzymać 1 jednostkę cieplika. Powyższéj więc pracy odpowiada ilość cieplika:

$$17044{,}5 : 424 = 40{,}2 \text{ cieplin.}$$

Dla wytworzenia się zatém 1 kil. pary ciśnienia 1 atmosfery, potrzeba:

a) 100,5 cieplin widzialnego cieplika do ogrzania wody;

b) 40,2 cieplin zewnętrznego ukrytego cieplika dla pokonania zewnętrznego ciśnienia, i

c) 496,3 cieplin wewnętrznego ukrytego cieplika, dla sformowania się pary.

Owe 40,2 jednostek ciepła w czasie tworzenia się pary, zamieniają się na pracę, dla tego jako cieplik nie objawiają się w parze. Ten zatém kilogram pary zawiera w sobie tylko $100{,}5 + 496{,}3 = 596{,}8$ jednostek cieplika.

Przykład 1. W kotle napełnionym w pewnéj części wodą, znajduje się 2,5 metrów kub. pary o ciśnieniu trzech atmosfer. Gdy to ciśnienie podniesie się do 5 atmosfer, ile wytworzy się nowéj pary w téjże saméj przestrzeni?

Ciężar 1 metra kub. pary 3 atm. . . . . $= 1{,}702$ kilogr.
Ciężar 1 metra kub. pary 5 atm. . . . . $= 2{,}750$ „
Podwyżka ciężaru na 1 metr kub. . . . . $= 1{,}048$ „
Podwyżka ciężaru na 2,5 metrach kub. . $= 2{,}5 \times 1{,}048$ $= 2{,}620$ „

Przykład 2. Ile potrzeba użyć pary ciśnienia 1 atmosf. aby 300 kilogr. wody zagrzać od 11^0 na 28^0 C., gdy taż para z kotła płynie wprost do wody?

Para zamienia się na wodę 28^0 C. Każdy ztąd powstały kilogram wody, zawiera 28 cieplin. Każdy kilogram pary 1 atm. ciśnienia, zawiera razem 637 jednostek ciepła; zatém każdy kilogram pary w czasie zgęszczenia (kondensacyi) oddaje $637-28 = 609$ jednostek ciepła.

A więc 300 kilogr. wody przy podniesieniu się temperatury o 17 stopni potrzebują jednostek ciepła $= 300 \times 17 = 5100$; do czego potrzeba jest użyć pary $\frac{5100}{609} = 8{,}38$ kilogramów. Mieszanina więc składać się będzie z $300 + 8{,}38 = 308{,}38$ kilogramów wody temperatury 28^0 C.

Przykład 3. Kocioł parowy zawiera 2000 kilogramów wody; jeżeli pęknie w temperaturze 160^0, ile się utworzy pary w atmosferze w skutek wypływającéj wody?

Ponieważ woda w kotle zawarta posiada temperaturę 160^0, przeto tworzenie się pary dotąd będzie miało miejsce, dopóki temperatura nie spadnie do 100^0 C. A zatém ilość cieplika, jaką woda oddaje dla tworzenia się pary, wynosi około 60×2000 cieplin. Wytworzona jednak para posiada ciśnienie 1 atmosfery i potrzebuje dodatku cieplika na 1 kilogram 537 cieplin; zatém tworząca się para, ważyć będzie:

$$60 \times 2000 : 577 = 218{,}1 \text{ kilogramów.}$$

Gdyby ta para mogła się obok siebie ostać, to potrzebowałaby przestrzeni $218{,}1 \times 1{,}650$ metrów kub. $= 359{,}9$ metrów kub.

6) *Zachowanie się pary podczas rozszerzania i ściskania.* Jeżeli para rozszerza się w jakiémś naczyniu, lecz tak aby naczynie nie pochłaniało cieplika ani go téż nie oddawało na zewnątrz, to wtedy parze odbiera się jednocześnie pewną część cieplika, a mianowicie tę część, która się przy rozszerzeniu przemienia na pracę. Ten cieplik przemieniony w pracę, takie ma następstwa, że pewna część pary ulegnie zgęszczeniu czyli kondensacyi. Jeżeli zaś nasyconą parę w jakiemś naczyniu będziemy ugniatać, lecz aby naczynie ani przyjmowało, ani téż nie oddawało cieplika, to musi być wtedy pewna zewnętrzna praca uskuteczniona, aby ściśnienie mogło nastąpić. Ta zewnętrzna praca zamienia się w cieplik, który para w sobie pochłania. W skutek tego przyjęcia nowego cieplika przez parę, następuje przegrzewanie się pary.

7) *Chyżość pary.* Chyżość pary ze zbiornika wypływającéj, jak to już z poprzedniego wiemy, wynosi:

$$v = \sqrt{\frac{2g\,(h-h')}{m}}$$

gdzie h i h' wyrażają ciśnienia w zbiorniku i w przestrzeni do któréj para wypływa, mierzone kolumnami wody; m ciężar gatunkowy pary w zbiorniku, a $g = 9{,}808$ metrów, przyśpieszenie przy wolném spadaniu.

Ta formuła daje dość dokładne wypadki, ale w takim razie, gdy h i h' nie różnią się bardzo pomiędzy sobą.

Przykład. Z jaką chyżością wypływa para ciśnienia 2 atm. w powietrze atmosferyczne?

Wysokość kolumny wody, odpowiadająca 1 atmosferze ciśnienia $= 10{,}33^m$
Zatém różnica pomiędzy wysokościami . . . . . . $h-h' = 10{,}33^m$
Następnie 1 metr kub. pary 2 atm. waży . . . . $= 1{,}115$ kilogr.
A zatém jéj ciężar gatunkowy . . . . $m = 0{,}00115$ „

A przeto chyżość $v = \sqrt{\dfrac{2 \times 9{,}808 \times 10{,}33}{0{,}001115}} = 426$ metrów.

Formuła tą podług Régnaulta, daje następujące wypadki:

Ciśnienie pary	Ciśnienie przeciwne (opór)	Chyżość	Ciśnienie pary	Ciśnienie przeciwne (opór)	Chyżość
1 atm.	0 atm.	528^m	3 atm.	1 atm.	500^m
	0,25	504		1,5	433
	0,5	411		2	353
	0,75	291		2,5	225
2	0	602^m	4	2	436^m
	0,5	521		2,5	378
	1	426		3	308
	1,5	301		3,5	218

ROZDZIAŁ XII.

O KOTŁACH PAROWYCH i PRZYRZĄDACH DO NICH NALEŻĄCYCH.

---

306. Ogólne uwagi. Kotły parowe, są to naczynia metalowe rozmaitego kształtu, w których się woda ogrzewa i w parę zamienia. Powinny być paro- i wodotrwałe, t. j. nie przepuszczać ani pary, ani wody. Powinny mieć dostateczną powierzchnię ogrzewalną, ognisko powinno być jak najlepiój urządzone, blacha powinna mićć przepisaną grubość, aby ciśnieniu pary, wody i powietrza opierać się mogła; żądamy dalej od kotła, aby nie był drogi i na długie lata wystarczył. Jeżeli do tych warunków jeszcze przestrzeń i ciężar wliczymy, przekonamy się z łatwością, że zbudowanie prawdziwie dobrego kotła, jest dosyć trudném dla konstruktora zadaniem.

Łatwo jest wyrachować wielkość, jaką należy dać kotłowi przy maszynach stałych, mającemu w danym czasie pewną i oznaczoną ilość pary wyprodukować. Daje się mu bowiem jak największą powierzchnię ogrzewalną; urządza się dobrą murowaną kotlinę, przez co zapobiega się wszelkim możliwym stratom cieplika przez promieniowanie; daje się kanałom ogniowym czyli ciągom i kominowi jak najodpowiedniejsze rozmiary; można tu także napotkać nieraz urządzenie, gdzie używa się jak najtańszego materyału opałowego, a do zasilania kotła wody gorącéj, ogrzanéj już prawie do stopnia wrzenia. Ale daleko jest trudniéj warunki powyżéj rzeczone zachować na statkach parowych, gdzie kocioł i maszyna parowa, nie wielką przestrzeń zajmować mają i których ciężar nie powinien być zbyt wielki, aby się statek (w żegludze rzecznéj), nie zanurzał głęboko. Z powodu więc takich ograniczeń, do opalania kotłów statkowych, można tylko używać najlepszych materyałów, np. koksu, dobrego węgla kamiennego, lub suchego drzewa; nie można tu także liczyć na długotrwałość kotłów, których praca jest zwykle wysilona, nie pozwalająca przedsiębrać małych i częstych poprawek, co pociąga późniéj za sobą szkodliwsze skutki, bo prędsze zniszczenie się kotła.

Najtrudniejsze jednakże zadanie, przedstawiają w budowie kotły dla *maszyn przenośnych* czyli *lokomobil*, używanych w gospodarstwie rolniczém i *parowozów*, używanych na drogach żelaznych. Wszystkie części składowe, muszą tu jak najmniejszą przestrzeń zajmować, nic niepotrzebnego nie posiadać, a przytém produkować wielką ilość pary. Z tych przeto powodów, używa się do ich budowy jak najtrwalszych materyałów i jak najlepszych robotników. Kotły więc takie są drogie.

Doświadczenie przekonało, że do budowy kotłów parowych, najlepszymi materyałami są: żelazo kute, miedź i stal. Miedzi używa się do budowy ognisk na parowozach, z powodu jéj miękkości, gibkości w czasie krępowania brzegów i z powodu wielkiéj zdolności przepuszczania cieplika, który to materyał dla powyższych swoich przymiotów, oddaje przemysłowi bardzo wielkie usługi. Wytrzymałość jednak żelaza i stali w rozmaitych temperaturach, jest większa, niż innych metali, a przy dobrych przymiotach, czystości arkuszy i odpowiedniéj ich grubości, można tym materyałom przy budowie kotłów z pewnością ufać.

Arkusze znajdujące się nad rusztem czyli nad ogniskiem powinny być dawane z jak najlepszego materyału „Low-Moor“ w Anglii zwanego.

Niekorzystnie jest budować kotły parowe z blachy miedzianéj, gdyż stosownie do przepisów policyjno-technicznych o bezpieczeństwie kotłów, obowiązujących w Austryi, Anglii, Belgii, Francyi i Niemczech, grubość blachy miedzianéj, do budowy kotłów używanéj, powinna być taka sama jak i żelaznéj. Z ciężaru zaś gatunkowego obu materyałów widzimy, że kocioł miedziany, jednakiéj z żelaznym wielkości, będzie od żelaznego cięższy $\frac{90}{78}$ razy; a ponieważ do tego miedź znacznie jest droższą od żelaza, dlatego więc niekorzystnie jest budować kotły miedziane zamiast żelaznych. Używa się tylko miedzi w razach wyjątkowych na rury krzywe, na ogniska parowozów, na aparaty cukrownicze i t. p.

Blacha mosiężna, wyłączona jest zupełnie z budowy kotłów, z powodu swéj małéj wytrzymałości. Wolno tylko wyrabiać z niéj rury i to najwyżéj do 4-ch cali średnicy.

Blacha stalowa od pewnego czasu używaną jest także do budowy kotłów parowych. Z powodu większéj wytrzymałości blachy stalowéj niżeli żelaznéj, ciężar kotła stalowego redukuje się do $^3/_5$, t. j. że blacha może być cieńsza o $^2/_5$ od żelaznéj; zatém produkcya pary w kotłach stalowych następuje prędzéj, a więc do ich opalania zużywa się mniéj materyału opałowego, aniżeli przy kotlach żelaznych. W Anglii bardzo wiele jest dzisiaj w użyciu kotłów stalowych, są jednak nieco zakosztowne, gdyż cena ich jest większą $1\,^3/_5$ razy od kotłów z blachy żelaznéj. Spodziewać się jednak trzeba, iż przy większém upowszechnieniu się stali Bessemera, cena ta bardzo się zbliży do ceny kotłów żelaznych.

307. Urządzenie aparatów do produkowania pary. Każdy taki aparat składa się głównie z *kotła parowego* i z *obmurowania*, które także nazywa się *kotliną* lub *piecem*. To obmurowanie jest tak urządzone, że płomień działa tylko na powierzchnię kotła, która jest wodą oblana.

308. Przymioty kotła parowego. Elementami wpływającymi głównie na przymioty kotła parowego, są: *a*) materyał z którego zbudowany jest kocioł, *b*) jego forma, *c*) jego wielkość i nakoniec *d*) grubość jego ścian.

309. Wybór materyału. Materyał użyty do budowy kotła, jak to wyżéj wspomnieliśmy, powinien posiadać trwałość i wielką łatwość przewodnictwa cieplika, oraz nie przedstawiać wielkiéj trudności w robocie. Tę własność posiadają tylko metale, jednakże nie wszystkie; gdyż np. ołów jest za miękki i za topliwy, cyna za droga, za giętka i za topliwa, żelazo lane za kruche i t. p. Kotły parowe, jak to wyżéj mówiliśmy, budują się tylko z blachy żelaznéj, miedzianéj, jak również stalowéj.

310. Forma kotłów parowych. Forma kotła parowego, nie jest obojętną; od niéj bowiem zawisła wytrzymałość i wydajność pary. Wytrzymałość kotłów parowych, zależną jest od ich grubości ścian. Że zaś kotły z cieńszemi ścianami, tak pod względem ciepłoprzewodnictwa, jako téż i kosztów budowy, przedstawiają daleko większe korzyści od kotłów z ścianami grubemi, przeto starać się należy kotłowi taką formę nadać, któraby przy małéj grubości blachy, przedstawiała dostateczny opór siłom działającym na zmianę postaci kotła i na jego rozerwanie. Temi siłami są: *a*) własny ciężar kotła, *b*) ciężar zawartéj w nim wody, i nakoniec *c*) ciśnienie pary działające od wewnątrz na zewnątrz. Łatwo tu jest dostrzedz, że kocioł będzie miał tém większą siłę oporu, im jego forma jest regularniejszą i do okrągłéj zbliżoną; gdyż wtedy ciśnienie rozkłada się jednostajnie na całą jego powierzchnię. Forma przeto kulista, byłaby najwłaściwszą dla kotłów parowych. Że zaś taka forma przedstawia wielkie w wykonaniu trudności, daje się przeto kotłom pospolicie formę walcową czyli cylindrową, ponieważ ta forma obok łatwości w robocie, przedstawia największą wytrzymałość, w porównaniu z innemi formami kotłów parowych.

311. Systemy kotłów parowych. Ze względu na urządzenie, są rozmaite systemata kotłów parowych. W celach przemysłowych najwięcéj używane kotły są następujące: *a*) Kotły parowe jednowalcowe; *b*) Kotły parowe walcowe z rurami ogniowemi (Kornwalskie); *c*) Kotły parowe walcowe z bujjerami; *d*) Kotły parowe z ogrzewaczami; *e*) Kotły parowe walcowe z rurami płomiennemi; i nakoniec *f*) Kotły kufrowe albo wozowe, systemu Watta.

312. Kotły parowe jednowalcowe. Figura 219 przedstawia nam taki kocioł w dwóch widokach. Po obu końcach zamknięty jest odcinkami

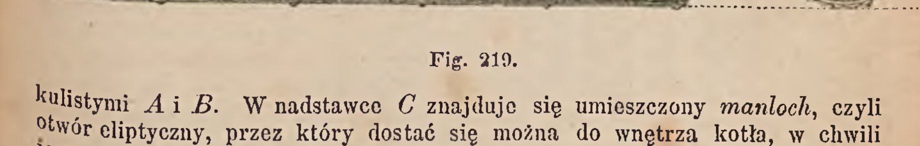


Fig. 219.

kulistymi *A* i *B*. W nadstawce *C* znajduje się umieszczony *manloch*, czyli otwór eliptyczny, przez który dostać się można do wnętrza kotła, w chwili jego oczyszczania.

Kotły tego rodzaju skutkiem swojéj prostéj formy są łatwe do wykonania, posiadają wielką wytrzymałość, tak na zmianę swéj formy, jako téż i na rozerwanie. Używane bywają do produkowania pary nizkiego, średniego i wysokiego ciśnienia.

313. Kotły parowe walcowe z rurami ogniowemi. Kotły tego rodzaju, składają się z głównego kotła walcowego i z jednéj lub dwóch rur również walcowych, umieszczonych wewnątrz głównego kotła. Rury te są przy-

Fig. 220.

nitowane do ścian szczytowych głównego kotła, i są otwarte z obydwóch końców. Służą one do przeprowadzania dymu wewnątrz głównego kotła. Z tego też powodu nazywają się rurami ogniowemi albo dymowemi. Fig. 220 przedstawia widok z przodu takowego kotła, z jedną rurą ogniową literą *A* oznaczoną.

Zadaniem takich rur ogniowych, jest zwiększenie powierzchni ogrzewalnéj kotła parowego, bez powiększania jego średnicy i jego długości. Zwykle daje się tylko jedną rurę w środku; lecz bywają także kotły z dwiema rurami.

Fig. 222.

Budowa takich kotłów jest daleko trudniejsza, aniżeli kotłów jednowalcowych, przedstawionych na figurze 219. Oczyszczanie ich z kamienia kotłowego, który się na dnie osadza. jest również utrudnioném, gdyż przestrzeń pomiędzy rurą ogniową a dnem kotła, jest bardzo mała. Nakoniec wytrzymałość rur ogniowych na ciśnienie pary w kotle, działające na zgniecenie jest daleko mniejsza, aniżeli wtedy, gdyby para działała na ich rozerwanie od wewnątrz. Przypuszcza się bowiem, że rury nie są zupełnymi walcami, łatwiéj więc mogą być zgniecionemi niż rozerwanemi. Z tych przyczyn kotłów tego rodzaju nie należy zalecać, a tym mniéj dla produkowania pary wysokiego ciśnienia. Kotły tego rodzaju zowią się kotłami kornwalskiemi, z powodu że najprzód zaprowadzone były w Kornwalis w Anglii.

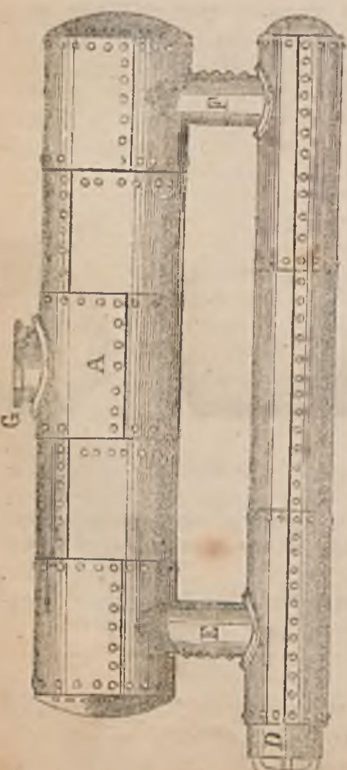


Fig. 221.

314. Kotły parowe walcowe z bulijerami. Składają się one z jednego głównego kotła walcowego i z jednéj, dwóch, a nawet i trzech rur po obu końcach zamkniętych o mniejszéj średnicy, połączonych z głównym kotłem zapomocą tak zwanych szyj czyli sztucerów. Te rury pod spodem głównego kotła leżące, nazywają się bulijerami. Ich przeznaczeniem jest, zwiększenie produkcyi pary, bez powiększania średnicy kotła głównego i jego długości. Zwykle dają się tylko dwa bulijery. Figury 221 i 222 przedstawiają kocioł z dwoma bulijerami w widokach bocznym i przodowym. *A* jest głównym kotłem; *B* i *C* są to bulijery opa-

trzone nadstawkami żelaznemi lanemi D, zamkniętemi płytami żelaznemi lanemi, bulijery połączone są z głównym kotłem A, za pomocą szyj E i F. Na wierzchu kotła umieszczony jest manloch G.

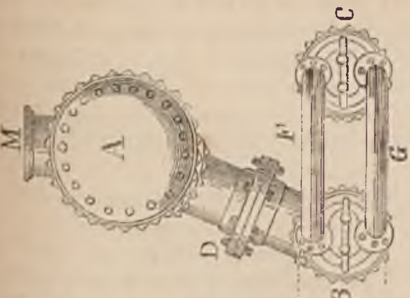


Fig. 224.

Kotły tego rodzaju są do zbudowania łatwe i posiadają wielką wytrzymałość na rozerwanie; dla tego też używane są do produkowania pary wysokiego ciśnienia.

315. Kotły parowe walcowe z ogrzewalnikami. Kotły te, tak samo jak i poprzednie składają się z głównego kotła walcowego, i z jednéj, dwóch a nawet i trzech rur walcowych o mniejszéj średnicy, nazywanych rurami ogrzewalnemi, z których tylka jedna połączona jest bezpośrednio z kotłem głównym A; inne zaś złączone są z takowym pośrednio. Urządzenie takich kotłów, przedstawiają Figury 223 i 224.

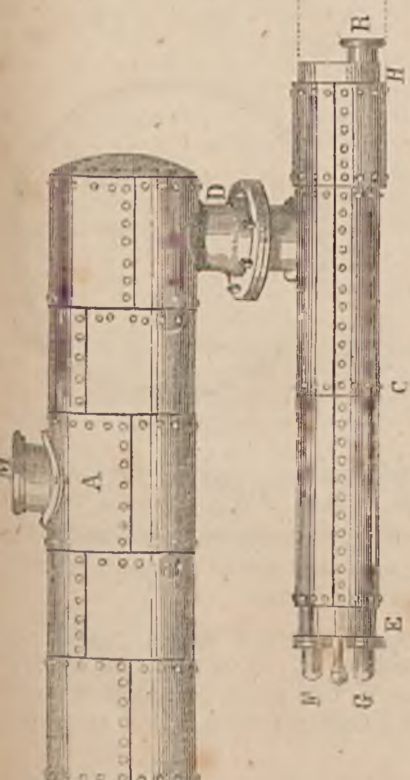


Fig. 223.

Tu znowu A jest kotłem głównym, B i C są ogrzewalnikami z których pierwszy B za pomocą rury D połączony jest z głównym kotłem A, drugi zaś ogrzewalnik C za pomocą rur F i G jest w pośrednim związku z głównym kotłem A. M jest manlochem. R jest to osada umieszczona z tyłu ogrzewalnika, z którą łączy się rura komunikująca z pompą alimentacyjną. Konstrukcya takich kotłów nie przedstawia również wielkich trudności, i używane bywają do produkowania pary wysokiego ciśnienia.

316. Kotły parowe rurowe tubularne. Kotły tego rodzaju składają się z cylindra pionowego albo poziomego, opatrzonego mniejszą albo większą liczbą rurek mosiężnych, miedzianych lub z blachy stalowéj przyrządzonych, $1\frac{1}{2}$ do 2 cali średnicy mających, umieszczonych wewnątrz tego cylindra.

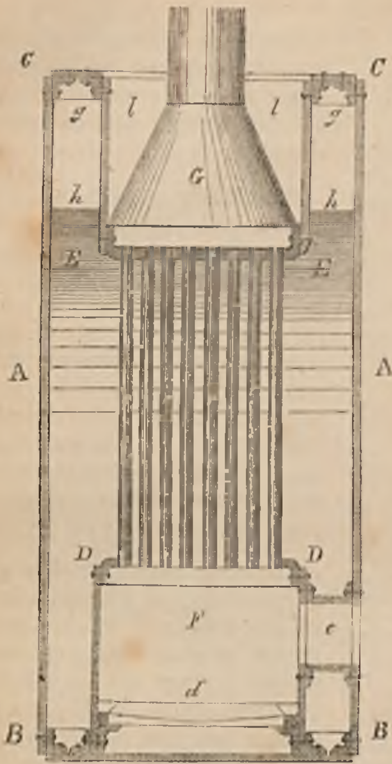


Fig. 225.

Figura 225 przedstawia kocioł rurowy pionowy. *A A* jest to cylinder pionowy z blachy żelaznéj przy *A A*, *B B* i *C C* zamknięty żelaznemi obręczami i płytami blaszanemi. Wewnątrz tegoż kotła umieszczone są rurki *rr*.... mosiężne, miedziane lub z blachy stalowéj, zwane rurkami płomiennemi, osadzone szczelnie w płytach *DD* i *EE*, łączą one ognisko *F* z komorą dymową *G*. Para gromadzi się w przestrzeni górnéj cylindra *gh*, *gh*; *hh* oznacza liniję wodną. *C* są to drzwiczki ogniskowe, *F* ognisko, *d* oznacza ruszta; *ll* komin do uprowadzania dymu i gazów ze spalenia powstałych.

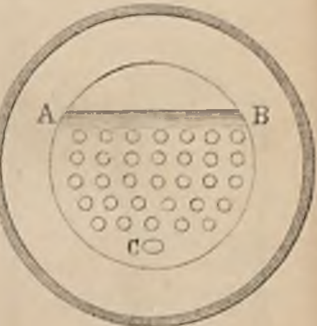


Fig. 226.

Fig. 226 przedstawia kocioł rurowy poziomy, używany przy lokomobilach i parowozach na drogach żelaznych. Linija *AB* przedstawia liniję wodną, która zawsze znajdować się powinna przynajmniéj 4 cale ang. $\left(100^{\text{m}}_{\text{m}}\right)$ po nad najwyższym szeregiem rurek, czyli nad liniją ogniową. *C* jest to otwór zamykany, który służy do czyszczenia kotła.

317. Kotły kufrowe czyli wozowe systemu Watta. Oprócz opisanych powyżéj rozmaitych rodzajów kotłów, są jeszcze kotły tak zwane kufrowe zaprowadzone przez Watta. Dawniéj były one w powszechném użyciu, do produkowania pary nizkiego ciśnienia. Dziś już mniéj więcéj zarzuconymi zostały.

Figura 227 przedstawia taki kocioł w widoku podłużnym i w widoku z frontu. Sciany *B*, *C* i *A* wygięte są ku wnętrzu kotła, ściana zaś górna *D* stanowi połowę powierzchni walca. *E* i *F* są ścianami szczytowemi płaskiemi, zamykającemi kocioł z przodu i z tyłu. Aby ciśnienie pary nie rozepchnęło ścian bocznych, mocują się takowe tak zwanemi ankrami czyli żelaznymi prętami. *G* przedstawia manloch.

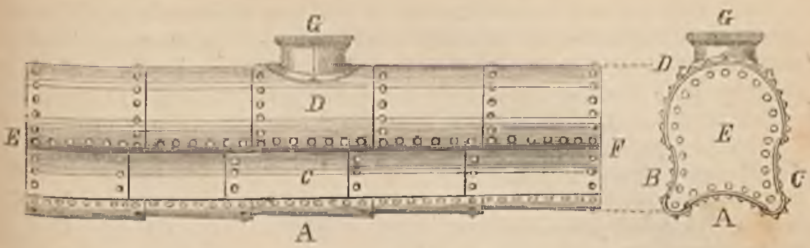


Fig. 227.

318. **Powierzchnia ogrzewalna.** Część powierzchni kotła będąca w zetknięciu z ogniem i gorącymi gazami, nazywa się *powierzchnią ogniową*, lub *powierzchnią ogrzewalną*. Im większą będzie ta powierzchnia, tym więcéj dostaje się cieplika do wnętrza kotła, tym większą będzie skuteczna jego działalność. Cieplik jaki pewna część powierzchni ogrzewalnéj w sobie pochłania, jest proporcyonalny różnicy temperatur wewnętrznéj i zewnętrznéj kotła. Wyobraźmy sobie zwyczajny kocioł cylindrowy, opatrzony jednym kanałem ciągowym. Jego powierzchnię ogrzewalną podzielmy wzdłuż kotła na 5 części równych. Niechaj temperatura pary będzie 150° C.; temperatura pod pierwszą $^1/_5$ częścią kotła (w ognisku) 1150° C., pod ostatnią $^1/_5$ częścią kotła blizko komina 250° C. (Fig. 228), to różnica temperatur dla tych części będzie 1000° i 100°. A zatém ostatnia $^1/_5$ część przyjmuje 10 razy mniéj cieplika od części pierwszéj. Prowadzę ze środków pięciu części kotła linije pionowe *a A*, *b B*, *c C*.... równe różnicom temperatur i kreślę linię krzywą *a b c d e*; linija ta wskazuje, w jaki sposób zmniejsza się przyjmowanie cieplika przez kocioł.

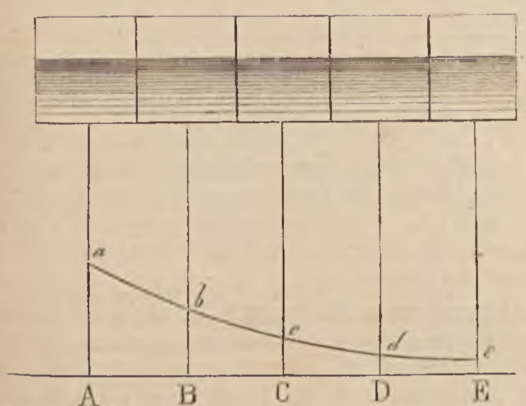


Fig. 228.

Niechaj będą:	w *a*	*b*	*c*	*d*	*e*
Temperatury gazów	1150°	700°	460°	330°	250°
Zatém różnice temperatur	1000	550	310	150	100
Pochłanianie cieplika w procentach .	46	26	15	8	5°.

Średnia z owych różnic temperatury wynosi 422^0. Zwyczajnie bierze się tylko 400^0.

Kotły parowe w użyciu będące, już w części pokryte sadzą i kamieniem kotłowym, pochłaniają na 1 metr □ pow. ogrzewalnéj w godzinie czasu 18 jednostek cieplika na każdy stopień różnicy temperatury. A przeto 1 metr □ pow. ogrzewalnéj pochłania w godzinie czasu w przecięciu $18 \times 400 = 7200$ jednostek cieplika, które produkują pary $7200 : 650 = 11$ kilogramów.

Maszyny parowe zużywają rożną ilość pary, stósownie do systemu i do ich wielkości. Można przyjąć:

	Maszyna dobra	M: średnia	M: zła
Ilość pary na konia par.	11	16	32 kil.
A więc powierzchnię ogrzewalną na konia .	1	1,5	$2{,}9^m$□.

319. Skutek paleniska. Jeżeli temperatura nad rusztem wynosi 1150^0 a w kanale prowadzącym do komina 250^0, to strata cieplika uchodzących gazów $250 : 1150 = 0{,}217$ wywiązanego cieplika. Z powodu niedokładnego palenia i stygnięcia pieca, strata ta dochodzi do 0,30, a zatém skutek użyteczny paleniska, wynosi ledwie 0,70.

Skutek ten można powiększyć przez zasilanie kotła gorącą wodą i przez zastósowanie ogrzewalnika. Jeżeli temperatura wody zasilającéj wynosi 45^0 zamiast 0^0, to skuteczność paleniska podnosi się o $45 : 650 = 0{,}07$. Jeżeli ogrzewalniki zniżają temperaturę gazów o 80^0, to skuteczność paleniska podnosi się również o $80 : 1150 = 0{,}07$.

320. Produkcya pary przy danéj ilości paliwa. Ilość wody jaką 1 kilogram paliwa może wyparować, zależy od jakości paliwa, od działalności kotła i od sposobu palenia. Przy umiejętném paleniu, otrzymujemy dla węgla:

Siła ogrzewalności węgla kamien.	7500 cieplin			6900 cieplin			6100 cieplin		
Skuteczna działalność kotła par.	0,80	0,70	0,60	0,80	0,70	0,60	0,80	0,70	0,60
Kilogramów pary na 1 kil. węgla	9,23	8,08	6,92	8,49	7,43	6,37	7,51	6,57	5,63.

321. Ilość wody w kotle. Jeżeli kocioł obejmuje wielką ilość wody, to potrzeba wielkiéj ilości cieplika, ażeby parę otrzymać. Jeżeli przeciwnie kocioł zawiéra małą ilość wody, to w krótkim czasie otrzymuje się para. Ale takie kotły stygną bardzo prędko, a przy nie jednostajném paleniu, przedstawiają wielkie zmiany w ciśnieniu pary.

322. Aparaty do przegrzewania pary. Składają się z systemu rur, przez które przepływając para suszy się i zarazem ogrzewa. O takich aparatach powiada Faraday, że rozkładowi pary w skutek rozgrzanych ścian rury, nie towarzyszy żadne niebezpieczeństwo; jeżeli się wywiąże gaz wodorodny, to tylko w bardzo małéj ilości. Ale ten nie może mieć wyższego ciśnienia od pary; zresztą w pomięszaniu z parą nie może wytworzyć materyi eksplodującéj.

323. Grubość ścian kotłowych. Podług przepisów francuzkich, grubość blachy żelaznéj kotłów cylindrowych, mających wytrzymywać ciśnienie *od wewnątrz*, oznacza się podług następującego wzoru:

$$e = 0{,}0018 . D . n + 0{,}3 .$$

Dla kotłów zaś i rur mających wytrzymywać ciśnienie *od zewnątrz*, oznacza się grubość blachy podług wzoru:

$$e = 0{,}008 .\ d \sqrt[3]{n} + 0{,}25.$$

W obudwóch tych wzorach, e wyraża grubość blachy, D średnicę cylindra (w centymetrach), a n *względne ciśnienie* pary w atmosferach.

Aby niedopuścić zgniecenia rur bardzo długich, dają się od strony zewnętrznéj w pewnych odległościach pierścienie żelazne $m\ m$ (Fig. 229), które mając doskonałą formę okręgu koła i będąc przynitowane do rury, wskutek zewnętrznego ciśnienia pary, nie dopuszczają jéj zgniecenia. Sposobu tego używa się zwykle, przy budowie kotłów kornwalskich, któreśmy pod Nr. 313 opisali, gdzie rura A ogniowa, opatruje się właśnie takiemi obręczami czyli pierścieniami.

Fig. 229

Przykład 1. Mamy zbudować kocioł z ogniskiem wewnętrznem na 6 atmosfer bezwzględnego ciśnienia. Rura zewnętrzna ma mieć średnicy 140^{cm}, wewnętrzna 70^{cm} średnicy. Jaką grubość należy dać jednemu a jaką drugiemu walcowi?

Odejmując od 6 atmosfer ciśnienia bezwzględnego ciśnienie powietrza zewnętrznego czyli 1 atmosferę, to pozostanie ciśnienie względne $n = 5$ atmosfer, które wprowadza się w rachunek.

A zatém będzie:

Dla kotła zewnętrznego . . $e = 0{,}0018 \times 140 \times 5 + 0{,}3 = 1{,}56^{cm}$.

Dla rury ogniowéj . . . . $e = 0{,}008 \times 70 \sqrt[3]{5} + 0{,}25 = 1{,}21^{cm}$.

Przykład 2. Zachodzi potrzeba zbudowania kotła parowego cylindrowego pracującego pod ciśnieniem 10 atmosfer z dwoma bulijerami, którego cylinder główny opatrzony jeszcze jest rurkami płomiennemi, dla zwiększenia powierzchni ogrzewalnéj. Kocioł główny ma mieć średnicę 150^{cm}, bulijery po 80^{cm}, a rurki płomienne mają po 5^{cm} średnicy. Pytanie jest jaką należy dać grubość ścianom cylindra głównego, bulijerów i rurek płomiennych?

Kociół główny . $e = 0{,}0018 \times 150 \times 9 + 0{,}3 = 2{,}73^{cm} = 27\frac{m}{m}$.

Bulijery . . . $e = 0{,}0018 \times 80 \times 9 + 0{,}3 = 1{,}6^{cm} = 16\frac{m}{m}$.

Rurki płomienne $e = 0{,}008 \times 5 \sqrt[3]{9} + 0{,}25 = 0{,}34^{cm} = 3{,}5\frac{m}{m}$.

Tablica grubości ścian kotłów parowych.

Średnica kotła w centym.	Ciśnienie pary względne w atmosferach						
	1	2	3	4	5	6	7
	Grubość blachy kotła wystawionego na ciśnienie wewnętrzne						
60cm	0,41cm	0,51cm	0,62cm	0,73cm	0,84cm	0,95cm	1,05cm
80	0,44	0,59	0,73	0,88	1,02	1,16	1,31
100	0,48	0,66	0,84	1,02	1,20	1,38	1,56
120	0,52	0,73	0,95	1,16	1,38	1,60	1,81
140	0,55	0,80	1,06	1,31	1,56	1,81	—
160	0,59	0,87	1,17	1,45	1,74	—	—
180	0,62	0,95	1,27	1,59	1,92	—	—
200	0,66	1,02	1,38	1,74	—	—	—

Średnica kotła w centym.	Ciśnienie pary względne w atmosferach						
	1	2	3	4	5	6	7
	Grubość blachy, gdy kocioł wystawiony na ciśnienie zewnętrzne.						
30^{cm}	$0{,}49^{cm}$	$0{,}55^{cm}$	$0{,}60^{cm}$	$0{,}63^{cm}$	$0{,}66^{cm}$	$0{,}69^{cm}$	$0{,}71^{cm}$
40	0,57	0,65	0,71	0,76	0,80	0,83	0,86
50	0,65	0,75	0,82	0,88	0,93	0,98	1,01
60	0,73	0,85	0,94	0,91	1,07	1,12	1,17
70	0,81	0,95	1,06	1,14	1,21	1,27	1,32
80	0,89	1,05	1,18	1,26	1,34	1,41	1,47
90	0,97	1,15	1,30	1,39	1,47	1,55	1,62

324. Wymiary kotłów parowych. Do budowy kotłów parowych, nie używa się zwykle grubszéj blachy nad $1{,}7^{cm}$; a zatém i średnica kotła nie powinna pewnych granic przekraczać. Jeżeli mamy produkować parę wysokiego ciśnienia, daleko jest lepiéj szukać powierzchni ogrzewalnéj kotła w jego długości, aniżeli w średnicy.

Z powierzchni ogrzewalnéj, albo liczby koni kotła, lub nakoniec z ilości pary, jaką kocioł w godzinie czasu produkować winien, dadzą się zawsze wymiary kotła obliczyć. Przy długich kotłach walcowych, nie bierze się zwykle w rachunek ścian szczytowych kotła.

Przykład. Jakie wymiary winien mieć zwyczajny cylindrowy kocioł, do produkowania 120 kilogramów pary w godzinie czasu?

Przyjmując że 1 metr □ pow. ogrzewalnéj daje 12 kilogr. pary w godzinie czasu, to powierzchnia ogrzewalna będzie $120 : 12 = 10$ m. □.

Jeżeli powierzchnia ogrzewalna wynosi $\frac{55}{100}$ całkowitéj powierzchni kotła, to całkowity płaszcz kotła wynosić będzie $10 \times \frac{100}{55} = 18{,}1$ m. □.

Biorąc teraz promień kotła $= 1{,}1^m$ a więc jego obwód równać się będzie $3{,}45^m$; a ztąd długość kotła da się łatwo obrachować.

$$3{,}45 \times l = 18{,}1 \text{ czyli } l = \frac{18{,}1}{3{,}45} = 5{,}24^m,$$

t. j. że długość tego kotła wynosić będzie 5,24 metrów.

A. G. Marin prof. mechaniki w Bernie (w Morawii) w dziele swojém: „Anleitung zur Anlage und Wartung der stationären Dampfkessel" o wymiarach kotła pisze co następuje:

Wielkość kotła parowego zależy głównie od wielkości powierzchni ogrzewalnéj, jaką mieć powinien ze względu na ilość produkować się mającéj pary. Oprócz tego wielkość kotła zależy od stosunku zachodzącego między przestrzenią wodną i parową. Doświadczenie podaje ów stosunek na 0,64, a zatém stosunek między przestrzenią parową a całkowitą objętością kotła na 0,39. Na téj więc zasadzie podaje Marin następujące formuły, przy obliczaniu wymiarów kotłów parowych, nie wprowadzając jednak w rachunek powierzchni szczytowych.

a) *Dla kotła zwyczajnego cylindrowego*, gdy D oznacza średnicę, L długość w stopach bieżących, F powierzchnię ogrzewalną w stopach kwadratowych:

$$D = 0{,}757 \sqrt{\left(\frac{D}{L}\right) \cdot F} \quad \ldots \ldots (1$$

gdzie $\frac{D}{L}$ stósownie do okoliczności należy wziąć $= 3, 4, 5$ i więcéj.

Wysokość zwierciadła wody w kotle, nad jego najniższym punktem, będzie:

$$h = 6{,}96\ D + 4,$$

gdzie D wyrażone jest w stopach, zaś h otrzymuje się w calach.

b) *Dla kotła kornwalskiego z jedną rurą ogniową*, gdy D oznacza średnicę kotła, L jego długość, zaś D' średnicę rury ogniowéj, F zaś powierzchnię ogrzewalną, otrzymamy:

$$\left.\begin{array}{ll} & D = 0{,}567\sqrt{\left(\frac{D}{L}\right).\ F}\ .\ .\ . \\ \text{zaś} & D' = 0{,}4.\ D\ .\ .\ .\ .\ .\ .\ .\ .\ . \end{array}\right\}\ (2$$

Zwykle daje się takim kotłom długość, równą 3 lub 5 razy wziętéj średnicy.

Wysokość lustra wody w kotle, będzie:

$$h = 7{,}66.\ D + 4,$$

gdzie D wyraża się w stopach, zaś h otrzymuje się w calach.

c) *Dla kotła parowego z bulijerami lub ogrzewaczami*, gdy D i L wyrażają średnicę i długość kotła głównego, D_2 i L_2 też same wymiary w stopach bulijerów lub ogrzewalników, z liczbę bulijerów lub ogrzewalników, a F całkowitą powierzchnię ogrzewalną kotła w stopach kwadratowych, wtedy:

$$\left.\begin{array}{ll} & D = 0{,}564\sqrt{\dfrac{\left(\frac{D}{L}\right).\ F}{0{,}5 + 0{,}4.\ z\left(\frac{L_2}{L}\right)}} \\ \text{zaś} & D_2 = 0{,}4.\ D.\ .\ .\ .\ .\ .\ . \end{array}\right\}\ (3$$

Dla kotła parowego z dwoma bulijerami lub ogrzewaczami, gdy $L_2 = L$, będzie:

$$\left.\begin{array}{ll} & D = 0{,}495\sqrt{\left(\frac{D}{L}\right).\ F} \\ \text{zaś} & D_2 = 0{,}4.\ D\ .\ .\ .\ . \end{array}\right\}\ (4$$

a dla kotła z trzema bulijerami lub ogrzewaczami:

$$\left.\begin{array}{ll} & D = 0{,}432\sqrt{\left(\frac{D}{L}\right).\ F} \\ \text{zaś} & D_2 = 0{,}4\ .\ .\ .\ .\ . \end{array}\right\}\ (5$$

Stosunek $\left(\frac{D}{L}\right)$ stósownie do okoliczności, bierze się mniejszy albo większy. Czasami ten stosunek bierze się od 5 do 8.

W kotłach tego rodzaju linija wodna czyli zwierciadło wody bierze się po nad najniższym punktem kotła parowego głównego,

$$h = 6.\ D + 4,$$

gdzie D bierze się w stopach, a h otrzymuje się w calach.

d) Dla kotła systemu Watta, gdy H wyraża średnią wysokość, B średnią szerokość, L długość jego w stopach bież. F zaś powierzchnię jego ogrzewalną w stopach kwadratowych:

$$\left.\begin{aligned} H &= 0{,}712 \sqrt{\left(\frac{H}{L}\right) \cdot F} \\ B &= 0{,}75.\ H\ \ldots \end{aligned}\right\} \quad (6$$

Stosunek $\dfrac{H}{L}$ bierze się pomiędzy 2,5 do 3.

Wysokość lustra wody nad dnem kotła:

$$h = 7.\ 32.\ H + 4 \text{ cali},$$

gdzie H należy brać w stopach.

Ponieważ linija wodna w kotle parowym, leżeć powinna najmniéj 4 cale ang. (100^{m}_{m}) nad liniją ogniową, dobrze więc będzie powyższe wymiary jeszcze cokolwiek powiększyć, jeżeli przestrzeń parowa w inny sposób zwiększyć się nie da.

Co się długości kotła parowego dotycze, to jak z doświadczenia wiadomo, dla wyzyskania o ile można cieplika, daje się ją jak tylko można największą; co się zaś średnicy kotła dotycze, ta pewnych granic jak to wyżéj wspomnieliśmy, ze względu na grubość blachy, przekraczać nie powinna.

325. Budowa ognisk kotłów parowych. Ogniska kotłów parowych, tak winny być urządzone, aby jak największą ilość cieplika z pewnéj ilości paliwa i pod jak najkorzystniejszymi warunkami rozwijać mogły. Ich konstrukcya nie tylko zależy od skutku, jaki sobie założono, ale także od rodzaju materyału opałowego i od sposobu, w jaki rzeczony cieplik spożytkować pragniemy. Cieplik wydobyty z palącego się materyału, może być w dwojaki sposób spożytkowany, to jest częścią przez promieniowanie a częścią przez odbieranie go dymowi i gorącym gazom otaczającym powierzchnię kotła. Czy więc sam tylko cieplik promieniujący, czy téż w połączeniu z cieplikiem zawartym w dymie i gazach gorących wchodzących do komina ma być spożytkowanym, od tych okoliczności zależna jest właściwie budowa ogniska.

Każde obmurowanie kotła parowego składa się z następujących części: *a) z właściwego ogniska*, na którém odbywa się palenie materyału; *b) z kanałów ogniowych* czyli tak nazwanych *ciągów dymowych*, i *c) z komina*, służącego do wyprowadzenia gazów i dymu na zewnątrz ogniska czyli w powietrze atmosferyczne. Wszystkie tu wymienione części, murują się częścią z cegły zwyczajnéj, a częścią z cegły ogniotrwałéj na glinę zwyczajną i na glinkę ogniotrwałą. Część kotliny, któréj się płomień dotyka, buduje się z cegły ogniotrwałéj, reszta kotliny, buduje się z cegły zwyczajnéj. Kominy budują się z cegły lub z blachy żelaznéj.

326. Obmurowanie zwyczajnego kotła walcowego. Figury 230 i 231, przedstawiają obmurowanie kotła walcowego w przekroju podłużnym i poprzecznym, *aa* jest to kocioł parowy napełniony wodą po liniję *h h*; *b b* kotlina; *c* drzwiczki ogniskowe żelazne lane, przez które wrzuca się paliwo na ruszta *d*. Pod rusztami znajduje się przestrzeń *e* do zbierania popiołu zwana popielnikiem, która zarazem służy do wprowadzania powietrza do ogniska, otworami międzyrusztowymi, pod wpływem którego odbywa się palenie.

Aby płomień wychodząc z ogniska dokładnie przylegał do powierzchni kotła, urządza się zaraz za ogniskiem tak zwany *mostek ogniowy* f (Feuerbrücke) wszelako należy pamiętać, aby takowy nie wypadł zaraz pod szeregiem nitów czyli pod wekslem, gdyż wtedy nity przepalają się prędko, a tém samém kocioł ulega zniszczeniu. Nadto nad ogniskiem daje się blachę lepszego gatunku, aby dłużéj działanie ognia wytrzymać mogła.

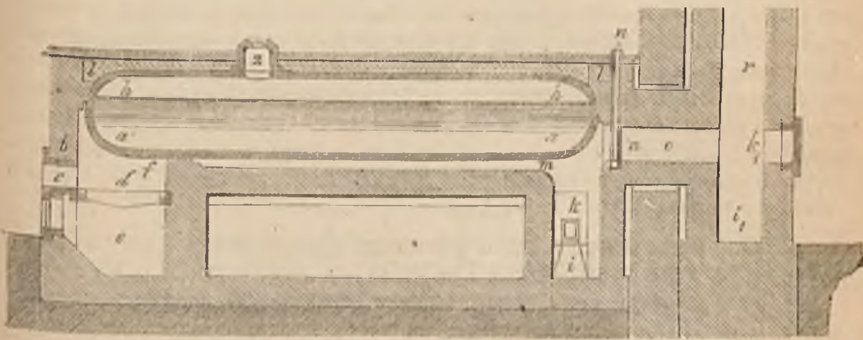


Fig. 230.

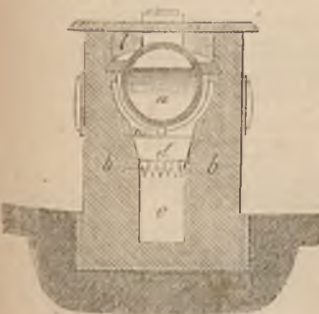


Fig. 231.

Zaraz za mostkiem ogniowym, poczyna się kanał ogniowy m m czyli ciąg dymowy, sięgający 4 cale niżéj pod linię wodną i otaczający cały spód kotła, czyli całkowitą jego powierzchnię ogrzewalną. Tym kanałem udają się dym i gazy gorące do komina, oddając kotłu w swéj drodze część cieplika jaki w sobie zawierają. Z tego kanału udaje się dym gardzielą (Fuchs) o do komina r. Dla regulowania ciągu gardziel o opatrzona jest stawidłem (szybrem) n n, które można dowolnie otwierać albo przymykać. Stawidło opatrzone jest łańcuchem przechodzącym przez krążek, a na drugim końcu owego łańcucha, zawieszony bywa przeciwciężar żelazny lany, którym manewruje maszynista, wedle potrzeby; k i k' są to drzwi z boku i z tyłu kotła, służące do czyszczenia kanałów ciągowych, zaś i i, są to kanały w których się zbierają sadze, i zkąd usuwają się na zewnątrz, otworami k i k'. Z przodu kotła znajdują się także dwa otwory, zamknięte cegłą ogniotrwałą lub żelaznemi pokrywkami, służące również do czyszczenia ciągów z sadzy i innych nieczystości. Górna część kotliny l l opatrzona jest złym przewodnikiem cieplika, np. piaskiem, tłuczoną cegłą lub trociną drzewną, a nad ową warstwą złego przewodnika, znajduje się warstwa cegły, stanowiąca wierzch kotliny.

Dla oczyszczania kotła z kamienia kotłowego, szlamu i błota umieszczony jest na wierzchu kotła otwór owalny z, nazywany manlochem, przez który wchodzić może wewnątrz kotła robotnik ze swojemi narzędziami, kiedy się odbywa czyszczenie kotła.

Opisaliśmy tutaj obmurowanie kotła parowego z jednym kanałem ciągowym. Tego sposobu obmurowania kotła, używa się tylko wtedy, kiedy opał nie ma żadnéj, albo bardzo małą wartość. Lecz tam, gdzie opał w eksploatacyi zakładu stanowi ważną rubrykę, taki sam kocioł można obmurować w ten sposób, że płomień będzie zmuszony 3 razy okrążyć kocioł, nim się do komina dostanie. Tym sposobem dym i gazy gorące przebiegając drogę 3 razy dłuższą, oddadzą kotłu daleko większą ilość cieplika, niż przebiegając pod kotłem raz tylko jeden. Sposób ten polega na tém, że się dają w kotlinie 3 kanały ciągowe, jeden pod kotłem, a dwa z boków kotła, lecz tak aby linija ogniowa, znajdowała się zawsze o 4 cale poniżéj linii wodnéj. Płomień z ogniska udaje się do tyłu kotła, potém skręca się do jednego kanału bocznego i biegnie ku przodowi kotła, następnie skręca się do drugiego kanału bocznego, a ztamtąd gardzielą *o* udaje się do komina. Kotły tego rodzaju w niewielkich zakładach i w taki sposób obmurowane, można uważać za najpraktyczniejsze i przedstawiające bezpieczeństwo największe.

327. Obmurowanie kotła parowego cylindrowego (kornwalskiego) z jedną rurą wewnętrzną i paleniskiem zewnętrznėm. Figury 232 i 233, przedstawiają takie obmurowanie w przekrojach podłużnym i poprzecznym. *a* jest to kocioł spoczywający na trzech żelaznych lanych podstawkach

Fig. 232.

Fig. 233.

ppp i opatrzony rurą wewnętrzną *r*, napełniony wodą do linii *hh*, *b b* przedstawia kotlinę czyli obmurowanie kotła, *c* drzwiczki ogniskowe, *d* ruszta, *e* popielnik, *f* mostek ogniowy, *m m* kanał ogniowy, *n n* stawidło ciągowe (szyber), i *o* gardziel kominową.

Przy takiém obmurowaniu, płomień i tworzące się dymy na ognisku, przechodzą po nad mostem ogniowym i udają się kanałem ogniowym *mm* aż do tyłu kotła, zkąd wracają naprzód przez rurę ogniową *rr* i udają się gardzielą *o* do komina stojącego z boku. *l l* jest to miejsce na wierzchu kotła napełnione złym przewodnikiem cieplika; *s* jest to rura ekstrakcyjna, służąca do uprowadzania na zewnątrz nieczystości w wodzie zawartej. Z tego opisu pokazuje się widocznie, że obmurowanie tego rodzaju daje daleko lepsze rezultaty pod względem produkcyi pary, aniżeli obmurowanie wskazane na figurach poprzednich; gdyż powierzchnia ogrzewalna jest tu znacznie większą, z powodu rury ogniowéj, umieszczonéj wewnątrz kotła.

328. Obmurowanie kotła parowego z rurą wewnętrzną i paleniskiem wewnętrzném. Figury 234 i 235 przedstawiają obmurowanie takiego kotła w przekrojach podłużnym i poprzecznym. *a* przedstawia kocioł opatrzony rurą ogniową wewnętrzną *mm*; *bb* przedstawia obmurowanie czyli kotlinę, *c* drzwiczki ogniskowe, *d* ruszta, *e* popielnik, *p* mur wewnątrz rury ogniowéj czyli tak zwany pomost ogniowy.

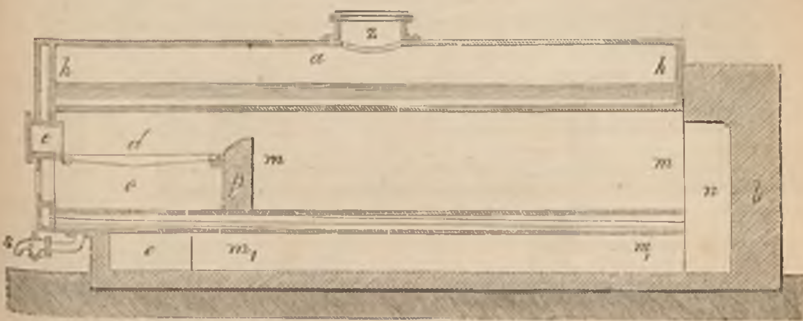


Fig. 234.

Fig. 235.

Kocioł spoczywa na podmurowaniu *q* rozdzielającém od siebie dwa kanały ogniowe m_1 i m_2. Płomień i dymy tworzące się na ognisku *d*, przebiegają po nad mostkiem ogniowym *p* rurą ogniową *m m* i otworem *n* udają się kanałem ogniowym m_1 m_1 ku przodowi kotła; następnie kanałem *o* pod ogniskiem umieszczonym, udają się znowu do kanału ogniowego m_2 m_2, a ztamtąd już do komina z tyłu kotła umieszczonego. *z* przedstawia manloch, zaś *s* przedstawia rurę ekstrakcyjną do uprowadzania nieczystości w wodzie zawartych. Zwrócić należy uwagę, iż kocioł ten z przodu opatrzony jest podwójną ścianą szczytową, dla zapobieżenia promieniowaniu cieplika na zewnątrz.

329. Obmurowanie kotła parowego walcowego z dwoma bulijerami i zewnętrzném paleniskiem. Obmurowanie tego rodzaju przedstawiają nam Figury 236, 237 i 238. Fig. pierwsza przedstawia przecięcie w kierunku pionowym podłużnym, Fig. 237, przedstawia przecięcie podłużne w kierunku poziomym, a Fig. 238 przedstawia przecięcie w kierunku pionowym poprzecznym. *aa* jest to kocioł cylindrowy napełniony wodą aż po liniję *hh*; *rr* są to dwa bulijery złączone z głównym kotłem szyjami (sztucerami); *b b* przedstawia kotlinę, *c* drzwiczki ogniskowe, *d* ruszta, *e* popielnik.

Sklepienie *gg* oddziela kocioł główny od dwóch bulijerów, które wystawione są tutaj na bezpośrednie działanie ognia, kocioł bowiem główny ogrzewany tu jest dymem i gazami gorącemi, czyli pośrednim już cieplikiem. W skutek takiéj konstrukcyi, woda ogrzana do wysokiego stopnia w bulijerach nad samém ogniskiem, ponieważ gatunkowo najlżejszą jest od reszty wody

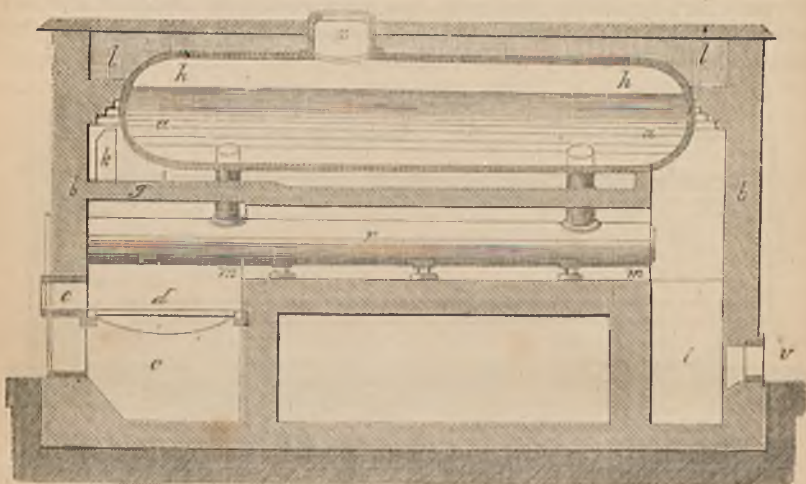


Fig. 236.

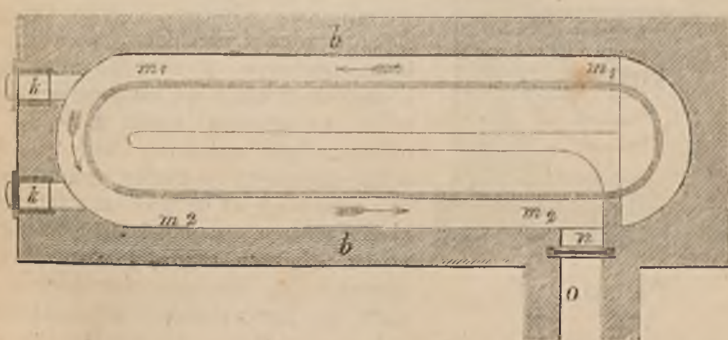


Fig. 237.

w kotle zawartéj, wznosi się do górnego kotła przodowemi szyjami (sztucerami) i tam zamienia się w parę; podczas gdy woda w głównym kotle, jako gatunkowo cięższa tylnemi szyjami spływa do bulijerów, zkąd znowu nad ogniskiem ogrzana, wznosi się napowrót do głównego kotła przodowemi szyjami. Tym sposobem odbywa się nieprzerwane krążenie wody w kotle i w bulijerach.

Dym i gazy wytworzone na ognisku przebiegają po nad mostkiem kanałem $m\ m$ ku tyłowi bulijerów, otaczając je w około, następnie udają się kanałem bocznym m_1 ku przodowi kotła ogrzewając go z jednéj strony, a ztamtąd wpadają w drugi kanał boczny kotła, ogrzewając go z drugiéj znowu strony, a ztamtąd udają się dopiero przez gardziel o do komina. i jest to otwór (którego dno na tym samym poziomie co i dno popielnika leży) służący do gromadzenia popiołu i sadzy w czasie oczyszczania kanałów ciągowych, które następnie wyrzucają się na zewnątrz otworem v, w tyle kotliny zrobionym. Otwory $k\ k$ z przodu umieszczone służą do oczyszczania kanałów bocznych m_1 i m_2. Wszystkie te otwory, podczas funkcyonowania kotła, powinny być zamknięte. $l\ l$ jestto przestrzeń na wierzchu kotła napełniona złym przewodnikiem cieplika, a n stawidło ciągowe, przez które dym do komina uchodzi.

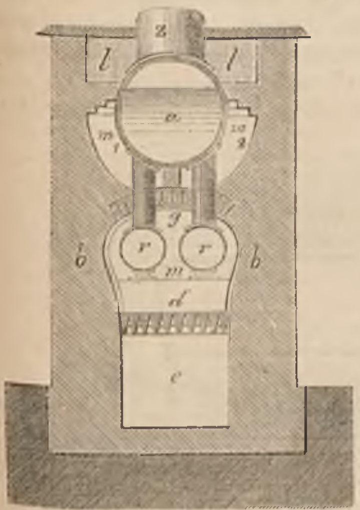


Fig. 238.

Tego rodzaju kotły używane bywają po wielkich zakładach przemysłowych. Oszczędność kotła głównego jest tu bardzo wielka, albowiem ogrzewany bywa jedynie dymem i gazami gorącymi; bulijery przeciwnie z powodu działania na nie bezpośrednio najżywszego ognia, ulegają wprawdzie częstszym uszkodzeniom i reparacyom, ale reparacya bulijerów jest daleko łatwiejsza niż kotła głównego, a nawet zmienienie całego bulijera nie pociąga za sobą zbyt wielkich kosztów i trudności.

330. Obmurowanie kotła parowego z dwoma ogrzewalnikami i paleniskiem zewnętrznêm. Figury 239, 240 i 241, przedstawiają tego ro-

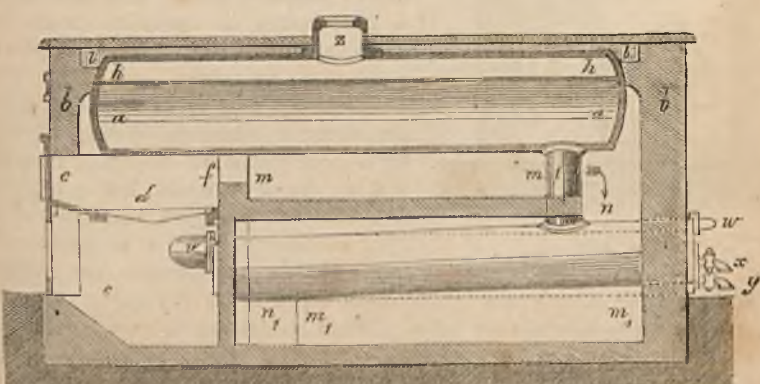


Fig. 239.

dzaju obmurowanie kotła parowego. Figura 239, przedstawia przecięcie pionowe podłużne; Fig. 240 przecięcie poziome podłużne, a Fig. 241 przecięcie pionowe poprzeczne kotła parowego oraz kotliny. *a a* jest to kocioł walcowy główny, napełniony wodą, aż po linię *hh*; *s* i *r* są to ogrzewalniki, spoczywające na podstawkach żelaznych lanych *qq*; *t* szyja czyli sztucer łączący ogrzewalnik *s* z kotłem głównym; *v* jest to rura łącząca z sobą oba ogrzewalniki. Daléj *b b* przedstawia kotlinę, *c* drzwi ogniskowe, *d* ruszta, *e* popielnik, *f* mostek ogniowy; *m m* kanał ogniowy otaczający powierzchnię ogrzewalną kotła głównego *aa*; *n* kanał pionowy łączący z sobą kanały ogniowe *m* i m_1; n_1 otwór prowadzący dym z kanału m_1 do kanału m_2, nakoniec *o* jestto gardziel kominowa.

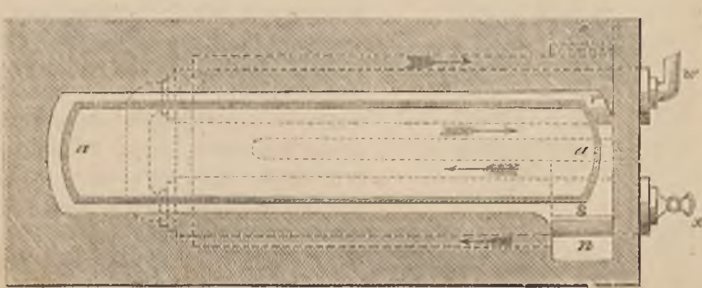


Fig. 240.

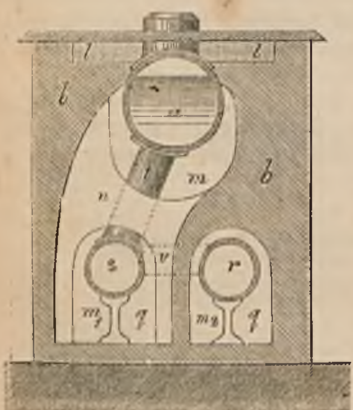


Fig. 241.

Przy takim systemie obmurowania, kocioł główny wystawiony jest bezpośrednio na działanie żywego ognia; dym i gazy gorące wytworzone na ognisku, udają się kanałem *m m* ku tyłowi kotła, następnie kanałem pionowym *n* spuszczają się na dół, a otaczając ogrzewalnik *s* zdążają kanałem m_1 ku przodowi onego; następnie kanałem n_1 przechodzą do trzeciego kanału ogniowego m_2 otaczającego drugi ogrzewalnik *r*, udają się ku tyłowi i gardzielą *o* z boku umieszczoną, do komina wpadają. *l l* jestto przestrzeń z wierzchu kotła, napełniona złym przewodnikiem cieplika; *z* manloch służący do czyszczenia kotła: *x* i *y* są to dwa krany ekstrakcyjne, umieszczone z tyłu ogrzewalników *s* i *r*, a przeznaczone do uprowadzenia na zewnątrz zanieczyszczonéj wody w kotle parowym, *w* jestto rura umieszczona również z tyłu ogrzewalnika *r* służąca do zasilania kotła. Woda wchodząca tą rurą udaje się ku przodowi ogrzewacza *r*, rurą łączącą *v* wchodzi do ogrzewacza *s*, następnie udaje się ku jego tyłowi, tu napotkawszy szyję czyli sztucer *t* wchodzi do kotła głównego i udaje się ku jego przodowi, gdzie zamienia się na parę. Jak widzimy woda zasilająca kocioł, odbywa tutaj ruchy zupełnie przeciwne dymowi. Dym wychodzący z ogniska spotyka się z wodą coraz zimniejszą, aż do ujścia do komina, oddając jéj po drodze swój cieplik. Woda znów przeciwnie wchodząc prawie zimną do ogrzewalnika *r*, wśród drogi swojéj staje się coraz gorętszą, aż nakoniec doszedłszy do kotła głównego, nabywa już tam takiéj temperatury, iż zamienia się na parę. Ten sposób obmurowania i alimentowania kotła ma tego rodzaju zaletę, że temperatura wody w kotle, a tém samém i prężenie pary przy jednostajném paleniu są zawsze stałe, co w zakładach przemysłowych jest niezmiernie ważną rzeczą.

Nie ulega wątpliwości, że taki system kotła parowego i obmurowania, wielką przynosi oszczędność w materyale opałowym, a oszczędność ta jeszcze będzie większą, gdy oprócz dwóch ogrzewaczów dodany będzie trzeci, do którego alimentować będziemy wodę, bo wtedy dym uchodzący do komina, wyzyskany zostanie z cieplika dokładniéj. Kotły więc z ogrzewaczami, zasługują na pierwszeństwo przed innymi systemami i coraz téż większe z tego powodu w praktyce zastósowanie znajdują.

331. Obmurowanie kotła parowego systemu Watta z paleniskiem

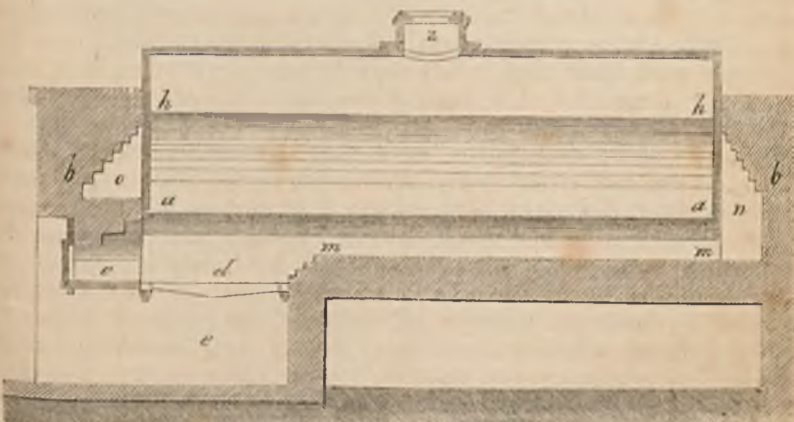


Fig. 242.

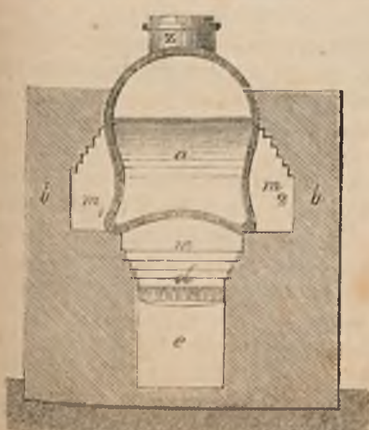


Fig. 243.

zewnętrzném. Figury 242 i 243 wyobrażają obmurowanie takiego kotła parowego, w przekroju podłużnym i w przekroju poprzecznym. *aa* jestto kocioł napełniony wodą aż po linię *hh*. *bb* przedstawia kotlinę, *c* drzwi ogniskowe, *d* ruszta, *e* popielnik. Gazy gorące wywiązane w ognisku, udają się kanałem ogniowym *m m* ku tyłowi kotła, ztamtąd kanałem poprzecznym *n* wchodzą do kanału ogniowego m_1 udając się ku przodowi kotła, następnie kanałem poprzecznym *o* wpadają do kanału ogniowego m_2, którym biegnąc ku tyłowi kotła dostają się nareszcie przez gardziel do komina. *z* jestto manloch dla wchodzenia do kotła.

332. Obmurowanie kotła rurowego z ogniskiem wewnętrznem. Figura 244 przedstawia obmurowanie kotła pionowego rurowego. Kocioł ten stoi na podmurowaniu *m m*. W środku podmurowania znajduje się otwór okrągły lub kwadratowy *n* służący do zbierania się popiołu. *F* jest to ognisko mające kształt okrągły, *c* drzwiczki ogniskowe, *d* ruszta; *n* jest kanał którym wpada powietrze przez ruszta do paleniska. *h h* jest to linija wodna, *g g* jest przestrzenią parową kotła. Tworzący się na ognisku dym uchodzi rurkami ogniowemi *r r r*.... otoczonemi ze wszystkich stron wodą, do komina *G*. Przestrzeń *l l* napełnia się zwykle złym przewodnikiem cieplika. Pospolicie cała powierzchnia zewnętrzna kotła *A A*, obwija się filcem, a następnie otacza klepkami drewnianemi i zwięzuje obręczami żelaznemi albo mosiężnemi dla zapobieżenia promieniowaniu cieplika na zewnątrz. Kotły tego rodzaju, używane są powszechnie w drobnym przemyśle, z powodu swojéj lekkości, małéj objętości i szybkiéj produkcyi pary. Ale też zato posiadają pewne i niedogodności. Ponieważ ilość wody w nich zawarta jest daleko mniéjsza, aniżeli w innych kotłach, przeto téż i alimentowanie sprawia tu dotkliwsze skutki na temperaturze, aniżeli w innych kotłach; tudzież poziom wody w takich kotłach podlega silniéjszym fluktuacyom. Przestrzeń parowa jest daleko mniéjsza aniżeli w innych kotłach, zkąd powstają ciągłe zmiany w ciśnieniu pary, i t. p.

333. Warunki jakie zachować należy przy obmurowywaniu kotłów parowych. Warunki jakich się trzymać należy przy obmurowywaniu kotłów parowych, są następujące: *a*) W danym czasie na ognisku tyle się spalić winno materyału opałowego, aby kocioł w tymże czasie wyprodukował najmniéj taką ilość pary, jaka jest potrzebna do utrzymania w ruchu maszyny parowéj lub do innych celów przemysłowych. *b*) Spalenie materyału na ognisku, winno być o ile można najzupełniejsze. *c*) Ściany kotliny powinny być zbudowane ze złego przewodnika cieplika i posiadać dostateczną grubość, aby jak najmniéj cieplika na zewnątrz uprowadzały. *d*) Czyszczenie kotła z popiołu i sadzy powinno być bardzo łatwe. *e*) Aparaty do regulowania ognia powinny być jak najprostsze i najpraktyczniejsze. *f*) Ciąg powietrza powinien być silny, aby palenie odbywało się żywo, t. j. przy jak najwyższéj temperaturze. *g*) Temperatura dymu wchodzącego do komina, nie powinna przekraczać 300^0 C., ale owszem o ile to być może, powinna być daleko niższą.

334. Ognisko. Ognisko kotła parowego, jest to taka przestrzeń, w któréj się odbywa palenie materyałów i dla tego nazywa się *przestrzenią ogniową* i w któréj gromadzi się popiół i inne pozostałości ze spalenia powstałe, a która nazywa się *popielnikiem*. Przestrzeń ogniowa czyli właściwe ognisko oddzielone jest zawsze *rusztami* od popielnika.

335. Ruszta. Ruszta składają się z mniejszéj lub większéj liczby belek żelaznych lanych lub kutych, ułożonych obok siebie w kierunku poziomym i wspartych końcami na dwóch lub trzech belkach poprzecznych, również żelaznych lanych, albo kutych. Ułożone one są obok siebie w taki sposób, że tworzą między sobą przedziały puste węższe albo szersze, stósownie do materyału, jaki na nich palić się będzie. Otwory te służą dla wpuszczania powietrza w ognisko i do spadania popiołu i drobnego zuzla do popielnika.

Fig. 245 przedstawia ruszt pojedyńczy w widoku bocznym. Fig. 246 ten sam ruszt w przekroju poprzecznym *ab*. Fig. 247 część powierzchni rusztowéj, złożonych z pojedyńczych sztab czyli belek; *aa* są to głowy rusztów leżące na belkach poprzecznych *b b* żelaznych lanych; *c c* wzmocnienia środkowe rusztów, których grubość równa jest szerokości otworów *d d* pomiędzy rusztami. Grubość rusztu powinna być taka, aby ciężar warstwy materyału opałowego, mającéj na nim spoczywać, nie był go w możności przy rozgrzaniu wygiąć; lecz im grubsze będą ruszta, tém powietrze mniéj będzie miało do ogniska przystępu i palenie odbywać się będzie wolniéj. Oprócz tego, grubych rusztów nie używa się dla tego, iż się prędko przepalają, gdy przeciwnie cienkie ruszta łatwiéj się chłodząc krążącém powietrzem, zachowują się dłużéj.

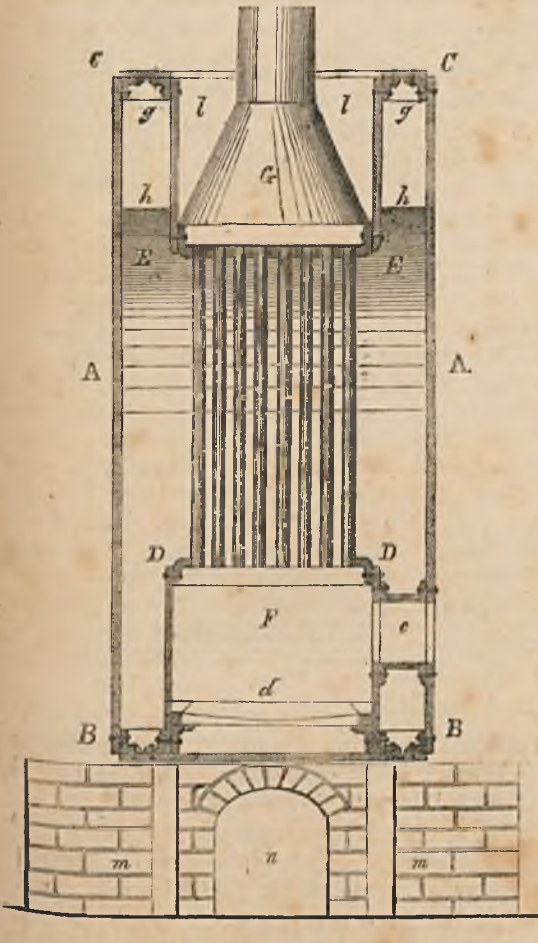


Fig. 244.

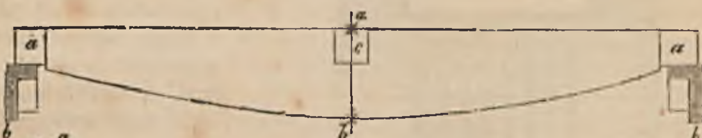
Długość sztaby rusztowéj zawisłą jest od powierzchni rusztów i od stosunku, w jakim się ma znajdować szerokość do swojéj długości. A zatém długość rusztów jest bardzo rozmaita, nie powinna jednak 4 stóp przekraczać, gdyż inaczéj ruszta musiałyby być grube, co sprowadza za sobą wyżéj wskazaną niedogodność. Jeżeli zaś ruszta muszą być koniecznie dłuższe nad 4 stopy, to składać się je zwykło z dwóch części, a w takim razie daje się jeszcze trzecią belkę dla podparcia ich w środku. Szerokość otworów pomiędzy rusztami, nie jest dowolną. Nie powinna być za wielką, aby materyał drobniejszy, a nie spalony, leżący na ruszcie, tymi otworami do popielnika nie wpadał. Ale otwory te nie powinny znowu być za małe, gdyż w takim razie zapychają się popiołem i żużlem, które nie mogąc do popielnika swobodnie spadać, utrudniają krążenie powietrza i palenie opóźniają.

Liczne doświadczenia nauczyły, jaką należy dawać szerokość otworom międzyrusztowym. Dla drzewa i torfu daje się 6 do 8$^{m}_{m}$; dla węgla kamiennego 8 do $12\frac{m}{m}$; dla koksu 26 do $30\frac{m}{m}$. Czasami daje się rusztom, w kierunku całéj długości od góry, półokrągłe rówki, w których się gromadzi popiół, bo ten, jako zły przewodnik ciepła, niedopuszcza szybkiego przepalania się onych. Otworom pomiędzy rusztami, daje się zwykle $^1/_3$ do $^1/_5$ powierzchni całego rusztu. Tak ruszta żelazne lane, jako téż i kute, powinny na swoich belkach leżeć swobodnie, aby się mogły w skutek cieplika przedłużać.

Stósownie do doświadczeń Brixa, na każdą stopę ($305\frac{m}{m}$), należy dawać $^1/_2$ cala (12 — $13\frac{m}{m}$) światła pomiędzy głowami rusztów. Gdzie ta ostrożność nie jest zachowana, ruszta wyginają się do góry lub na dół.

Wielkość powierzchni rusztu, zawisłą jest od wielkości powierzchni ogrzewalnéj kotła i od ilości materyału, mającego być na nim spaloną w pewnym przeciągu czasu, np. w jednéj godzinie. Dawać się im zwykło taką wielkość, któraby się równała $^1/_{18}$ do $^1/_{30}$ całkowitéj powierzchni ogrzewalnéj kotła.

Fig. 245.



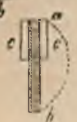


Fig. 246.

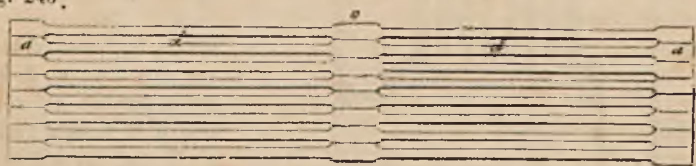


Fig. 247.

Podług doświadczeń *Koechlina* można na 1 stopie □ rusztu z otworami wynoszącemi $^1/_4$ część téj powierzchni, spalić w przeciągu jednéj godziny 40 do 70 funtów drzewa, a to stósownie do jego suchości i gatunku.

Podług doświadczeń Cavégo spalić można na 1 stopie □ rusztu w godzinie czasu 7 do 9 funtów węgla kamiennego. Z jego doświadczeń pokazuje się również, że przy powierzchni rusztów równającéj się $^1/_{17}$ całkowitéj powierzchni ogrzewalnéj kotła, paląc 7 funtów węgla kamiennego na 1 stopie □ rusztu w przeciągu jednéj godziny, można 1 funtem węgla, wyparować 8 funtów wody. Dzisiaj przyjmuje się za zasadę, że na 1 metrze □ rusztu, w 1 godzinie czasu, można spalić 30 do 80 kilogramów węgla kamiennego.

Inżynier angielski Dr. Lardner powiada, że na każdego konia parowego, powinien kocioł wyparować w przeciągu 1 godziny, jednę stopę sześcienną wody. Dla tego kocioł np. na 50 koni siły, powinien przy regularném paleniu, w przeciągu 1 godziny wyparować 50 stóp sześciennych wody.

Inżynier R. Armstrong chce, aby na każdego konia parowego, lub na każdą stopę kubiczną wody mającéj się wyparować w godzinie czasu, powierzchnia rusztu wynosiła 0,9 stóp kwadratowych.

Podług C. E. Jullien powierzchnia rusztów powinna tyle razy po 1,5 stóp □ obejmować, ile razy 17,86 funtów węgla kamiennego ma się spalić w godzinie czasu. Liczy on także na każdego konia parowego 0,75 stóp □ powierzchni rusztu.

Na jednego konia parowego bierze się zwykle jednę stopę □ powierzchni rusztu; a zatém na 1 stopie □ rusztu, tyle się spali materyału w przeciągu 1 godziny, ile go potrzeba do wyparowania wody 1728 cali sześciennych, czyli 1 stopy sześciennéj. W zwyczajnych kotłach parowych, daje się pospolicie 15 stóp □ powierzchni ogrzewalnéj na 1 konia parowego, do czego wchodzi już powierzchnia ogniowa, oraz kanały ciągowe. Zatém kocioł 50-konny, powinien mieć 750 stóp □ powierzchni ogrzewalnéj. Lokomobile, parowozy i kotły na parostatkach, stanowią wyjątek od téj ogólnéj reguły, z powodu bowiem braku miejsca, daje się im tylko na siłę 1 konia parowego 8 — 10 stóp czyli do 1 metra □ powierzchni ogrzewalnéj; ale palenie na parowozach i parostatkach, odbywać się musi w sposób bardzo gwałtowny, przez co i parowanie odbywa się także bardzo szybko, ale za to ruszta ulegają szybszemu zniszczeniu, aniżeli przy kotłach zwyczajnych, gdzie palenie odbywa się wolno i regularnie.

Niezmiernie ważną jest rzeczą, umiarkowanie odległości rusztów od spodu kotła; właściwe jéj zastósowanie, wielki wpływ wywiera na skutek palenia. Inżynier Scholl podaje tę odległość wziętą z doświadczenia jak następuje: dla dobrego węgla, radzi dawać cali 15 do 16, dla koksu cali 22; dla drzewa cali 18 do 30, a dla torfu cali 20 do 24 miary angielskiéj.

W Bernoullim (wydanie 13, na str. 363), znajdujemy znów w miarach francuzkich następujące dane:

	Grubość warstwy paliwa	Odległość rusztu od kotła
dla węgla kamiennego	0,12 — 0,15^{m}	0,25 — 0,40^{m}
dla koksu	0,15 — 0,20	0,30 — 0,50
dla drzewa	0,20 — 0,25	0,40 — 0,65.

Odległość drzwiczek ogniskowych od rusztu, wynosi zwykle 16 do 20 cali; czasem odległość ta bywa mniéjsza, ale dają się wtedy drzwiczki dubeltowe w odległości 3 do 4 cali jedne od drugich, lub wypełnia się ten przestwór cegłą jako złym przewodnikiem cieplika, aby się nie przepalały.

336. Popielnik. Popielnik jest to przestrzeń znajdująca się pod rusztem przekroju prostokątnego; jest on z przodu kotła otwarty dla przepływu powietrza w ognisko. Głębokość jego powinna być taka, aby żużel i gorący popiół, leżące na dnie popielnika, przez promieniowanie cieplika, nie rozpalały zbytecznie rusztów, a tém samém nie przyczyniały się do ich zniszczenia.

337. Kanały ogniowe. Rozróżniamy dwa rodzaje kanałów ogniowych. W pierwszym, dym wychodząc z ogniska przebiega jeden lub więcéj jednocześnie kanałów a następnie wpada do komina; w drugim rodzaju, dym przebiega jeden, dwa, trzy lub więcéj po sobie następujących kanałów zanim dojdzie do komina. Pierwszy rodzaj przedstawiają kotły parowe rurowe, z ogniskiem wewnętrzném, drugi rodzaj zwyczajne kotły cylindrowe z ogniskiem zewnętrzném.

Przekrój kanałów ogniowych powinien się przynajmniéj równać przekrojowi komina, lub téż $^1/_4$ do $^1/_6$ całkowitéj powierzchni rusztów. Ponieważ powierzchnia ogrzewalna kotła powinna być od wewnątrz zupełnie zakryta wodą, aby się żadna część ścian kotła do czerwoności nie rozpaliła, a następnie eksplozyi nie spowodowała, przeto kanały ogniowe prowadzące gorące gazy od ogniska do komina, powinny zawsze leżeć poniżéj linii wodnéj. Tylko przy bardzo wielkiéj powierzchni ogrzewalnéj kotła, tam gdzie gazy uchodzące do komina nie posiadają temperatury wyższéj nad 300° C., można jeszcze takiemi gazami ogrzewać górną część kotła w któréj się para znajduje.

Przyjąwszy jednakową chyżość gazów we wszystkich miejscach kanałów ciągowych oraz w kominie, to wtedy przekroje miałyby się do siebie jak objętości powietrza. a więc przekroje w bliskości ogniska, w miejscu średniéj temperatury i w najwęższym otworze komina jak 5,42 : 2,66 : 1,83 czyli jak 2,9 : 1,5 : 1. Zwykle daje się ciąg nieco szybszy w kanałach ogniowych, niż w najwęższym otworze komina i dla tego przekroje ogniowe robią się cokolwiek mniejsze, niż to proporcya wskazuje.

338. Komin. Kiedy się rozpoczyna palenie pod kotłem, wtedy słup zimnego powietrza w kominie zastąpionym bywa przez takiż słup ogrzanego powietrza, którego ciężar jest mniejszy, niż zimnego powietrza. Różnica pomiędzy ciężarami obudwóch słupów powietrza stanowi tak nazwaną siłę ciągu.

Niechaj H będzie wysokością komina, a t różnicą temperatury wewnątrz i zewnątrz komina, to siła ciągu będzie się równać iloczynowi $H.\ t.$; a chyżość krążącego powietrza w kominie będzie proporcyonalną wielkości $\sqrt{H.\ t.}$

Jeżeli granice wysokości kominów przyjmiemy 10^m i 45^m, granice temperatur gazów 150 i 350° C., to najmniéjsze i największe wartości iloczynu Ht mają się do siebie jak 10×150 i 45×350, a zatém blizko jak 1 : 10,5. A więc chyżość powietrza w najwyższym kominie przy temperaturze najwyższéj będzie $\sqrt{10,5} = 3,24$ razy większą, aniżeli w kominie najniższym i przy najniższéj temperaturze. Najwyższy więc komin w takim razie, przy jednakowych przekrojach, przeprowadzi 3,24 razy tyle powietrza czyli gazów gorących co komin najniższy.

Przy obliczaniu ciągów kominowych, należy także zwracać uwagę i na opory jakie się tu nastręczają. Opory te mają miejsce: *a*) Kiedy zimne powietrze wchodzi przez otwory rusztowe w ognisko; a tém będą większe, kiedy otwory są bardzo wązkie i kiedy są grubą warstwą paliwa nakryte. *b*) Kiedy powietrze przechodzi kanałami ogniowemi i kominem. Ten opór jest proporcyonalny wielkości tarcia o ściany i kwadratowi z prędkości. Ten opór jeszcze się zwiększa przez nagłe zmiany kierunku oraz przekrojów, tak samo, jak to już zauważyliśmy przy komunikacyach wodociągowych. *c*) W skutek uderzenia ciepłego powietrza o warstwę zimnego powietrza, przy ujściu z komina.

Komin więc winien być wtedy wysoki, a powietrze winno również wysoką temperaturę posiadać wchodząc do komina, jeżeli otwory między rusztowe stanowią małą powierzchnię; jeżeli warstwa paliwa jest gruba, jeżeli kanały ciągowe są wązkie i długie, i jeżeli też kanały nagle zmieniają swe przekroje i kierunki.

W skutek działania ognia, jeden metr sześcienny zimnego powietrza przybiera objętość następującą:

W ognisku przy temperaturze 1200° C. 5,42 metrów kub.
Przy średniéj temperaturze . 425° 2,66 „
Wchodząc do komina . . . 225° 1,83 „

Z doświadczenia wyprowadzono następującą formułę dla najmniejszego przekroju komina:

$$= \frac{0{,}0012 .\ L}{\sqrt{H}} \text{ metrów } \square;$$

gdzie H wyraża wysokość komina, L objętość zimnego powietrza, mającego się spalić na ognisku w jednéj godzinie czasu. Przy takim przekroju, powietrze ogrzane w kominie posiada chyżość $1{,}3^m$ do $3{,}2^m$ w 1 sekundzie czasu.

Przykład. Maszyna parowa o sile 30 koni, potrzebuje na godzinę i na siłę konia 2,2 kilogramów węgla kamiennego, a każdy kilogram węgla 15 metrów sześciennych zimnego powietrza; komin ma być wysoki 25^m, jaki winien mieć najmniejszy przekrój?

Ilość powietrza w godzinie $L = 2{,}2 \times 30 \times 15 = 990$ metrów kub.

Zatém przekrój komina . . $\frac{0{,}0012 \times 990}{\sqrt{25}} = 0{,}237^m \square$.

Przekrój na siłę konia . $0{,}237 : 30$ . . $= 0{,}0079$ „

Przekrój na zużycie węgla w 1 godzinie . . $= 0{,}0036$ „

Podług p. Bataille przekrój komina przy maszynach wielkich powinien wynosić $0{,}0066^m \square$ na siłę konia parowego, zaś podług Claudela na zużycie 1 kilogramu węgla w godzinie czasu, 0,0025 do $0{,}0031^m \square$.

Podług Bernoullego:

Wysokość komina	10	20	30	40^m
Przekrój na jeden kilogram węgla w godzinie czasu	0,0057	0,0040	0,0033	$0{,}0028^m \square$.

Co się grubości ścian kominowych dotyczy, to podług Bernoullego, daje się im wymiary następujące:

Dla kominów z cegły:

Górny otwór (światło) . . . $= D$.
Dolny otwór . . . . $= D + 0{,}013\ H$.
Górna grubość ściany . . $e = 0{,}13$ do $0{,}18^m$
Dolna „ „ . . . . . $= e + 0{,}016\ H$.

Kominom z blachy żelaznéj, daje się u góry grubość 2,5 do 3 zaś u dołu 3 do 4 millimetrów.

Przykład. Dla maszyny parowéj 30-konnéj znaleźliśmy powyżéj przekrój dla komina $= 0{,}237^m \square$. Dając otwór pomiędzy rusztami téj saméj wielkości, a całą powierzchnię rusztu 4 razy większą, to powierzchnia rusztu $= 4 \times 0{,}237 = 0{,}948^m \square$.

Jeżeli powierzchnia ogrzewalna rzeczonego kotła wynosi $1{,}3^m \square$ na każdego konia parowego, to stosunek pomiędzy powierzchnią rusztu a powierzchnią ogrzewalną będzie jak 0,948 do $30 \times 1, 3$, czyli jak $1 : 41$.

339. Prawidła empiryczne Redtenbachera dla oznaczenia powierzchni ogrzewalnéj kotła parowego, powierzchni rusztów i wymiarów komina. *a*) Na siłę jednego konia parowego przy maszynach stałych, liczy się zwykle 1,5 metrów $\square$ powierzchni ogrzewalnéj kotła; przy maszynach używanych w żegludze parowéj i na kolejach żelaznych, bierze się 0,8 do 1 metra □.

1 metr □ powierzchni ogrzewalnéj daje:

w 1 sekundzie czasu . . . . 0,0067 kilogr. pary.
w 1 minucie . . . . 0,4 „
w 1 godzinie . . . . 24 „

Dla wyprodukowania 1 kilogramu pary w 1 sekundzie, potrzeba jest 150 metrów powierzchni ogrzewalnéj.

Dla wyprodukowania 1 kilogr. pary w jednéj minucie, potrzeba jest 2,5 metrów □ powierzchni ogrzewalnéj.

b) Ruszta. Oznaczywszy przez W ilość węgla w kilogramach, przez D ilość drzewa w kilogramach, mającą się spalić na ruszcie w przeciągu jednéj godziny; przez N liczbę koni parowych kotła do którego ruszt należy, to powierzchnia rusztu R będzie:

$$R = \frac{N}{10} = \frac{W}{50} = \frac{D}{100}.$$

Otwory między rusztami powinny wynosić: dla węgla $^1/_4$, a dla drzewa $^1/_3$ całéj powierzchni rusztów.

c) Kominy. Wymiary kominów murowanych, dadzą się oznaczyć z przybliżoną dokładnością, podług poniższych prawideł.

Jeżeli nazwiemy przez:

W ilość węgla kamiennego w kilogramach, mającego się spalić na ognisku w przeciągu 1 godziny;

D ilość drzewa, mającego się spalić na ognisku w godzinie czasu;

P ilość powietrza w kilogramach, przepływającego kominem w przeciągu 1 godziny;

N liczbę koni parowych kotła lub maszyny;

H wysokość komina;

Ω dolny przekrój komina;

d dolny, $d_,$ górny } otwór komina } w metrach;
e dolną, $e_,$ górną } grubość muru komina } w metrach;

to mając z 4-ch ilości: N, W, D, P jednę niewiadomą, takową zawsze, w sposób następujący znajdziemy:

$$N = \frac{W}{6} = \frac{D}{12} = \frac{P}{132}$$

$$W = 6\,N = \frac{D}{2} = \frac{P}{22}.$$

$$D = 12\,N = 2\,W = \frac{P}{11}$$

$$P = 132\,N = 11\,D = 22\,W.$$

Następnie znajdziemy główne wymiary komina z następującego wyrażenia, jeżeli wysokość komina jest daną:

$$\Omega = \frac{N}{14\sqrt{H}} = \frac{W}{84\sqrt{H}} = \frac{D}{168\sqrt{H}} = \frac{P}{1848\sqrt{H}}.$$

$$d_{,} = d - 0{,}013\ H.$$
$$e_{,} = 0{,}18^{m}$$
$$e = 0{,}18 + 0{,}015\ H.$$

Wolno stojącym kominom, daje się zwykle za wysokość 25 razy wziętą średnicę dolną. Wymiary takich kominów w metrach są następujące:

$$H = 5{,}03\ (N)^{\frac{2}{5}} = 2{,}45\ (W)^{\frac{2}{5}} = 2{,}90\ (D)^{\frac{2}{5}} = 0{,}65\ (P)^{\frac{2}{5}}.$$
$$d = \frac{H}{25}$$
$$d_{,} = d - 0{,}013\ H$$
$$e_{,} = 0{,}18$$
$$e = 0{,}18 + 0{,}015\ H.$$

Wypadki otrzymane z przywiedzionych tutaj formuł, obejmuje następująca tablica.

N	H	d	$d_{,}$	e	$e_{,}$	W	D
Liczba koni parowych	Wysokość komina	Dolna szerokość światła	Górna szerokość światła	Górna grubość muru	Dolna grubość muru	Ilość spalonego węgla w 1 godz.	Ilość spalonego drzewa w 1 godz.
	m	e	t	r	ó	w	kilogramów
8	12	0,48	0,32	0,36	0,18	52,8	105
10	13	0,52	0,35	0,38	0,18	64,2	128
12	14	0,56	0,38	0,40	0,18	77,4	154
15	15	0,60	0,41	0,42	0,18	91,8	183
18	16	0,64	0,43	0,43	0,18	108	216
21	17	0,68	0,46	0,45	0,18	126	252
24	18	0,72	0,49	0,46	0,18	145	290
27	19	0,76	0,51	0,48	0,18	166	332
31	20	0,80	0,54	0,49	0,18	189	378
35	21	0,84	0,57	0,51	0,18	214	428
40	22	0.88	0,59	0,52	0,18	240	480
44	23	0,92	0,62	0,54	0,18	268	536
49	24	0,96	0,65	0,55	0,18	298	596
55	25	1,00	0,68	0,57	0,18	330	660
60	26	1,04	0,70	0,58	0,18	364	728
66	27	1,08	0,72	0,60	0,18	400	800
73	28	1,12	0,75	0,61	0,18	439	878
79	29	1,16	0,78	0,63	0,18	481	962
86	30	1,20	0,81	0,64	0,18	521	1042
94	31	1,24	0,84	0,66	0,18	565	1130
100	32	1,28	0,86	0,67	0,18	600	1200.

340. Dymochłony i ruszta schodowe. W skutek ciągłego pomnażania się fabryk różnego rodzaju, działających przy pomocy maszyn parowych, jak również z powodu upowszechnionego dzisiaj ogrzewania mieszkań węglem kamiennym i torfem po miastach i osadach fabrycznych, wyrodziła się potrzeba budowania takich ognisk, któreby dym pochłaniając czyli trawiąc, takowego na zewnątrz kominami nie wydzielały a tém samém nie zanieczyszczały powietrza, które w tak zanieczyszczonym stanie, niezmiernie szkodliwy wywiera wpływ na ludzi, zwierzęta i wegetacyę roślin.

Prócz tego ważnego względu, inna jeszcze przyczyna skłoniła techników do urządzenia ognisk dym pochłaniających, a mianowicie: oszczędność paliwa, którego potrzeba z rozwojem przemysłu coraz staje się większą, a które z tego powodu, coraz staje się droższe. Dym jak wiadomo, jestto materyał nie spalony, ulatujący kominami bezpożytecznie w powietrze; umiejętne więc przetrawienie go w ognisku, daje jeszcze znakomitą ilość cieplika, a tém samém korzystnie wpływa na oszczędność paliwa.

Już w r. 1854 we Francyi i Anglii, gdzie przemysł fabryczny wysoko jest rozwinięty, wydane zostały odpowiednie przepisy rządowe w celu zaprowadzenia wszędzie ognisk dymochłonnych, gdzie tylko dym może przynosić szkodę dobru publicznemu lub prywatnemu. Takie same przepisy zaprowadzono później i w Niemczech. Główny inspektor górnictwa we Francyi *Combes* i inżynier *Viollet* zaszczytnie znani w literaturze technicznéj, opisali rozmaite sposoby urządzania takich ognisk w r. 1855 w „Bulletin de la société d'encouragement pour l'industrie nationale."

August *Perdonnet* profesor szkoły centralnéj w dziele swojém: „Traité élémentaire de chemins de fér," opisuje ruszt schodowy *Chobrzyńskiego* zastósowany do lokomotyw i ognisko p. *Dumery* pochłaniające dymy.

Ruszta schodowe wielkie oddają usługi, kiedy je chcemy opalać złymi gatunkami węgla, drobnym węglem, miałem węglowym, węglem brunatnym, torfem, trociną drzewną i korą garbarską.

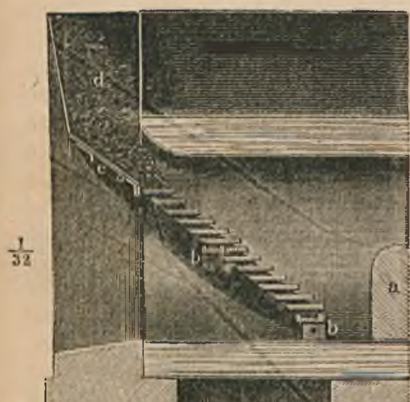


Fig. 248.

Figura 248 przedstawia ruszt tego rodzaju w przekroju pionowym podłużnym. W kotle tym *a* przedstawia mostek ogniowy, *bbb* są to 3 poziome belki, na których opierają się wangi rusztowe. Sztaby rusztowe są to krótkie stopnie odlane razem z wangami. Kąt nachylenia rusztu wynosi zwykle 45^0, lecz dla węgla brunatnego daje się ten kąt 38^0. Ładowanie węgla na ruszty, odbywa się tu za pomocą skrzynki *d*, z któréj spada ciągle świeży węgiel, w miarę spalenia się go na ruszcie.

W kotle, a raczéj w rurze ogniowéj znajduje się popielnik, służący do odbierania spadającego z rusztu popiołu i spalonego węgla, pomiędzy ścianą *b* i ścianą szczytową kotła. Drzwiczki *e* otwierają się na dół i służą do rozpalania ognia pod kotłem.

341. Ciężar kotła parowego. Ciężar 1 metra □ blachy żelaznéj na 1 milimetr grubéj, wynosi 7,8 kilogramów. Ponieważ w kotłach parowych końce arkuszy zakładają się jedne na drugie, z tego względu można liczyć na wagę 1 metra □ blachy żelaznéj na 1^m grubéj 8,5 do 9 kilogramów.

Przykład. Ile waży kocioł^m parowy, mający powierzchni 35 metr. □, zbudowany z blachy żelaznéj 13^m grubéj?

Szukany ciężar na $1^{m\,m}$ grubości $35 \times 9 = 315$ kilogr.

Zatém na $13^{m\,m}$ grubości $315 \times 13 = 4095$ „

zaś na drzwiczki, ruszta, ^{m} szyber, krany, wentyl bezpieczeństwa, wodoskaz, dodaje się jeszcze do powyższéj cyfry $^1/_4$ do $^1/_3$ znalezionego ciężaru.

342. Próbowanie kotła. Napełnia się cały kocioł wodą i zamyka się szczelnie wszystkie jego otwory. Jeden otwór na wierzchu kotła komunikuje się z manometrem, a drugi z pompką hydrauliczną. Następnie pompuje się dotąd wodę do owego kotła, dopóki manometr nie pokaże 4 do 5 atmosfer więcéj nad normalne ciśnienie, pod jakiem kocioł ma pracować.

343. Zasilanie kotła wodą. Rurka zasilająca powinna w tém miejscu wprowadzać wodę do kotła, gdzie już jest najniższa temperatura gazów tenże kocioł otaczających. Zasilanie kotła uskutecznia się:

a) *Za pomocą ciśnienia wody.* W gorzelniach i innych zakładach gdzie kocioł produkuje parę nizkiego ciśnienia, ustawia się zbiornik z wodą nad kotłem parowym, z którego wprowadza się potrzebną ilość wody do kotła w skutek przewyżki ciśnienia kolumny wody nad ciśnieniem pary. Jeżeli np. ciśnienie względne pary w kotle wynosi $^1/_2$ atmosfery (zatém bezwzględne $1\,^1/_2$ atmosfery), wtedy poziom wody w zbiorniku musi być wzniesiony nad kocioł przynajmniéj $^1/_2 \times 10{,}33^m = 5{,}17^m$.

b) *Za pomocą pomp ssąco-tłoczących*, i

c) *Za pomocą bezpośredniego działania pary*, czyli *za pomocą Smoczków* (Inżektorów) Giffarda, które to przyrządy opiszemy późniéj w rozdziale o *maszynach i przyrządach hydraulicznych.*

344. Przyrząd bezpieczeństwa. a) *Wodoskaz.* Ponieważ jest bardzo ważną rzeczą, aby woda w kotle ciągle całkowitą powierzchnię jego ogrzewalną zakrywała, a woda według przepisów policyjno-technicznych, zawsze przynajmniéj 4 cale nad liniją ogniową znajdować się powinna, przy każdym więc kotle parowym, znajdować się powinien przyrząd, któryby stan wody w kotle sprawiedliwie pokazywał. Takiemi przyrządami są: pływak magnetyczny Pinella, wodoskaz szklany wraz z kurkami probierczymi oraz przyrząd Blacka.

1) *Wodoskaz czyli pływak zwyczajny.* Jest to jeden z najprostszych przyrządów służących do pokazywania stanu wody w kotle. Składa on się z pływaka zanurzonego w wodzie wewnątrz kotła i zawieszonego na pręcie żelaznym przechodzącym pionowo przez górną ścianę kotła; pręt ten żelazny łączy się z łańcuszkiem okrążającym bloczek, na drugim końcu łańcuszka umieszczony bywa przeciwciężar, równoważący się z pływakiem. Na osi bloczka umieszczona skazówka, pokazuje na cyferblacie rzeczywisty stan wody w kotle. Przyrząd ten używa się tylko przy kotłach nizkiego ciśnienia, np. w gorzelniach na małą skalę, nie posiadających maszyny parowéj.

2) *Wodoskaz magnetyczny Pinela.* Figura 249 przedstawia go w widoku bocznym i w przekroju pionowym. Przyrząd ten zaleca się ścisłością, prostotą, łatwością przytwierdzenia, dokładnością w działaniu, trwałością i tém, że mało wymaga uwagi, aby go utrzymać w stanie zdolnym zawsze do działania.

Przyrząd ten składa się: z rury pionowéj B C z lanego żelaza, u góry zakończonéj puszką mosiężną F przecięcia prostokątnego; na wierzchu umieszczony jest manometr sprężynowy Bourdona D, do wskazywania ciśnienia wody w kotle. Część dolna B stanowi także klapę bezpieczeństwa; w téjże sa-

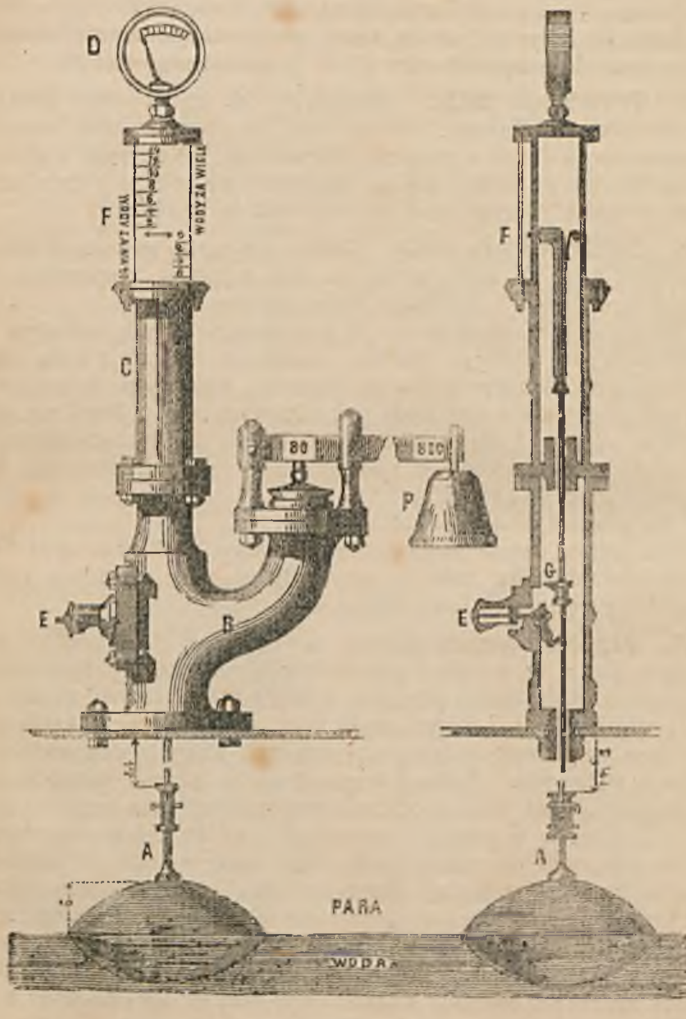


Fig. 249.

méj części znachodzi się także i świstawka parowa E, ostrzegająca maszynistę i obecne osoby w zakładzie, o braku wody w kotle. Na samym dole wodoskazu znachodzi się kula z blachy żelaznéj wewnątrz pusta A, pływająca w wodzie kotła parowego. Kula ta przed założeniem probuje się zwykle na ciśnienie 2 razy większe od ciśnienia pary pod jakiém kocioł pracuje; przytwierdzona jest do drążka pionowego *AGF*, który opatrzony jest palcem *G* do otwierania świstawki, jeżeli pływak *A* opadnie poniżéj przepisanéj sobie wysokości, na jakiéj ciągle stać powinien. W górnym końcu owego drążka z jednéj strony znajduje się sprężynka, przyciskająca podkowę magnetyczną z przeciwnéj strony umieszczoną, któréj bieguny zagięte są pod kątami prostymi do samego magnesu, podnoszącego się lub spadającego w puszce mosiężnéj *F*, w miarę wznoszenia się pływaka do góry lub opadania tegóż na dół. Na zewnętrznéj stronie puszki, znajduje się *odosobniona* igiełka żelazna poruszana w górę albo na dół przez przyciąganie magnesu, naśladując wszystkie jego poruszenia. Wznosząc się do góry po nad zero pokazuje, iż wody *za dużo*, opadając niżéj zera pokazuje, iż jéj jest w kotle *za mało*; a jeżeli maszynista lub jego pomocnik, nie zwrócili uwagi na igiełkę magnesową, a brak wody zagrażać może niebezpieczeństwem, wtedy palec *G* otwiera świstawkę parową *E*, która przeraźliwym swym świstem, daje znak o braku wody nie tylko już maszyniście, ale wszystkim osobom, będącym podówczas w zakładzie. Posiadając taki przyrząd w stanie należytym, nie można się obawiać o pęknięcie kotła dla braku wody, gdyż zawsze ktoś świstawkę usłyszy i puści w ruch pompę zasilającą lub smoczek Giffarda. Bok puszki, po którym przebiega igiełka jest posrebrzany i podzielony na stopnie; cyfry na dole poniżéj zera stojące oznaczają brak wody w kotle, a cyfry stojące nad zerem wskazują, że jéj jest *za dużo*. Podziałki znajdują się po nad sobą w odległości po 2 centymetry, można więc w liczbach wyrazić, ile *brakuje* wody, lub ile jéj kocioł posiada *za dużo*.

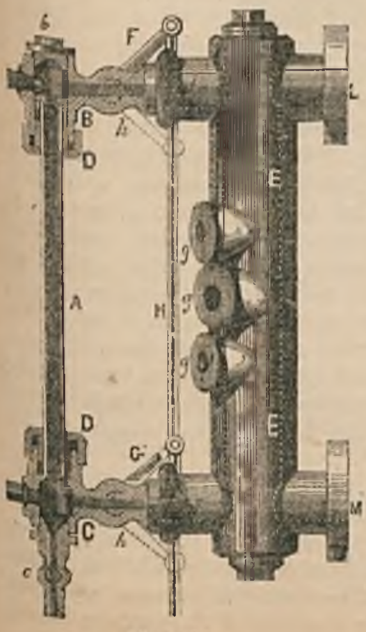


Fig. 250.

3) *Wodoskaz szklany i kurki probiercze.* Wodoskaz ten składa się z rurki szklanéj pionowéj *A* (Fig. 250) mającéj $^1/_4$ do $^1/_2$ cala (6 do 12$\frac{m}{m}$) średnicy w świetle, 5 do 12 cali (120 do 288$\frac{m}{m}$) długości, osadzonéj w buksach *B* i *C*, komunikującéj obiema swoimi końcami z kotłem parowym, za pomocą kranów *h* i *h*. Parotrwały pakunek takich rurek szklanych, stanowią obrączki gumowe, przyciskane do nich odpowiedniemi mutrami. W ramieniu górném znajduje się kurek parowy *h*, a w dolnym kurek wodny *h*, tak, że komunikacya rurki szklanéj z kotłem, w każdéj chwili, może być otwartą albo zamkniętą. Jeżeli ta komunikacya jest otwartą, to w szkiełku pokazuje się woda w takiéj wysokości, w jakiéj znajduje się w kotle. Słup wody w szkiełku, z powodu ciągłego ruchu wody w kotle, nigdy nie stoi spokojnie, ale podnosi się i opada ciągle, dopóki kocioł jest czynny. Jeżeli się zatka rurka szklana, to woda w niéj będąca, przestaje oscyllować, co bywa dowodem nieużyteczności takiego

wodoskazu. Ażeby się rurka szklana nie zapchała, należy ją od czasu do czasu spróbować przez wyparowanie. Zamyka się wtedy kranik wodny, a otwiera się parowy, tudzież kurek *c* do wyparowania, czyli wyczyszczenia szkiełka służący. Jeżeli to nie pomoże, należy zamknąć kurek parowy i wodny *h h*; mutrę górną *b* odkręcić, kurek *c* otworzyć i drutem szkiełko z kamienia kotłowego oczyścić. Jeżeli się szkło rozbije, należy wtedy zamknąć najprzód kurek wodny, a potém parowy, ażeby się nie oparzyć. Potém otwiera się śruby D i $D_{,}$, wyrzuca się szkło rozbite lub pęknięte, a nowe zakłada. Zakładanie nowego szkiełka, winno się odbywać szybko, abyśmy znowu byli w możności, stan wody w kotle, obserwować dokładnie.

Na przypadek zepsucia się wodoskazu szklanego, na każdym kotle umieszczone są jeszcze 3 kurki „*probiercze g g g*. Te kurki ustawione są nad sobą w odległości 4-ch cali (100$_m^m$) jeden od drugiego i komunikują albo bezpośrednio z kotłem, lub też umieszczone są na rurce pionowéj E E jak to Fig. 250 dokładnie wskazuje.

Ta rura pionowa, komunikuje z przestrzenią parową kotła, za pomocą rury pozioméj L, a z przestrzenią wodną za pomocą rury M. Krany h h otwierają się za pomocą drążków G i F połączonych z sobą drążkiem pionowym H. Jeżeli kurki h h mają być zamknięte, należy drążkiem H pociągnąć na dół, wtedy drążki G i F zrobią $^1/_4$ obrotu i przybiorą położenie wykropkowane.

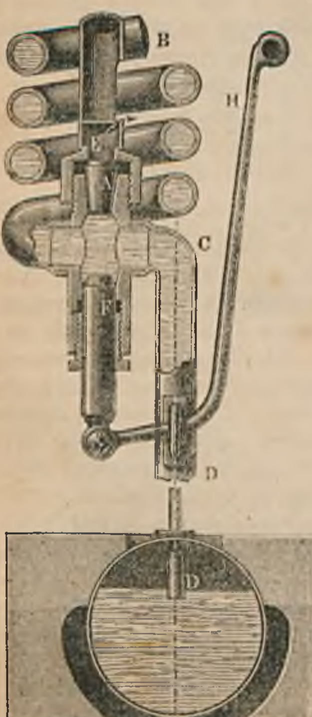


Fig. 251.

Najniższy kranik probierczy, znajduje się na poziomie linii ogniowéj; środkowy, na normalnéj linii wodnéj; a kranik najwyższy, komunikuje się z przestrzenią parową kotła. Otwierając owe kurki, to najniższy pokazywać będzie wodę, środkowy parę pomięszaną z wodą, a górny zaś czystą parę.

Jeżeli najwyższym kurkiem pokazuje się woda, jestto najlepszym dowodem, że w kotle jest zawiele wody; jeżeli zaś najniższym kurkiem wychodzi na zewnątrz para zamiast wody, wtedy w kotle jest zamało wody; a ponieważ powierzchnia ogniowa jest zupełnie odsłonięta, niebezpieczeństwo pęknięcia kotła jest bardzo blizkie, które można tylko usunąć przez natychmiastowe wyrzucenie ognia z paleniska. Kurki probiercze należy często parować i czyścić. Wodoskaz i kurki probiercze umieszczone są na ścianie przodowéj kotła, zatém łatwo widzialne i w każdéj chwili dla maszynisty dostępne.

4) *Przyrząd Blacka.* Przyrząd Blacka przedstawia Figura 251. A jest to korek stożkowy, topiący się w 100° C. Rura spiralnie zwinięta B C D przy B jest zamknięta, a dolnym końcem D otwartym, zanurza się kilka cali w wodzie. Przyrząd E utrzymujący korek, jest świstawką parową. Wentyl F mający

kształt tłoka, służy do przecięcia komunikacyi otworu kurka z rurą miedzianą. Dopóki stan wody w kotle jest dostatecznie wysoki, ciśnienie pary utrzymuje wodę w rurze DCB. Woda w rurze będąca z powodu ciągłego stygnięcia przez promieniowanie cieplika na zewnątrz, posiada temperaturę 40 do 50° C. Jeżeli stan wody w kotle, opadnie pod dolny otwór rury D, woda z rury spływa natychmiast do kotła, a jéj miejsce zastępuje para, która skutkiem wysokiéj swéj temperatury, topi korek A, wydostaje się przyrządem E na zewnątrz i przeraźliwie świszcze. Świstanie to jest właśnie wskazówką, że nie ma jeszcze wprawdzie *niebezpieczeństwa*, ale że się *rozpoczyna.* Wtedy wentylem F za pomocą drążka H zamyka się komunikacyę z E i jednocześnie pompę zasilającą albo smoczek Giffarda w ruch puszcza.

b) *Klapa bezpieczeństwa.* Każdy większy kocioł zwykle dwie klapy bezpieczeństwa posiada; służą one do upuszczania pary na zewnątrz, gdy jéj prężenie stało się wyższém od normalnego, a zatém służą do przywracania parze ciśnienia przepisanego. Fig. 252 wyobraża taką klapę bezpieczeństwa.

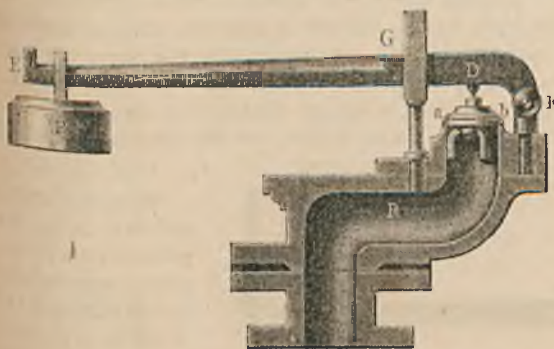


Fig. 252.

Sztucer R opatrzony rurą w środku komunikuje z dołu z przestrzenią parową kotła, a od góry z powietrzem atmosferyczném. Górny otwór zamknięty jest wentylem ab. Ten wentyl aby przez działanie pary nie wyskoczył w górę, przyciskany jest na dół we środku czopem ostro zakończonym D osadzonym na drążku EF, ruchomym w punkcie F. Na końcu owego drążka w punkcie E zawieszony jest ciężar P równoważący ciśnienie pary w kotle. Aby zaś drążek EF podnosząc się w górę lub spadając na dół nie chwiał się w prawo ani w lewo, umieszczony jest w odpowiedniéj kulisie G.

Podług przepisów belgijskich z r. 1864: „Reglement de police et instructions,“ średnica klapy bezpieczeństwa, wynajduje się z następującéj formuły:

$$(1) \quad d = 2{,}6\sqrt{\frac{S}{n - 0{,}412}},$$

gdzie S oznacza powierzchnię ogrzewalną kotła parowego w metrach □, n liczbę atmosfer ciśnienia pary w kotle.

Jeżeli np. kocioł parowy jest 10-konny, ma 15 metrów □ powierzchni ogrzewalnéj i ma funkcyonować pod ciśnieniem 5 atmosfer, to średnica klapy podług powyższego wzoru będzie = 4,7 centymetrów. Szerokość obrączki czyli powierzchni zetknięcia się klapy ze swojém łożyskiem, powinna wynosić $^1/_{20}$ średnicy klapy, więcéj 4 millimetry.

Formuła służąca do oznaczenia ciężaru mającego się zawiesić na końcu drążka klapy bezpieczeństwa, jest następująca:

$$(2)\quad \frac{P \times FE}{FD} + \frac{p \times m}{FD} + p' = Q\ ;$$

gdzie P oznacza ciężar szukany. Przypuśćmy, że długość drążka $FE = 60^{cm}$, $FD = 6^{cm}$, ciężar drążka $p = 1{,}5$ kilogr., ciężar klapy $p' = 0{,}5$ kilogr., odległość od F do środka ciężkości drążka czyli $m = 25^{cm}$, a ciśnienie względne pary w kotle na klapę t. j. $Q = 116{,}81$ kilogr. (gdy na 1^{cm} □ ciśnie $4 \times 1{,}033 = 4{,}132$ kilogr.). Wyciągnąwszy ważność na P z równania (2), otrzymamy:

$$(3)\quad P = \frac{FD\,(Q - p') - p \times m}{FE}\ .$$

Wstawiając w ten wzór powyższe wartości liczebne, otrzymamy:

$$P = \frac{6\,(116{,}81 - 0{,}5) - 1{,}5 \times 25}{60} = 11{,}006 \text{ kilogramów.}$$

Na lokomotywach nie używa się tych samych wentyli bezpieczeństwa co przy kotłach stałych; gdyż z powodu ciągłego a nieuniknionego drgania parowozu, obciążenie wentyli ciężarami byłoby bardzo niedogodne; dla tego wentyle obciążają się tutaj zwykle sprężynami. Na lokomotywach, tak samo jak i na kotłach stałych, daje się po 2 klapy bezpieczeństwa; jedna umieszcza się nad ogniskiem i dostępną jest dla maszynisty, a druga znajduje się zwykle z przodu lokomotywy, z którą maszynista w czasie jazdy, nie ma żadnego stosunku. Figura 253 przedstawia taką klapę bezpieczeństwa.

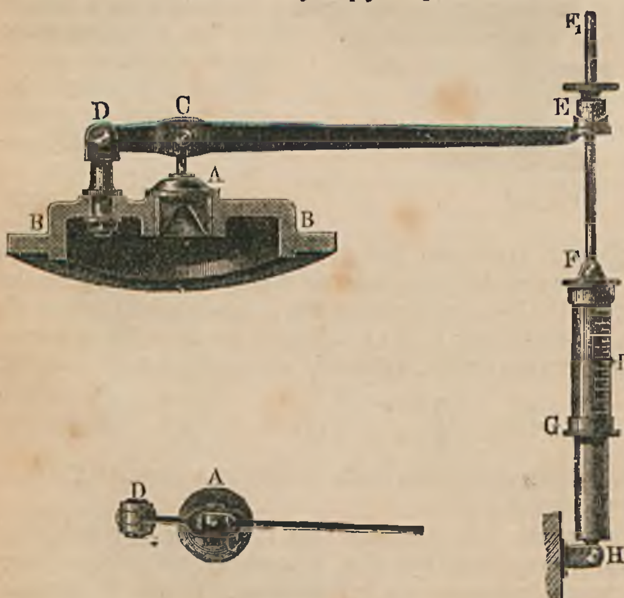


Fig. 253.

Wentyl A umieszczony bywa na wierzchu zbiornika pary, przyciskany jest drążkiem CD E obciążonym wagą sprężynową E FGH. Ta ostatnia złożona jest z dwóch cylindrów suwających się po sobie, których końce złączone są z sobą sprężyną spiralną, tak, że dolny cylinder przymocowany jest do kotła w punkcie H, śruba FF' przymocowana do GF' siłą sprężyny, pociągana jest na dół. Wielkość téj ściągającéj siły, pokazuje skala umieszczona na GP i to za pomocą skazówki I umieszczonéj na cylindrze wewnętrznym, a kursującéj w podłużnym otworze cylindra zewnętrznego, opatrzonego skalą. Skala ta wskazuje ciśnienie pary na jednostkę powierzchni, na które oddziaływa ciśnienie pary na wentyl. W normalnym stanie, oba te ciśnienia znajdują się w równowadze. Za pomocą mutry E na śrubie FF' bardzo drobnym gwintem opatrzonéj, można dowolnie ciśnienie zmniéjszać lub powiększać.

c) *Wentyl powietrzny.* Aby kotły zabezpieczyć od zgniecenia przez otaczające zewnętrzne powietrze, kiedy wewnątrz utworzy się próżnia przez skondensowanie się pary, używa się do tego tak zwanych *wentyli powietrznych* (Luftventil; soupape à air). Figura 254 przedstawia nam taki wentyl w przecięciu pionowém. A jest to wentyl osadzony na

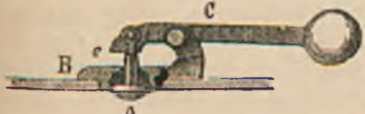


Fig. 254.

pręcie pionowym, łączącym się ruchomo w punkcie c z drążkiem C. Punkt obrotowy drążka, znajduje się w nadlaném siodełku, stanowiącém jego podporę. W skutek małego przeciwciężaru, zawieszonego na końcu owego drążka, wentyl zawsze jest zamknięty, a do tego ciśnięty jest przez parę, dopóki ta znajduje się w kotle. Jeżeli jednak zmniejsza się coraz więcéj prężenie pary wewnątrz kotła, w skutek oziębienia się onego i kondensacyi pary, powietrze zewnętrzne zyskuje podówczas przewagę, a cisnąc na wentyl, otwiera takowy i wchodzi do kotła, dopóki ten jest otwarty i dopóki między ciśnieniem wewnętrzném kotła, a ciśnieniem zewnętrzném powietrza nie nastąpi równowaga, poczém wentyl powietrzny w skutek przeciwciężaru, znowu się zamyka. Wentyl powietrzny nie potrzebuje być wielkim; średnica 2 cale ($50\frac{m}{m}$) dla największego nawet kotła jest wystarczającą. Jeżeli kocioł jest cylindrowy i posiada dostateczną grubość blachy, nie ma obawy o jego zgniecenie; ale kotły nizkiego ciśnienia, używane na statkach parowych, mające kształt kufrów, zbudowane z cienkiéj blachy, oraz kotły używane po naszych gorzelniach a budowane bez żadnéj rządowéj kontroli, przez kotlarzy nie naukowych, nie mających żadnego pojęcia o przepisach dotyczących budowy kotłów, winny być bezwarunkowo zaopatrzonymi w wentyle tego rodzaju.

d) *Manometry.* Do mierzenia pary nizkiego ciśnienia, przy maszynach kondensacyjnych, używa się *manometrów rtęciowych.* Fig. 255 przedstawia taki manometr na 3 atmosfery ciśnienia. a jest to rurka komunikująca z przestrzenią parową kotła, b kranik do którego przytwierdza się rurka $c\,d\,e$ w kształcie litery u zgięta. Ramiona jéj c i d aż do linii pozioméj przez b przechodzącéj, napełnione są rtęcią; długość ich wynosi po 54 cale, tak samo długie jest i ramię e, w które wchodzi merkuryusz i które na swym górnym końcu, posiada żelazną skrzyneczkę f. Celem téj skrzyneczki jest zatrzymywać merkuryusz, gdyby ten w skutek mocnego ciśnienia pary lub in-

Fig. 255.

néj przyczyny, miał być z rurki *e* wyrzuconym. Przez kółeczko *g* przechodzi lniany lub jedwabny sznurek, mający na jednym końcu zawieszony pływak $1/4''$ średnicy, a 3 cale długości, na drugim zaś końcu skazówkę, posuwającą się po tablicy *h*, podzielonéj na 45 części, wyrażających ciśnienie pary 45 funtów czyli 3 atmosfer.

Jeżeli kocioł jest zimny, czyli nie posiada żadnego ciśnienia pary, to skazówka stać będzie u saméj góry na 0 (zerze); a merkuryusz wtedy stać będzie na jednym poziomie w obudwu rurkach *c* i *d*. Od 0 (zera) do 45, lub od 0 (zera) do 3-ch, przeniesionych jest 45 cali angielskich, które pozwalają w każdéj chwili czytać, jakie jest ciśnienie w funtach na cal kwadratowy. Każde 15 funtów odpowiada 1 atmosferze (czyli $760^{\text{m}}_{\text{m}}$ ciśnienia barometrycznego); i te atmosfery notowane są na téjże tabliczce, po lewéj stronie. Bardzo jest dobrze w blizkości *b* umieścić kurek, którymby można było wypuszczać na zewnątrz parę skondensowaną na wodę. Wtedy to odpływa sobie woda swobodnie, nie wywierając żadnego wpływu na merkuryusz. Przedłużywszy tylko odpowiednio ramię *fed* do góry, to manometru tego można także i do wyższego ciśnienia pary używać, ale do zbyt wysokiego okazały się niedogodnymi, gdyż ramię to musiałoby być nadzwyczajnie wysokie. Dla tego też manometry rtęciowe takiéj konstrukcyi, tylko przy kotłach nizkiego ciśnienia są używane.

Ale przed niedawnym czasem, do sprawdzania dobroci manometrów i do mierzenia wysokiego ciśnienia pary przy maszynach stałych, niejaki *Galy-Cazalat* wynalazł manometr tłokowy merkuryalny, który przy niewielkiéj wysokości słupka merkuryuszu, może wysokie pokazywać ciśnienie pary lub wody.

Fig. 256.

W naczyniu *A B C* (Fig. 256) zakończoném otwartą rurką *C E* poruszają się dwa tłoki *d d* i *f f* nierównéj średnicy; na tłok mniejszy *d d* działa od dołu ciśnienie pary lub wody płynącéj rurą *D*; na tłok znowu większy *f f*, działa ciśnienie słupa merkuryuszu *f f E*. Jeżeli się ciśnienie od dołu powiększa, to tłoki posuwać się będą w górę, słup rtęci w rurze *C E* stanie się większym a przez tę większą wysokość, powiększa się i ciśnienie na tłok *f f*.

Oznaczywszy promień tłoka *d d* przez *r*, tłoka *f f* przez *r'*, ciśnienie pary przez *d*, stan manometru, czyli wysokość słupa rtęci *f E* przez *h*, ciśnienie tegoż słupa na jednostkę powierzchni tłoka przez $d_{/}$, to między temi cisnącemi siłami, nastąpi wtedy równowaga, gdy:

$$\pi\, r^2\, d = \pi\, r_{/}^2\, h.\, d_{/}\,,\ \text{zatém}$$

$$h = \left(\frac{r}{r_{/}}\right)^2 \frac{d}{d_{/}}\,.$$

Wziąwszy np. $r = \frac{1}{3}\, r_{/}$, tak, że $\left(\frac{r}{r_{/}}\right)^2 = \frac{1}{9}$, to $h = \frac{1}{9}\,\frac{d}{d_{/}}$.

Jeżeli zatém ciśnienie pary *d* w kotle równe będzie 1 atmosferze, czyli 28 cali paryzkich merkuryuszu, to stan manometru będzie $h = \frac{28}{9} = 3\frac{1}{9}$ cali; to jest że przy takiem urządzeniu, ciśnienie 1 atmosfery czyli 28 cali, może być oznaczone przez słupek merkuryuszu $3\,^1/_9$ cali wysoki.

Manometry używane przy kotłach wysokiego ciśnienia, są manometrami *sprężynowymi* czyli *metalicznymi*. Wynalezienie ich zawdzięczamy Eugeniuszowi *Bourdon* inżynierowi francuzkiemu.

Główną część składową tego przyrządu stanowi rurka miedziana (Fig. 257 i 258) zagięta *F*, do środka której wpuszcza się parę z kotła rurką *A B* i kranikiem *C* mogącym się otwierać albo zamykać za pomocą trzonka *D*. Jeden koniec tej rurki jest szczelnie zamknięty, a za pomocą stawu ruchomego *G L*, złączony jest ze skazówką *K Z*. Skazówka porusza się około punktu *K* i na cyferblacie *H* wskazuje ciśnienie pary w atmosferach.

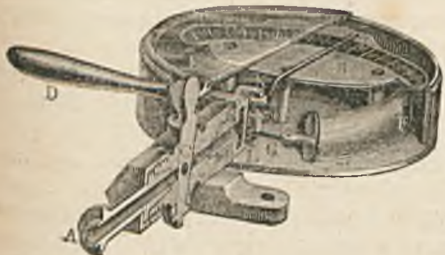


Fig. 257.

Fig. 259.

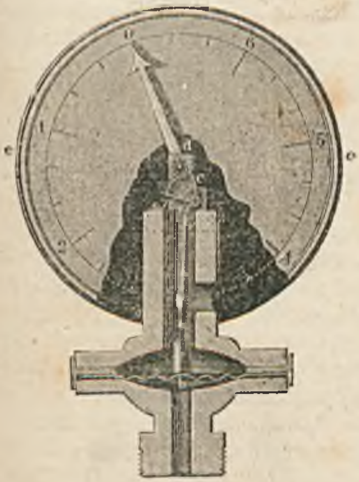


Fig. 258.

Fig. 260.

Manometr *Schäffera* i *Budenberga* z Magdeburga jak go Fig. 259 i 260 wyobraża, składa się z falowatéj czyli pokarbowanéj płyty stalowéj *a* utwierdzonéj między dwoma kołnierzami szyjki manometru, a zabezpieczonéj od wilgoci za pomocą tarczy kauczukowéj *b*. Para działająca od *b*, wygina płytę falowatą mniéj lub więcéj do góry, w miarę mniéjszego lub większego jéj prężenia. To mniéjsze albo większe prężenie pary pokazuje na cyferblacie *e e* skazówka *d* złączona z przyrządem trybikowym *c*, robiącym ruchy w jedną albo w drugą stronę, w skutek podnoszenia się albo opadania stępelka opartego o płytkę stalową.

345. O eksplozyi kotłów parowych. Przyczyny sprowadzające eksplozyę kotłów parowych, podług dotychczasowych doświadczeń, są następujące: 1) za mała wytrzymałość ścian kotłowych; 2) kamień kotłowy; 3) przeciążenie klap bezpieczeństwa i przekroczenie granicy ciśnienia pary, po za granicę wytrzymałości kotła; 4) opadnięcie wody w kotle poniżéj linii ogniowéj; 5) przegrzanie się wody w kotle.

Co do 1. *Za mała wytrzymałość ścian kotłowych.* Blacha żelazna, z któréj kocioł jest zbudowany, podlegając wpływom różnéj temperatury, rozmaitym zmianom powietrza, niszczącemu wpływowi wody i materyałów opałowych, jak niemniéj w skutek czyszczenia i drobnych reparacyi, znacznie traci na swojéj grubości. Dla tego ciągle należy zwracać uwagę na to w czasie biegu maszyny, aby nie dopuścić wyższego ciśnienia pary nad to, jakie jest przepisane, a to dla tego, aby nie spowodować nagłéj eksplozyi.

Co do 2. *Kamień kotłowy.* Mimo najusilniejszego starania, aby mieć czystą wodę do zasilania kotła, prawie nigdy nie znajdujemy zupełnie czystéj. Każda woda zanieczyszczona jest jakiemiś solami, lub cząstkami ziemno-wapiennemi. Te cząstki ziemno-wapienne wydzielają się z wody, zwłaszcza gdy się zetkną z tłustościami do kotła wprowadzonemi; opadają na dno kotła, a najczęściéj osadzają się na powierzchniach ogrzewalnych, w postaci mleczno-białéj skorupy, która się *kamieniem kotłowym* zowie. Kamień czyli osad taki niedopuszcza wody do zetknięcia się z blachą powierzchni ogrzewalnéj kotła. Blacha staje się więc suchą, a pod tą powłoką kamienną rozpala się do czerwoności, dostaje pęcherzy, przez co bardzo się osłabia. Skorupa, jako nierozciągliwa pęka i opada; woda dostawszy się na rozpaloną i tak już osłabioną blachę, po pewnym czasie, tworzy taką wielką ilość pary, jakiéj osłabiony kocioł ani pomieścić, ani utrzymać nie jest w możności; skutkiem czego *pęka* czyli *eksploduje.*

Co do 3. *Przeciążenie klap bezpieczeństwa.* Klapy bezpieczeństwa stanowią drogę do wychodzenia pary na zewnątrz, jeżeli jéj rozprężliwość jest silniejszą nad obliczone normalne ciśnienie. Zawieszone na klapach ciężary albo téż sprężyny, dokładnie je zamykają, dopóki ciśnienie pary jest w stanie normalnym. Powiększywszy zaś ten ciężar, np. przyciśnieniem ręki, lub silniejszém naciągnieniem sprężyny, to klapy w chwili niebezpieczeństwa będą zamkniętemi; a ponieważ siła pary nadzwyczajnie wzrasta, każde zatém takie nierozważne przeciążenie klapy bezpieczeństwa, eksplozyę sprowadzić może. Dla tego wszelkie przeciążenie klap bezpieczeństwa, surowo jest wzbronioném.

Co do 4. *Opadnięcie wody w kotle poniżéj linii ogniowéj.* Jeżeli się zdarzy podobny wypadek, że ściany kotła lub rurki płomienne, stanowiące część powierzchni ogrzewalnéj kotła, nie będąc pokrytemi wodą, rozpalą się do czerwoności, w takim razie blacha i rurki utracają swoją sprężystość, rozdymają się, a w końcu się przepalają i stają się jakby spróchniałemi. Wtedy to para rozedrzeć może kocioł w miejscach osłabionych. Zasilając kocioł świeżą wodą, gdy powierzchnia ogrzewalna, jest od wewnątrz odkrytą, można w oka mgnieniu eksplozyę sprowadzić. Woda podniosłszy się w kotle, spotyka się rozpaloną blachą, która jéj swój cieplik oddaje, przez co wydziela się taka ilość pary, że jéj ściany kotła pomieścić, ani utrzymać nie mogą i dla tego następuje eksplozya. Pompowanie więc wody, kiedy kocioł ma powierzchnię rozpaloną, nigdy miejsca mieć nie powinno. Opadnięcie wody w kotle, może jedynie nastąpić z powodu niedbalstwa maszynisty, albo jego pomocnika, albo téż z powodu zepsucia się pompy; a przy smoczkach Giffarda, z powodu zbytecznego zagrzania się wody w zbiorniku, kiedy jéj temperatura przekracza 45° C., przez co dobra kondensacya w smoczku, nie może mieć miejsca, a tém samém smoczek nie ciągnie wody do kotła.

Co do 5. *Przegrzanie się wody w kotle.* Wiadomą jest rzeczą, że wodę spokojnie stojącą, można jeszcze o kilka stopni poniżéj 0 (zera), czyli poniżéj punktu marznięcia oziębić, t. j. uczynić zimniejszą od lodu, a woda taka jednak nie zamarznie. Najmniejsze jednak wstrząśnienie, albo silniejsze tłoczenie powietrza na jéj powierzchnię, całą tę massę wody we wszystkich jéj częściach zupełnie i jednocześnie z towarzyszeniem huku ścina i na lód zamienia. Mówi się wtedy, że woda znajdowała się w tak zwanym *stanie przeziębienia.* Zupełna spokojność, jéj zanieczyszczenie, albo brak powietrza w wodzie, sprawiają opóźnienie się chwili tężenia czyli zamarzania i powodują to szczególne zjawisko. To samo co może się wydarzyć z zamarznięciem wody, może téż nastąpić przed zmianą jéj na parę. Kiedy woda przy zwykłych warunkach wre przy 100° C., czyli dosięga punktu parowania, wielka spokojność lub zanieczyszczenie, może podnieść jéj rozgrzanie daleko wyżéj nad 100° C., a jednak woda wrzeć, ani parować nie będzie. Najmniejsze jednak wstrząśnienie ścian kotła, albo téż przypływ powietrza, lub nacisk na powierzchnię wody, mogą tę równowagę cząstek wody tak zniweczyć, że parowanie całéj massy wody w jednéj chwili następuje, przez co zwiększa się gwałtownie objętość pary, która tąk silne ciśnienie na ściany kotła wywiera, że eksplozyi niczém już wtedy zapobiedz nie można. Mówi się wtedy, że woda znajdowała się w *stanie przegrzania.* Taki stan zupełnéj spokojności wody, zdarza się najczęściéj przed odjazdem pociągu na drogach żelaznych; a po zakładach fabrycznych, z rana po nocnym spoczynku, po południu po pauzie po obiedniéj i w dnie które poprzedziły święta, w które fabryki nie są czynnemi. Jeżeli rzeczywiście zdarzy się przegrzanie wody, a maszynista nieostrożnie i zaprędko przepustnicę parową otworzył, to skutkiem nagłego uchodzenia pary do cylindrów, ciśnienie na powierzchnię wody w kotle, w jednéj chwili staje się mniejszém, przez co w całéj masie przegrzanéj wody, następuje silne parowanie, które następnie eksplozyę sprowadza. Doświadczenia pana *Dufour* przekonały, że kotły nawet na wyższe wypróbowane ciśnienie, przez samo tylko gwałtowne wypuszczenie silnéj pary, a zatém w skutek natychmiastowego obniżenia się ciśnienia, rozerwanymi być mogą. Już zatém dla téj jednéj przyczyny, należy przepustnicę powoli otwierać. Zwyczajne pompy tłoczące, które tylko w czasie ruchu maszyny parowéj zasilać mogą, może nieraz były przyczyną eksplozyi kotłów, a wypadki te czemu innemu przypisywano. Ale *smoczki Giffarda* wchodzące w coraz większe użycie po zakładach przemysłowych, a na kolejach żelaznych w miejsce pomp powszechnie przyjęte, które także i podczas spoczynku maszyny pracować mogą, utrzymują wodę w kotle w bezustannym ruchu, przez co przegrzaniu się jéj a zatém i eksplozyi zapobiegają. Z tego téż powodu smoczki Giffarda, w bezpieczeństwie kotłów parowych mają nie małe zasługi. Przegrzania się wody, albo przekroczenia jéj punktu wrzenia, należy się obawiać przy każdym jéj stopniu ciśnienia, a nawet i wtedy, kiedy przez ostrożność ciśnienie pary tak dalece obniżymy, że się stanie niższém od ciśnienia na jakie wytrzymałość kotła pozwala; bo i wtedy przegrzanie wody, może spowodować eksplozyę kotła.

346. Środki zabezpieczające kotły parowe od eksplozyi. Środki zabezpieczające kotły parowe od eksplozyi są następujące:

1) *Urzędowe wypróbowanie kotła.* Aby się upewnić o mocy materyału i szczelności kotła, zaraz po wykończeniu w warsztacie, poddaje się go hydraulicznéj próbie; napełnia się takowy wodą i za pomocą ręcznéj lub parowéj pompy, wtłacza się weń wodę pod podwójném lub przynajmniéj półtoraczném ciśnieniem, jakie późniéj w użyciu ma wytrzymywać. Czynność taka odbywa się zawsze w obec komisyi ze strony rządu delegowanéj, która po uskutecznionéj próbie z przedstawionym sobie kotłem, wydaje świadectwo, w którém się wzmiankuje głównie, jak wielkie ciśnienie kocioł ten w użyciu wytrzymywać powinien i do jakiéj wysokości klapy bezpieczeństwa obciążone być mogą. Kocioł i klapy cechują się urzędowym stemplem, aby i w późniejszym czasie przekonać się było można, iż urzędowa próba dopełnioną została. Maszynista treść owego świadectwa powinien mieć ciągle w pamięci, i nie ważyć się nigdy przekraczać tak siły pary jako i obciążania klap bezpieczeństwa. Po dłuższém używaniu kotła, próby takie od czasu do czasu należy powtarzać i tak siłę pary jak i obciążenie klap bezpieczeństwa, z uwagi na zużywanie się i osłabianie materyału, stosunkowo zmniejszać. Zużyte, albo cokolwiek przepalone arkusze blachy, należy wyjąć i nowymi zastąpić.

2) *Zapobieganie tworzeniu się kamienia kotłowego.* *a*) Przez wypędzenie szlamu z kotła od czasu do czasu za pomocą ekstrakcyi, czyli wypuszczając wodę z kotła pod ciśnieniem pary. *b*) Przez częste, co dwa tygodnie powtarzające się czyszczenie kotła, a mianowicie jego powierzchni ogrzewalnéj. *c*) Przez użycie środków chemicznych. Te ostatnie bywają nadzwyczaj liczne, jako to: kora dębowa, soda, melas, ziemniaki, tłuczone szkło i t. p. Podług czynionych w tym względzie doświadczeń, materye powyższe nie dopuszczają łączenia się z sobą cząstek ziemnych w wodzie zawartych i osadzania się ich w kotle, w postaci kamiennéj powłoki, ale osiadają pod postacią szlamu. Soda czyści wodę z tłuszczów dostających się z nią do kotła, które podług najnowszych spostrzeżeń, mają być powodem, prędkiego tworzenia się kamienia kotłowego. *d*) Przez powleczenie powierzchni wewnętrznych ścian kotła, cienką warstwą miedzi. Tą powłoką miedzianą, zabezpiecza się kocioł od rdzewienia, bo na gładkiéj powierzchni miedzianéj, osad nie czepia się tak łatwo jak na żelaznéj, która przez rdzę chropowacieje. Trwałość takiego kotła, staje się 3 razy dłuższą. *e*) Przez ogrzanie wody w rezerwoarze, a na kolejach żelaznych w tendrze; części stałe w wodzie zawarte i wszelakie nieczystości w znacznéj ilości osadzają się w rezerwoarze lub w tendrze, a do kotła idzie woda daleko czyściejsza, aniżeli gdyby ją w stanie zimnym pompowano; z tego też powodu szlam i części tworzące osad kamienny na powierzchni ogrzewalnéj kotła, znakomicie się zmniejszają.

3) *Baczne śledzenie manometru.* Poprzednio opisane manometry, dozwalają maszyniście w każdéj chwili, siłę rozprężliwości pary zawartéj w kotle

jak najdokładniéj rozpoznać. Ażeby z manometru zupełny osiągnąć pożytek, należy przestrzegać, aby kanały wprowadzające do niego parę, często bywały czyszczone, gdyż i one zanieczyszczają się szlamem albo kamieniem kotłowym. Dobry stan manometru poznaje się w czasie funkcyonowania maszyny, po nieustannym ruchu wibracyjnym skazówki. Jeżeli przypływ pary do manometru zamkniemy, skazówka powinna żaraz stanąć na 0 (zero). Jeżeli klapy bezpieczeństwa parują, manometr powinien wtedy wskazywać najwyższy stopień dozwolonego ciśnienia pary. Na skali zaś manometru, najwyższy stopień dozwolonego ciśnienia, powinien być osobnym znakiem wskazany. Manometr służy niemniéj jako norma, tak pod względem zasilania kotła wodą, jak i regulowania się z ogniem. Jeżeli siła pary rośnie, należy wody dopuszczać; jeżeli opada, to należy palić. Zdarzyć się może, że w skutek niedbalstwa, lub jakiéj innéj przyczyny, siła pary przeszła zadaleko swoją przepisaną granicę, i że w takim razie zasilanie kotła wodą, na obniżenie ciśnienia pary, żadnego już nie wywrze skutku, wtedy należy ogień bezzwłocznie wyrzucić i dalsze działanie maszyny przerwać. Jeżeli skażówka manometru pomimo otwarcia kurka parowego, na jednóm miejscu zostaje i nie porusza się wcale, należy manometr innym zastąpić, a zepsuty do reparacyi oddać.

4) *Zabezpieczenie się od przegrzania wody w kotle.* Środki do usunięcia tak ważnéj przyczyny eksplozyi kotła, również jak i sama przyczyna, aż do czasów *Dufoura* nie były znane. Najważniejsze z nich są następujące:

a) *Termometr Schefflera.* Jest to zwyczajny termometr wpuszczony do środka kotła w ten sposób, że dolny jego koniec zanurza się w massie wody, a na górnéj jego stronie znajduje się podziałka ze stopniami przegrzanéj wody i skala z odpowiednią liczbą atmosfer. Przez porównanie stopni termometru z ciśnieniem na manometrze, maszynista może dostrzedz przekroczenie normalnego punktu wrzenia wody i stopień niebezpieczeństwa rozpoznać. Termometr ten jak widzimy, służy tylko do rozpoznania niebezpieczeństwa, ale nie do usunięcia onego. Przegrzanie się wody może nastąpić po długim spoczynku maszyny. Kocioł, w którym woda podczas spoczynku maszyny znajduje się w ustawicznym ruchu, nie będzie nigdy zagrożony eksplozyą. Zamykając odpływ pary, woda z łatwością przechodzi w stan spoczynku i przestaje się bałwanić; dla tego maszynista w czasie każdego postoju, winien wodę do kotła pompować, aby ją utrzymać w ruchu, a tém samém przegrzaniu się jéj zapobiedz. Przez samo puszczenie w ruch pompy albo smoczka, konsumuje się już pewną ilość pary w kotle zamkniętéj, co samo przez się sprawia, że woda nie przestaje się burzyć. Ze wszech miar zaleca się zasilanie kotła smoczkiem Giffarda, gdyż takowe odbywając się wolno, cały ciąg pauzy może wypełnić, gdy maszyna stoi. Prócz tego, alimentując kocioł smoczkiem, wciąga się z wodą znaczną ilość powietrza, które opiera się przegrzaniu wody. W nowszych czasach wynaleziono aparat, zabezpieczający wodę od przegrzania, a tym jest:

b) *Antiexplodikator Stiehla*, którego zadanie polega właśnie na utrzymaniu wody w ciągłym ruchu. Przyrząd, którego Stiehl w tym celu używa, składa się z małéj pompki na powierzchni wody w kotle działającéj, która z pomocą wentyli poruszanych parą, sprawia ciągłe wznoszenie się i opadanie wody. Ten jedyny i dotychczas znany przyrząd, służący do zabezpieczenia się od przegrzania wody w kotle, jest trochę skomplikowany, aby go za odpowiedni i praktyczny można było uważać, zwłaszcza, że takie drobnostkowe poruszanie, które odbywa się tylko w jednym punkcie i to na powierzchni wody, zamało oddziaływa na jéj dolne warstwy. Do zupełnego zabezpieczenia wody od przegrzania, może tylko pomódz przeprowadzenie ciągłego i silnego prądu przez jéj całą massę, a co tylko uskutecznić można, za pomocą alimentacyi. Aby o ile można uniknąć skutków eksplozyi, przy poczynającém się dopiero przegrzewaniu wody, nie można dosyć dostatecznie zalecić, wolnego i przezornego postępowania przy otwieraniu regulatora, piszczałki parowéj, klap bezpieczeństwa i t. p., słowem wszelkich kanałów do przepływu pary służących, a szczególniéj po spoczynku maszyny. Również wstrząśnienia kotła w jakimkolwiek punkcie, częściowych reparacyj i uderzania młotkiem w kocioł, gdy ten zostaje w stanie naprężenia, surowo się zabrania.

5) *Zabezpieczenie się przeciw opadaniu wody w kotle pod liniję ogniową.* Dla uniknienia takiego wypadku, umieszczone są na kotle: *wodoskaz* i *kurki probiercze.* Aby wodoskaz pokazywał rzetelną ilość wody znajdującéj się w kotle, kanały łączące go z wnętrzem kotła, powinny być zawsze czysto utrzymywane i nie zapchane szlamem lub kamieniem kotłowym; niemniéj należy uważać, aby i rurka szklana nie była zapchaną. Mając szkło rozbite, to przez czas potrzebny na wyjęcie go i osadzenie nowego, należy się posługiwać kurkami probierczymi, zamknąwszy kurki ze szkłem komunikujące. Na utrzymanie w czystości tych kurków i rurek, należy także baczną zwracać uwagę. Jeżeli woda w kotle, z jakiegokolwiek powodu opadnie poniżéj linii ogniowéj, i z najniższego kurka zamiast wody wypływa para, wtedy zbliża się największe niebezpieczeństwo. W takim wypadku należy natychmiast wstrzymać alimentowanie kotła i przepustnicę zamknąć. Należy otworzyć drzwiczki ogniskowe i szybko ogień wygarnąć. Po usunięciu ognia otwiera się wszystkie kanały parowe i ostudza się kocioł. Po usunięciu niebezpieczeństwa, należy kocioł z pary i wody wypróżnić i ściśléj poddać rewizyi, czy tenże przez częściowe przepalenie się ścian, nie został gdzie uszkodzonym i nie postradał potrzebnéj szczelności i wytrzymałości: w takim razie kocioł, zawsze poddany być winien próbie hydrauliczněj. Uszkodzone czyli przepalone tafle blachy należy zmienić, a po dopełnionéj reparacyi, jeszcze jednéj próbie poddać należy.

6) *Zabezpieczenie się przeciw raptownemu wzrostowi prężenia pary.* Do tego służą klapy bezpieczeństwa, jeżeli są odpowiednio do wypróbowanéj wytrzymałości kotła uregulowane. Surowo jest zabronioném, obciążanie takowych ręką, albo naciąganie sprężyn nad zakreśloną granicę; w takim bowiem razie, klapy bezpieczeństwa w chwili wypadku byłyby nieczynne, a kocioł uległby rozsadzeniu. Aby klapy bezpieczeństwa zawsze należytemu celowi odpowiadały, powinny być ze szczególną troskliwością w czystości utrzymywane, wentyle i gniazda z brudu i osadzającego się kamienia często czyszczono, a dla niewątpliwéj szczelności doszlifowane.

ROZDZIAŁ XIII.

CZĘŚCI SKŁADOWE MASZYN.

347. Wały, czopy, panewki etc. Wały czyli osie w czasie pracy wystawione są głównie na zgięcie czyli na złamanie.

1) *Grubość czopów.* Ciśnienie czopa na panewkę, jeżeli ta jest dobrze ustawioną, rozkłada się jednostajnie na całą jego długość. Całkowite zaś ciśnienie, można sobie wyobrazić jako działające w środku tegoż czopa. (Figura 261).

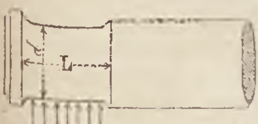


Fig. 261.

Niechaj P oznacza ciśnienie czopa, L długość czopa, d średnicę czopa, to $^1/_2$ L jest ramieniem drążka na który działa siła P, usiłująca czop urwać.

Jeżeli R oznacza zamiennik wytrzymałości, to

$$P \times \frac{L}{2} = \frac{\pi R}{32} d^3, \text{ zkąd } d^3 = \frac{16}{\pi} \frac{P L}{R}.$$

Czopom obracającym się wolno, daje się długość i grubość jednaką; czopom zaś obracającym się szybko daje się długość $1\,^1/_2$ do 2 razy większą od grubości. Przedłużając czopy, tę otrzymujemy korzyść, że się tak prędko nie zużywają i nie zagrzewają. Ale za to długie czopy, konsumują więcéj siły w skutek zwiększonego tarcia. Przyjąwszy dla zwyczajnéj chyżości $L = {}^1/_4\, d$, dla żelaza lanego $R = 200$ kil., dla żelaza kutego $R = 285$ kilogr., na 1^{cm} □ przekroju, to z powyższéj formuły otrzymamy:

$$d = 0{,}18 \sqrt{P} \text{ dla żelaza lanego,}$$
$$d = 0{,}15 \sqrt{P} \text{ dla żelaza kutego,}$$

d wyrażone w centymetrach, P zaś w kilogramach.

Czopy wykonane podług powyższych formuł, nigdy się nie urwą.

Za pomocą powyższych formuł, obliczoną została następująca tablica:

Tablica grubości i wytrzymałości czopów.

Średnica w centymetr.	Ciśnienie na czop z żelaza lanego	Ciśnienie na czop z żelaza kutego	Średnica w centymetr.	Ciśnienie na czop z żelaza lanego	Ciśnienie na czop z żelaza kutego
	kilogr.	kilogr.		kilogr.	kilogr.
2	—	177	15	6953	10000
2,5	—	278	16	7910	11378
3	279	400	17	8920	12844
3,5	378	544	18	10012	14440
4	494	771	19	11155	16044
4,5	626	900	20	12360	17778
5	772	1111	21	13611	19600
5,5	935	1344	22	14956	21511
6	1112	1600	23	16327	23511
6,5	1306	1878	24	17798	25600
7	1514	2178	25	19290	27778
7,5	1738	2500	26	20888	30044
8	1978	2844	27	22500	32400
8,5	2232	3211	28	24226	34844
9	2503	3600	29	25987	37378
9,5	2797	4011	30	27810	40000
10	3090	4444	31	29660	—
11	3738	5378	32	31642	—
12	4450	6400	33	33611	—
13	5223	7511	34	35720	—
14	6056	8711	35	37809	—

Przykład. Jaką należy dać grubość czopom wału żelaznego lanego, gdy ciężar koła wodnego wraz z wałem wynosi 14000 kilogramów?

Ciśnienie więc na jeden czop $=$ 7000 kilogr. Wartość ta leży najbliżéj liczby 6953 w powyższéj tablicy dla żelaza lanego; a zatém średnica czopa wypadnie $=$ 15 centymetrów.

2) *Grubość wałów.* Jeżeli na wale w odległości L od środka czopa osadzone jest np. koło zamachowe, to grubość wału D w punkcie zawieszenia ciężaru powinna być następująca (Fig. 262):

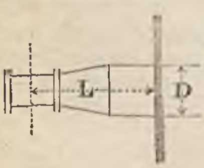


Fig. 262.

$$D = 0{,}37 \sqrt[3]{P.\ L.} \text{ dla żelaza lanego;}$$

$$D = 0{,}33 \sqrt[3]{P.\ L.} \text{ dla żelaza kutego.}$$

Aby wał wypadł lekki i średnica D niewielka, musi L być ilością małą, czyli że ciężar winien być jak najwięcéj do panewki zbliżony.

Przykład. Panewka A wału AB (Fig. 95, str. 120) znosi ciśnienie 2992 kilogramów. Odległość L od środka piasty koła zamachowego do środka czopa $= 30^{cm}$; średnica wału i czopa z żelaza lanego w takim razie winna być następująca:

Średnica wału $D = 0{,}37 \sqrt[3]{2992 \times 30} = 16{,}6^{cm}$

Średnica czópa (podług tablicy) . . $d = 10^{cm}$.

3) *Panewki dla wałów leżących.* Fig. 263 przedstawia panewkę w widoku z przodu i w przekroju poprzecznym. *a* jest to czop wału; *b* łożyska mosiężne, w których się czop obraca. Łatwo je nowemi zastąpić, gdy się zużyją; *h* pokrywka panewki; *m* śruby łączące panewkę z pokrywką; *n* śruby łączące panewkę z płytą fundamentową *e*; *p* śruby łączące płytę fundamentową z fundamentem murowanym; *k* klin dla posunięcia panewki w prawo albo w lewo; *q* otwór do smarowania czopa.

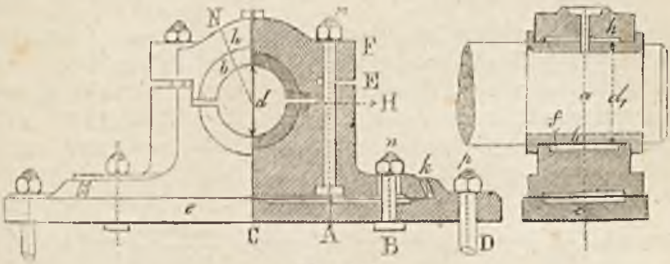


Fig. 263.

Główniejsze wymiary panewki stojącej (Fig. 263) są następujące:

Ze średnicy *d* czopa da się wyprowadzić najmniejsza grubość łożyska mosiężnego:

$f = 0{,}07 .\ d + 0{,}12$ cala, a zaś średnica zewnętrzna łożyska:

$d_{,} = 1{,}15 .\ d + 0{,}4$ cala.

Inne wymiary odnoszą się do $d_{,}$. Grubość śrub $= 0{,}2\ d_{,}$, $CA = 0{,}7\ d_{,}$, $CB = 1{,}3 .\ d_{,}$, $CD = 2{,}15 .\ d_{,}$. Połowa długości podstawy panewki $= 1{,}7 .\ d_{,}$, a połowa długości płyty fundamentowéj $= 2{,}45 .\ d_{,}$. Grubość podstawy panewki jak również i płyty fundamentowéj $= 0{,}2 .\ d_{,}$. Wysokość $AH = 0{,}9 .\ d_{,}$, $HE = 0{,}16 .\ d_{,}$, $EF = 0{,}45 .\ d_{,}$. Promień dN dla zatoczenia górnéj krzywizny pokrywy panewki $= 0{,}75\ d_{,}$.

Oprócz panewek stojących używanych dla wałów leżących, są jeszcze panewki wiszące, boczne, podwójnie boczne dla wałów pod sufitami i na ścianach budowli; oraz panewki kuliste i stożkowe dla wałów stojących czyli pionowych.

348. Czopy i panewki przy wałach stojących. 1) *Czopy.* Jeżeli średnica stojącego wału jest bardzo mała, to w skutek tarcia łatwo ulega zagrzaniu; jeżeli zaś ta średnica jest bardzo wielka, to w skutek tarcia zużywa taki czop wiele siły pożytecznéj. Jeżeli powierzchnie zetknięcia są żelazne kuto, żelazne lane, lub mosiężne, to ciśnienie na $1^{cm}\,\square$ powierzchni zetknięcia, powinno najwyżéj wynosić:

a) dla czopów, obracających się wolno . . . . . . 100 kilogr.

b) dla czopów o średniéj chyżości . . . . 50 „

c) dla czopów o wielkiéj chyżości . . . . 25 „

Dla czopów stalowych obracających się w panewkach stalowych, gdy czopy są także stalowe, ciśnienie może być dwa razy większe, lub też średnica czopa stalowego, może być równą $^7/_{10}$ średnicy czopa żelaznego. Zresztą pamiętać należy, że im średnica czopa jest mniéjszą, o tyle staranniéj należy też czopy smarować.

Przykład 1. Turbina waży 350 kilogr., jéj wał 400 kilogr., a ciężar koła zębatego, utwierdzonego na górnym jego końcu 150 kilogr. Turbina obraca się z chyżością umiarkowaną. Jaką należy dać grubość czopowi z żelaza kutego?

Ciśnienie czopa na panewkę: 350 + 400 + 150 = 900 kilogr.
Ciśnienie na 1^{cm} □ . . . . = 40 „
Powierzchnia dolna czopa . . . . $\frac{900}{40}$ = $22{,}5^{cm}$ □
Zatém średnica czopa żelaznego . . . . = $5{,}4^{cm}$.

Przykład 2. Jakie ciśnienie wywiera kamień młyński na czop wrzeciona?
Ciężar kamienia górnego (bieguna) . . . . . . = 1500 kilogr.
Ciężar wrzeciona z kołem zębatém . . . . . . = 120 „
Zatém ciśnienie na powierzchni czopa . . . . . = 1620 „
Niechaj średnica czopa . . . . = $2{,}8^{cm}$
Zatém powierzchnia czopa . . . . = $6{,}15^{cm}$ □
A ciśnienie na 1^{cm} □ powierzchni czopa $\frac{1620}{6{,}15}$ = 263 kilogr.

2) *Panewki.* Forma panewek dla wałów pionowych jest bardzo rozmaita. Figury 264 i 265, przedstawiają główne formy, tego rodzaju panewek. Fig. 264 przedstawia panewkę dla zwyczajnych wałów transmissyjnych; *a* jest to czop; *b* podkładka mosiężna; *c* łożysko mosiężne; *h* klin zapobiegający obracaniu się podkładki; *f* panewka.

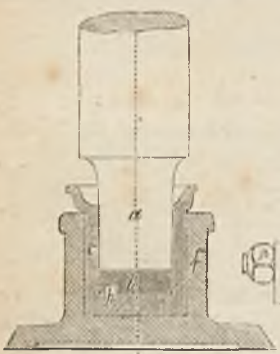


Fig. 264.

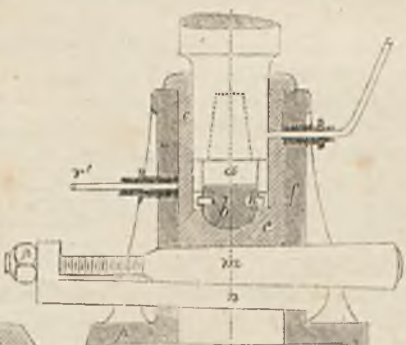


Fig. 265.

Figura 265 przedstawia panewkę wału turbinowego. *a* jest czopem stalowym; *b* podstawką stalową; jest ona z dołu kulistą i może się obracać, gdy wał lub panewka posuną się cokolwiek; *h* klin nie dozwalający się podstawce usunąć; *c* łożysko mosiężne w któréj się czop obraca; *f* panewka; *m n* klin na którym spoczywa łożysko *c* a tém samém i wał. Przekręcając mutrę *p* klin górny *m* posuwa się po swéj dolnéj części *n*, i podnosi wał w górę. Tym sposobem reguluje się wysokość turbiny; *r* jest

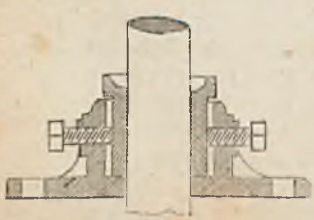


Fig. 266.

to rurka dla wprowadzania do panewki oliwy; r' jest to znowu druga rurka dla uprowadzania oliwy. Fig. 266 przedstawia panewkę do usztywnienia wału pionowego służącą, z łożyskiem mosiężném do regulowania.

349. Korba. 1) *O ruchu korby.* Za pomocą korby ruch prostolinijny tam i nazad, zamienia się na ruch obrotowy i odwrotnie. Fig. 267 przedstawia korbę przy maszynie parowéj. A tłok parowy, AB trzon tłokowy; BC trzon korbowy, CD korba, a D wał korbowy. Jeżeli tłok w cylindrze parowym odbędzie ruch tam i nazad, wtedy korba zrobi okrąg koła, którego średnicą $m\ n$ będzie długość skoku. Zatém długość korby równa się połowie skoku.

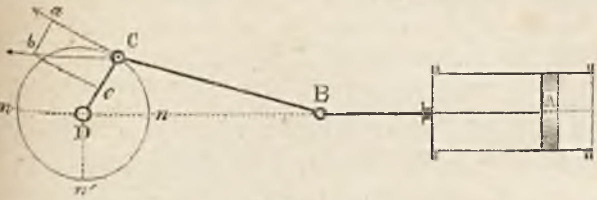


Fig. 267.

2) *Siła działająca na korbę.* Niechaj Cb wyobraża siłę jaką trzon korbowy wywiera na czop korbowy C w kierunku trzona tłokowego. Tę siłę w maszynie parowéj, stanowi ciśnienie pary na tłok. Rozłóżmy siłę Cb za pomocą równoległoboku na dwie siły boczne Cc i Ca. Pierwsza z nich działa na wał korby i przyciska go do panewki, sprawia zatém tarcie; druga siła boczna Ca działa prostopadle do korby, a zatém w kierunku stycznéj do obwodu koła opisanego przez korbę, a tém samém sprawia obrot korby.

Niechaj $P = Cb$, ciśnieniu stałemu na korbę, działającemu równolegle do trzona tłokowego, p średnia wartość siły stycznéj Ca, L długość korby, i α kąt jaki tworzy korba z liniją prostą $D\ B$, to ciśnienie na oś $Cc = P$. dos α, Siła styczna $Ca = P$. wst α.

W punktach martwych n i m ciśnienie na oś jest największe t. j. $= P$, a siła styczna najmniéjsza t. j. $= 0$. Jeżeli korba od punktu martwego oddali się o $^1/_4$ obrotu, to ciśnienie na oś będzie $= 0$, a siła styczna, będzie wtedy wartością największą.

W czasie obrotu siła P w drodze $4\ L$ wykonywa pracę $= 4\ L.\ P.$, a siła p jednocześnie wzdłuż drogi $2\pi\ L$ wykonywa pracę $= 2\pi.\ L.\ p.$ Że zaś obie prace muszą sobie być równemi, ztąd otrzymujemy średnią wartość na siłę styczną $p = \frac{\pi}{2}.\ P. = 0{,}6366\ P.$ Tak samo wielkiem jest średnie ciśnienie na wał korbowy.

W czterech stanowiskach korby siła styczna P. wst α będzie się równać téj średniéj wartości. W tych stanowiskach musi P. wst $\alpha = 0{,}6366.\ P$, a więc wst $\alpha = 0{,}6366$. W jednem przeto z owych stanowisk $\alpha = 39^0\ 32'$ czyli bardzo blisko 40^0. Jeżeli więc kierunek korby zbacza od punktu martwego o 40^0, to siła styczna równa się wtedy swéj średniéj wartości.

3) *Chyżość korby.* Z powodu zmienności siły stycznéj, korba odbywać musi ruchy nieregularne. Jeżeli opór jaki stawia wał korbowy obrotowi korby przyjmiemy za stały, to ten opór zredukowany na czop korbowy będzie równy

średniemu ciśnieniu 0,6366. P. Jeżeli wał korbowy obciążony będzie takiemi massami zamachowemi aby ruch nie ustał, to owe massy odbywać będą 2 razy ruch opóźniony po łuku 80^0, i dwa razy przyśpieszony po łuku 100^0, gdyż siła na pierwszym łuku jest mniéjsza, zaś na drugim łuku większa od oporu. Im przeto większe są owe masy zamachowe, tém ruch jest jednostajniéjszy.

Przyjąwszy z góry obrót korby jako jednostajny, to jednak ruch tłoka będzie bardzo zmiennym. Niechaj S oznacza długość trzona korbowego, zaś x drogę tłoka, to otrzymamy w przybliżeniu:

$$x = L\,(1 - \text{dos}\,\alpha + \frac{1}{2}\,\frac{L}{S}\cdot \text{wst}^2\,\alpha)$$

Wartości na x tém będą dokładniejszemi, im mniejszym będzie stosunek $\frac{L}{S}$.

Przykład. Niechaj trzon korbowy będzie 4 razy od korby dłuższy, kąt $= 90^0$, to droga tłoka w czasie pierwszego $^1/_4$ obrotu będzie:

$$x = L\,(1 - \text{dos}\,90 + \frac{1}{8}\,\text{wst}^2\,90) = L\,(1 - 0 + \frac{1}{8}) = \frac{9}{8}\,L.$$

Tłok więc odbywa drogę w pierwszym i ostatnim ćwierć obrocie $\frac{9}{16}$, a zaś w drugim i trzecim ćwierć obrocie $\frac{7}{16}$ całkowitego skoku.

Prawie w środku skoku jest chyżość tłoka największa, w chwili zwrotu $= 0$. A zatém massa tłoka, trzona tłokowego i innych części z niemi połączonych, musi na przemian odbywać ruchy przyśpieszone i opóźnione i to w bardzo krótkim czasie. To nagłe wprowadzanie i odejmowanie siły żywéj, tłómaczy nam skutki uderzeń, na jakie korba w czasie działania jest wystawiona.

4) *Korba dubeltowa.* Na osi D (Fig. 268) umocowane są dwie korby AD i BD. Trzony korbowe AA' i BB' w każdem położeniu są do siebie równoległe. Niechaj L oznacza długość każdéj korby, P ciśnienie na każdą korbę, działające stale w kierunku trzonów korbowych, a, b kąty jakie tworzą korby z kierunkami trzonów korbowych, to PL. wst a i Pl. wst b będą statycznemi momentami sił sprawiających obrót wału korbowego. Całkowity moment

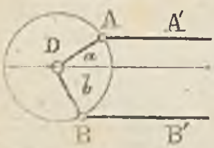


Fig. 268.

$$P\,L\,(\text{wst}\,a + \text{wst}\,b)$$

jest zmienny wraz z wielkością wst a + wst b. Summę kątów $a + b$ należy tak wybrać, aby największa i najmniejsza wartość tego momentu, jak najwięcéj były do siebie zbliżone. Osiągnąć to można wtedy, gdy korby stoją do siebie prostopadle, t. j. gdy $a + b = 90^0$; a wtedy będzie:

Największa wartość wst a + wst b = 2 wst 45^0 = 1,414

Najmniéjsza wartość wst a + wst b = wst 90^0 = 1,000.

Największe i najmniéjsze wartości za każdym obrotem korb przedstawiają się 4 razy, a mianowicie największa wtedy, gdy linija łącząca AB leży pionowo i równolegle do kierunku trzonów korbowych, a najmniejsza wtedy, gdy jedna z korb, stanie w kierunku trzonów korbowych.

Średnia wartość siły działającéj w kierunku stycznéj do okręgu koła zatoczonego przez korbę i wywołującéj obrót niechaj będzie p, to praca siły P podczas jednego obrotu $= p \times 2\,\pi\,L$. Jednocześnie obie siły P wykonywają pracę $= 2\,P \times 4\,L$. Zrównawszy z sobą obie prace, będzie:

Średnia wartość siły stycznéj $p = \frac{4}{\pi} P = 1,273.\ P$.

Średni zaś statyczny moment $p\,L = 1,273.\ PL$.

Ponieważ różnice siły stycznéj lub statycznego momentu obudwóch sił P wypadają małe, dla tego téż i ruch obrotowy wału korbowego bez wielkich mass zamachowych, bywa dość regularny.

5) *Grubość czopa korbowego.* Niechaj P oznacza ciśnienie trzona korbowego na czop w kilogr., D średnicę wału korbowego żelaznego kutego, d średnicę czopa również żelaznego kutego, i L długość korby (wszystkie miary w centymetrach), to jeżeli ruch odbywa się bez wstrząśnień,

$$d = 0,15 \sqrt{P} \text{ lub } d = D \sqrt{\frac{D}{L}}.$$

Jeżeli zaś mają miejsce wstrząśnienia, to bierze się średnicę czopa korbowego $1\,{}^1/_2$ do 2 razy grubszą.

Jeżeli wał jest żelazny lany, to jego grubość może być łatwo zredukowaną do grubości wału z żelaza kutego. Przy bardzo spokojnym ruchu średnica ta w stosunku 8 : 7 może być mniejszą.

6) *Rysowanie korby.* Głowy, w których osadzone są wał i czop S (Figura 269) powinny być bardzo mocne. Panew podtrzymująca wał, powinna

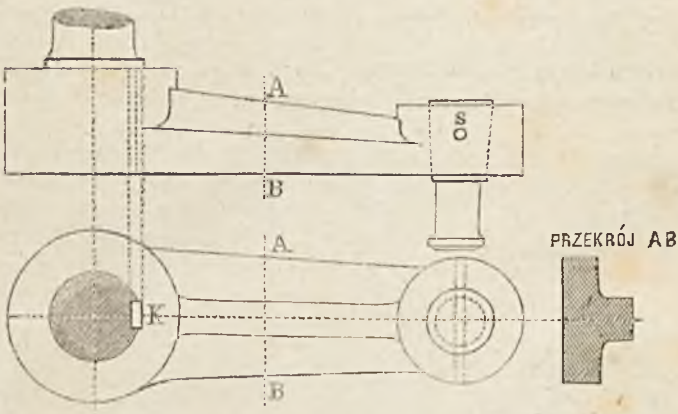


Fig. 269.

leżeć bardzo blizko korby. Figura 269 przedstawia rysunek korby żelaznéj lanéj, dla maszyny 20-konnéj, o 36 obrotach na minutę, ze skokiem 100^{cm}, na skalę 1 : 10.

Podług takich danych długość korby . . . . $= 50^{cm}$

zatém wartość (obacz tablicę § 265) . . $\frac{N}{n} = \frac{20}{36} = 0,555$

a średnica wału żel. kutego . . . . $= 11,5^{cm}$

zkąd średnica czopa korbowego . . $11,5 \sqrt{\frac{11,5}{50}} = 5,5^{cm}$.

350. Trzony korbowe. 1) *Długość* trzona korbowego zależy od geometrycznego ustroju maszyny i od stosunków lokalnych. Przy maszynach parowych trzon korbowy bywa zwykle 4 do 6 razy dłuższy od długości korby.

2) *Przekrój w środku.* Trzon korbowy winien przedstawiać wytrzymałość bezwzględną i wsteczną. Przekrój odpowiadać winien téj ostatniéj. Jest on proporcyonalny średnicy czopa korbowego i długości trzona.

a) Okrągłemu żelaznemu kutemu trzonowi daje się średnicę w środku $= 0{,}18\sqrt{d\,L}$.

b) Trzonowi żelaznemu kutemu o przekroju prostokątnym, którego boki mają się do siebie jak 1 : 2 daje się grubość ścianie węższéj $= 0{,}13\sqrt{d\,L}$.

c) Trzonowi żelaznemu lanemu, mającemu przekrój krzyża, daje się grubość żebra $= 0{,}045\sqrt{d\,L}$. gdzie d wyraża średnicę czopa żelaznego kutego, zaś L długość trzona, obie miary w centymetrach.

3) *Konstrukcya trzona korbowego żelaznego kutego.* Figury 270, 271 i 272 przedstawiają rysunek trzona korbowego dla maszyny parowéj 20-konnéj. Maszyna robi 30 obrotów w jednéj minucie i posiada korbę długą 50^{cm}. Rachunek jest następujący:

Średnica wału żel. kutego . . $D = 14\sqrt[3]{\frac{20}{30}} = 12{,}3^{cm}$

Średnica czopa żel. kutego . . $d = 12{,}3\sqrt{\frac{12{,}3}{50}} = 6{,}1^{cm}$

Długość przyjęta dla trzona . . . . $= 200^{cm}$

Największa średnica trzona okrągłego $0{,}18\sqrt{200 \times 6{,}7} = 6{,}6^{cm}$.

Fig. 270.

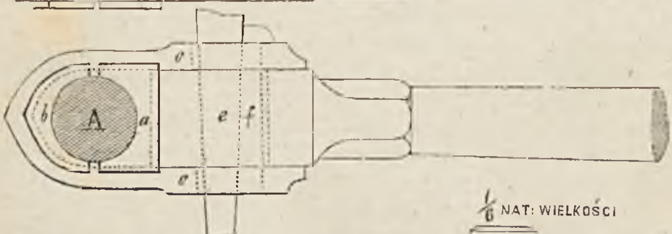


Fig. 271.

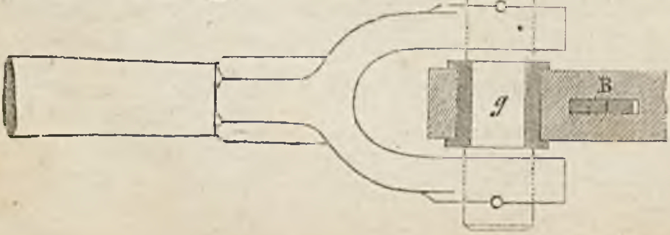


Fig. 272.

Figury 270 i 271 przedstawiają koniec trzona złączonego z czopem korby *A*; Figura zaś 272 przedstawia koniec tegoż trzona złączonego z trzonem tłokowym *B*; *a*, *b* są to mosiężne łożyska czop korbowy obejmujące; *c*, *c* jest to kluba żelazna kuta obejmująca łożyska i trzon korbowy; *e*, *f* kliny dla złączenia kluby z trzonem; *g* przedstawia czop trzona tłokowego.

351. Konstrukcya drążka i wahadła. 1) *Narysowanie drążka żelaznego kutego.* Niechaj *a* wyobraża czop około którego robi obrot drążek (Fig. 273), *b* i *c* czopy połączone z trzonami. Te trzony powinny stać prostopadłe do drążka, kiedy ten zajmuje położenie średnie. Rysunek przedstawia jedno ramię drążka 3 razy dłuższe od drugiego. Jeżeli więc ciśnienie na czop *c* = 1, to na czop *b* = 3, a na *a* = 4; przekroje więc owych czopów muszą być do siebie w stosunku jak 1 : 3 : 4, a ich średnice jak pierwiastki kwadratowe z tych liczb, zatém jak 1 : 1,73 : 2.

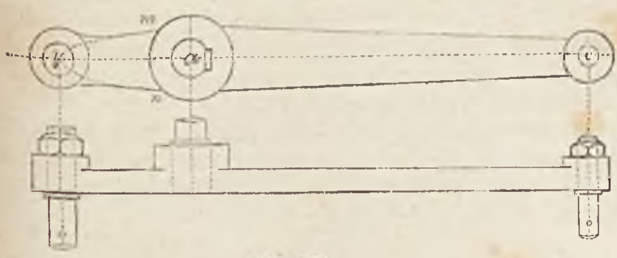


Fig. 273.

Jeżeli drążek w całéj swéj długości posiada jednakową grubość, to widok *m b n* musi mieć formę zwyczajnéj paraboli, któréj oś *a b* i wierzchołek znajdują się w środku *b*, aby we wszystkich przekrojach przedstawiał jednaką wytrzymałość. Ramiona jednak owéj paraboli dla łatwiejszéj roboty zastępuje się linijami prostemi.

2) *Konstrukcya wahadła (balansyera) żel. lanego.* Figura 274 przedstawia zwykłą formę wahadła. *AB* jest przekrój w kierunku osi, *CD* prze-

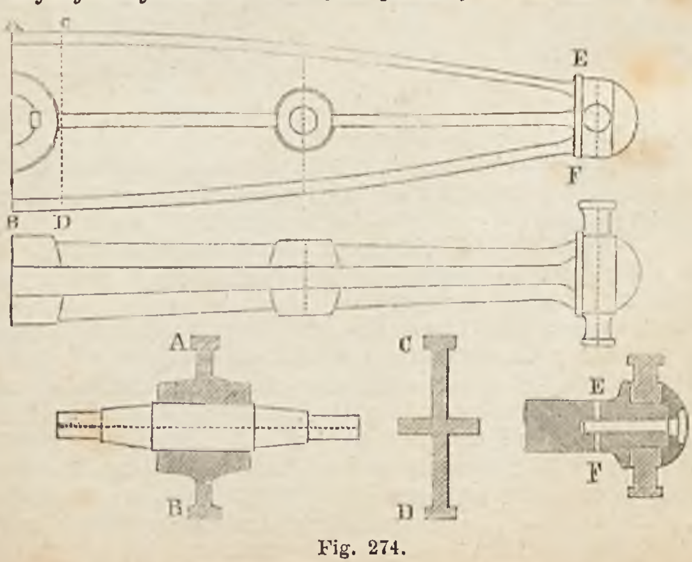


Fig. 274.

krój w pobliżu osi, a EF przekrój przez głowę w kierunku podłużnym osi. Czop podwójny osadzony w głowie wahadła, robi ruch obrotowy około czopa wahadła.

Obliczenie główniejszych wymiarów. Tak dla drążka jak i wahadła, obliczenie czopów, osi, wysokości i szerokości belki jest jednakie. Można tutaj przekrój CD wahadła przy obliczaniu jego wytrzymałości względnéj, uważać jako prostokąt, gdyż żebro środkowe zapobiega wygięciu na boki, zaś żebro dolne i górne posiadają szerokość nie wielką. Niechaj P wyraża ciśnienie na czop średnicy $d_{,}$, L długość ramienia drążka, czyli połowę długości wahadła, b, h szerokość i grubość żebra środkowego drążka lub wahadła, to otrzymamy średnicę dla czopów nie doznających żadnego wstrząśnienia:

$$d = 0{,}15 \sqrt{P}.$$

gdzie d wyrażone w centymetrach, a P w kilogramach.

Dla czopów zaś wystawionych na wstrząśnienia, należy czynnik 0,15 wziąć cokolwiek większy.

Dla obliczenia zaś wymiarów b, h mamy następującą formułę:

$$PL = \frac{R}{b}\, b.\, h^2,$$

gdzie R oznacza największą wytrzymałość materyału. Zwykle dla żelaza lanego bierze się $R = 300$ kil., a dla żelaza kutego $R = 400$ kil. na $1^{cm}\square$ przekroju.

352. Koła zamachowe. 1) *Cel kół zamachowych.* Koła zamachowe mają przeznaczenie, nie jednostajny ruch maszyn parowych, o ile się da regularnym uczynić. Regulowanie to ruchu odbywa się w taki sposób, że owe koła zamachowe w takich momentach, w których siła więcéj pracy produkuje, niż jéj opory skonsumować mogą, przewyżkę pracy w swojéj massie pochłaniają, a znowu w momentach kiedy siła mniéj pracy wydaje niż jéj potrzebują opory, oddają ową pochłonioną pracę oporom.

2) Praca zgromadzona w kole zamachowém oblicza się podług następującéj formuły:

$$\text{Praca} = \frac{P.\, V^2}{2 \times 9{,}81} = 0{,}102\; V^2 P. \text{ kilogrammetrów},$$

gdzie V oznacza chyżość obwodową w sekundzie w metrach, a P ciężar pierścienia koła zamachowego w kilogramach.

Przykład. Maszyna parowa 25-konna posiada koło zamachowe o chyżości obwodowéj 6 metrów na 1 sekundę, waga pierścienia wynosi 4000 kilogr., zatém praca pochłoniona przez koło będzie wynosić:

$$0{,}102 \times (6)^2 \times 4000 = 14688 \text{ kilogrammetrów},$$

czyli że koło zamachowe zawiera w sobie w przybliżeniu 8 razy więcéj pracy, niż jéj maszyna na sekundę wydaje.

Jak powyższa formuła wskazuje, siła żywa koła zamachowego rośnie wraz z jego ciężarem i kwadratem z chyżości obwodu, może więc być dowolnie wybranym jeden z tych dwóch czynników. Że zaś z ciężarem koła zamachowego wzmagają się jego koszta i tarcie zwiększa się w panewkach, przeto korzystniéj jest zwiększyć jego chyżość, czyli dać mu większą średnicę czyli większą liczbę obrotów w minucie czasu. Ta jednak chyżość obwodowa, nie powinna pewnych oznaczonych granic przekraczać, zakreślonych mniéj lub więcéj silną budową koła. Przy maszynach parowych nie przekracza ona 10 metrów, a przy walcowniach 30 metrów w sekundzie czasu.

3) *Stopień jednostajności ruchu maszyn korbowych.* Ponieważ praca siły działającéj na czop korbowy, w czasie jednego obrotu jest dwa razy większa od pracy oporu, przeto też i chyżość korby i koła zamachowego, będzie się dwa razy zwiększać i dwa razy zmniéjszać. Niechaj np. będzie:

największa chyżość koła zamachowego . . . . $= 6,1^m$
najmniéjsza jego chyżość . . . . $= 5,9^m$
zatém średnia chyżość będzie $\frac{6,1 + 5,9}{2}$ . . $= 6^m$,

a przeto stosunek zachodzący pomiędzy średnią chyżością i różnicą chyżości $\frac{6}{6,1 - 5,9} = 30$.

Liczba w tym wypadku 30 nazywa się stopniem jednostajności ruchu. Im ta liczba jest większa, tym regularniéjszy będzie bieg maszyny.

Ten stopień jednostajności zależny jest od natury pracy, jaką maszyna wykonywa. Dla maszyn poruszających młyny, pompy i t. p. przyrządy, gdzie nie jest wymagana zbytnia regularność 15 do 20 jest dostateczném, ale dla przędzalni, tkalni i t. p. 30 do 60 stanowi zwykły stopień regularności biegu maszyny parowéj.

4) *Zasady do obliczania kół zamachowych.* Niechaj n oznacza liczbę obrotów korby w minucie czasu, A liczbę koni parowych silnika (motora), a c stopień regularności ruchu, to wtedy $75\,A$ stanowić będzie pracę maszyny w sekundzie czasu w kilogrammetrach, a $60 \times 75\,\frac{A}{n}$ pracę maszyny przy każdym obrocie.

Praca nagromadzona w kole zamachowém wynosi w przecięciu $0{,}102.\,P.V^2$. Wartość ta proporcyonalna jest pracy $60 \times 70\,\frac{A}{n}$ i wielkości c a więc iloczynowi $60 \times 75\,\frac{Ac}{n}$. Można zatém przyjąć że:

$$0{,}102.\,P.V^2 = 75 \times 60\,\frac{Ac}{n}\,k,$$

gdzie k wyraża spółczynnik zależący od sposobu w jaki działa siła i od oporu. Podług Morina należy brać:

a) dla maszyn parowych bez ekspansyi, gdy trzon korbowy dłuższy jest od korby:

6 razy . . . . $PV^2 = 5230\,\frac{cA}{n}$
5 „ . . . . $PV^2 = 5530\,\frac{cA}{n}$ z wahadłem
4 „ . . . . $PV^2 = 5830\,\frac{cA}{n}$
5 „ . . . . $PV^2 = 5600\,\frac{cA}{n}$ bez wahadła.

b) Dla maszyn działających z ekspansyą, gdy trzon korbowy jest 5 razy dłuższy od korby i zamknięcie stawidła ma miejsce:

	bez kondensacyi	z kondensacyą
Po $^1/_3$ skoku tłoka	$PV^2 = 8166 \frac{cA}{n}$	$PV^2 = 7200 \frac{cA}{n}$
Po $^1/_4$ skoku . .	$PV^2 = 9290 \frac{cA}{n}$	$PV^2 = 7620 \frac{cA}{n}$.

Przykład. Jaki należy dać ciężar kołu zamachowemu przy 18-konnéj maszynie parowéj, kiedy jego średnica wynosi 4 metry, i kiedy robi 30 obrotów w minucie, a stopień regularności równa się 10?

Chyżość obwodowa pierścienia zamachowego $\frac{4^m \times 3{,}14 \times 30}{60} = 6{,}28^m$.

Dla maszyny parowéj bez ekspansyi, bez wahadła, gdy trzon korbowy 5 razy dłuższy od korby:

Ciężar pierścienia zamachowego $5600 \times \frac{40 \times 18}{(6{,}28)^2 \times 10} = 3330$ kilogr.

Że zaś ciężar 1 metra kub. żelaza lanego w przybliżeniu = 7200 kilogr.

Przeto objętość pierścienia . . . . $\frac{3330}{7200} = 0{,}4625$ metr. kub.

Zatém jego przekrój . . . . $\frac{0{,}4625}{3{,}14 \times 4^m} = 0{,}0368$ metr. □

A grubość pierścienia (przy $0{,}22^m$ szerokości) $\frac{0{,}0368}{0{,}22} = 0{,}167$ metrów.

Gdybyśmy jednak kołu zamachowemu przy téj saméj liczbie obrotów dali średnicę średnią 5 metrów zamiast 4 metry, to koło mogłoby być lżejsze w stosunku $4 \times 4 : 5 \times 5$, którego ciężar byłby tylko $3330 \times \frac{16}{25} = 2131$ kil.

c) W kuźnicach (fryszerkach), gdy R oznacza średni promień pierścienia zamachowego:

1) Dla młota czołowego, robiącego 70 do 80 uderzeń na 1 minutę i którego ciężar wynosi:

3000 do 3500 kilogramów . . $P = \frac{20000}{R^2}$

4000 do 4900 „ . . $P = \frac{30000}{R^2}$.

2) Dla młota podrzutowego z przystawką, robiącego uderzeń 100 do 110 w minucie czasu i ważącego 600 do 800 kilogr. $P = \frac{15000}{R^2}$.

3) Dla młota skokowego z przystawką, robiącego uderzeń 150 do 200 w minucie czasu i ważącego 500 kilogr. $P = \frac{9000}{R^2}$, 360 kil. $P = \frac{6000}{R^2}$.

d) Dla walcowni podług Redtenbachera: $P = \frac{1500.\ A.\ T.}{v^2}$ gdzie T wyraża liczbę sekund ile ich potrzeba od chwili spoczynku aż do nadania kołu chyżości obwodowéj V. Wielkość T dla większych sił wodnych równa się zwykle 30, dla średnich 45, a dla mniejszych 60 sekund.

Przykład. Jeżeli siła wody wynosi 40 koni, a koło zamachowe potrzebuje 24 sekund dopóki jego chyżość obwodowa nie dojdzie od 0 do 25 metrów, to ciężar pierścienia zamachowego będzie: $P = \frac{1500 \times 40 \times 45}{(25)^2} = 4320$ kil.

e) Dla tartaków, podług Morina: $P = \frac{30000}{v^2}$ kilogr.; przeciwciężar p dla zrównoważenia ramy i pił $p = \frac{65}{r}$ kilogr., gdzie r znaczy odległość środka ciężkości p od środka koła zamachowego.

353. Regulator odśrodkowy oraz przepustnica. Jakkolwiek przeznaczeniem jest koła zamachowego, pokonywać punkta martwe maszyny parowéj i wszelkie małe nieregularności tłoka i korby usuwać, to przecież jego siła, tylko do pewnéj granicy dochodzi, po za którą większych nierówności, choćby te tylko przez krótki czas trwały, pokonać już nie jest w stanie. Tych jednak niejednostajności ruchu szczególniéj przy rozszerzaniu się (ekspansyi), niepodobna jest uniknąć. Gdy bowiem w skutek ożywionego na ognisku palenia, nastąpi szybkie tworzenie się pary w kotle, a tém samém podniesie się jéj prężenie, to znów w skutek podłożonego świeżego paliwa, a przy tém nieuniknionego na dłuższy czas otwarcia drzwiczek ogniskowych, przez gwałtowne wpływanie świeżego powietrza, wstrzyma się natychmiast promieniowanie cieplika z ogniska, a tém samém prężenie pary w kotle, niepostrzeżenie opada. Bardzo jest widoczném, że często powtarzające się takie zniżanie ciśnienia pary, wpływać musi bardzo niekorzystnie na jednostajność ruchu maszyny parowéj i nie tak łatwo może być kołem zamachowém zregulowane. Ale niekorzystniejszy jeszcze wpływ na regularny bieg maszyny, wywierają ustawicznie zmieniające się opory, jakie maszyna pokonywać ma przeznaczenie.

Aby więc i w takich przypadkach, ruch głównego wału maszyny zrobić regularnym, uciekać się zwykło do innego środka, a mianowicie, w czasie nagłego zwiększania się ciśnienia pary, lub zmniejszenia się oporów, kiedy maszyna za nadto swój bieg przyśpiesza, starać się należy zmniejszyć przypływ pary do komory stawidłowéj; i na odwrót, kiedy się ciśnienie pary w kotle zmniejszy, lub opory zostaną zwiększone, i maszyna bieg opóźnia, starać się należy wpuścić więcéj pary do komory stawidłowéj. W tym celu rura T komunikująca między kotłem i maszyną, jak to Fig. 275 (na str. 388) wyobraża, opatruje się klapą V nazywaną zwykle *przepustnicą*, poruszaną za pomocą regulatora, wprawionego w ruch wprost przez maszynę parową. Oś T przepustnicy V, umocowana jest do drążka złamanego $TSNOH$; punkt obrotu owego drążka znajduje się w O, a drugi koniec H obejmuje widełkowo obrączkę M, która z czworobokiem $MFFG$ złączona, z ramionami tego czworoboku obracać się może współcześnie około osi pionowéj A, nie wprawiając bynajmniéj w ten ruch widełek H. Oba ramiona FG mające wspólny punkt obrotu w G na osi A, przedłużone są zewnątrz i na swych przedłużonych końcach, opatrzone są kulami KK. Teraz łatwo dostrzedz, że z podnoszeniem się i opadaniem kul K, uskutecznia jednocześnie hełza M ruch na dół i do góry, a tém samém drążek NS klapę V przymyka albo otwiéra, czyli że pary wchodzi do komory stawidłowéj mniéj lub więcéj; albo co na jedno wychodzi, że bieg maszyny w pierwszym przypadku wolnieje, a w drugim się zwiększa. Złączywszy oš A regulatora z wałem głównym maszyny parowéj za pomocą struny surowcowéj BB i puściwszy w ruch obrotowy rzeczony regulator, ujrzymy niebawem że kule KK, w miarę zwiększania się szybkości obrotu wału, będą się od siebie oddalać i coraz wyższe stanowisko zajmować. Jaki zaś wywiera wpływ to podnoszenie się lub opadanie kul, na przepustnicę, już to widzieliśmy wyżéj. Przez właściwe zastósowanie regulatora z jednéj, a koła zamachowego z drugiéj strony, dadzą się prawie wszystkie nierówności ruchu maszyny tak uregulować, że obrót wału na którym jest zaklinowane koło zamachowe, i ruch machin warsztatowych, za prawie jednostajne uważane być muszą.

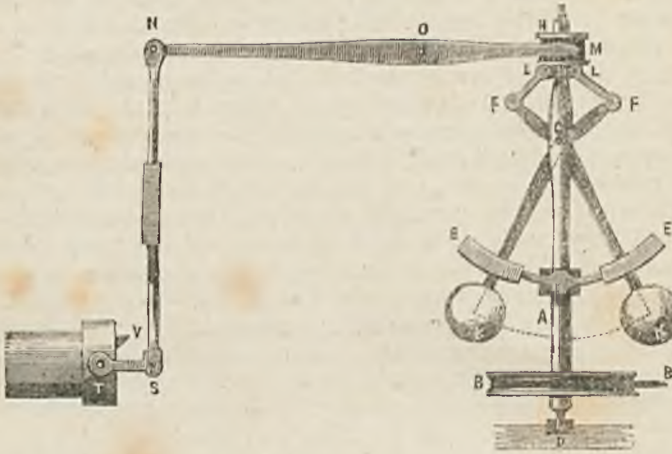


Fig. 275.

Niechaj n oznacza normalną liczbę obrotów regulatora w minucie czasu n' największą liczbę obrotów regulatora, h rzut pionowy ramienia pendułu, P ciężar kuli, i R opór jakiego doznaje regulator w hełży w kierunku pionowym, kiedy ma z normalnego stanowiska podnieść się do góry albo opaść na dół.

Czas, w którym kule robią jeden obrót, wynosi prawie dwa razy tyle, ile potrzebuje pendułe do jednego wachnięcia, jeżeli długość pendułu z wysokością h ramienia regulatora porównamy. Ztąd $h = \frac{894}{n^2}$ metrów.

Ciężar P zawisł od oporu R i od stopnia jednostajności ruchu i podług Redtenbachera powinien wynosić:

$$P = \frac{0{,}5\ R}{\left(\frac{n'}{n}\right)^2 - 1}.$$

Przykład. Regulator maszyny parowéj 30-konnéj przy zwyczajnym ruchu, robi 45 obrotów. Ta liczba może być o 2 obroty większą albo mniéjszą. O ile zmienia się przytém h? jaki ciężar należy dać kulom, jeżeli opór R przyjmiemy równy 5 kilogramów?

Wysokość h przy liczbie obrotów 45—2 . . . $\frac{894}{43^2} = 0{,}483^{\text{m}}$

A taż sama wysokość przy liczbie obrotów 45+2 . . $\frac{894}{47^2} = 0{,}406^{\text{m}}$

Zatém wznoszenie się hełży regulatora $0{,}483 - 0{,}406 = 0{,}077^{m}$

Ciężar jednéj kuli . . $\frac{0{,}5 \times R}{\left(\frac{47}{43}\right)^2 - 1} = \frac{0{,}5 \times 5}{1{,}1946 - 1} = 12{,}7$ kilogr.

354. Wahadło z równoległobokiem Watta. Dla przeniesienia ruchu trzona tłokowego na wahadło, umieścił początkowo Watt odcinek koła zębaty na końcu wahadła, o który zaczepiały zęby drążka zębatego, umieszczonego na końcu trzona tłokowego. Udało mu się wprawdzie tym sposobem, ruch prostolinijny trzona tłokowego przenieść na ruch kołowy wahadła, ale zaczepianie zębów o zęby, sprawiało tak wielkie w całéj maszyneryi wstrząśnienia, że takowe bardzo szkodliwie na ruch maszyny oddziaływały. W r. 1748, udało się dopiéro Wattowi wynaleźć dla tego samego celu, inny, daleko dowcipniejszy mechanizm, odznaczający się nie tylko swoją prostotą, ale także i wielką trwałością i dokładnością, a który to mechanizm od imienia swego wynalazcy nazwany został parallelogramem czyli równoległobokiem Watta, który do dnia dzisiejszego taką nazwę w mechanice zachował.

Niechaj A oznacza oś wahadła, AB, AC, AD jego położenie poziome, najwyższe i najniższe, a CBD łuk wachnięcia balansiera (Fig. 276). Prowadzę cięciwę CmD, dzielę odcinek Bm na dwie równe części i prowadzę przez punkt podziału liniję pionową xy, biorę punkt d na xy i kreślę równoległobok $Cabd$. Tenże sam równoległobok wykreślam dla położenia średniego czyli poziomego, oraz najniższego tegóż wahadła, lecz w taki sposób, aby punkt d

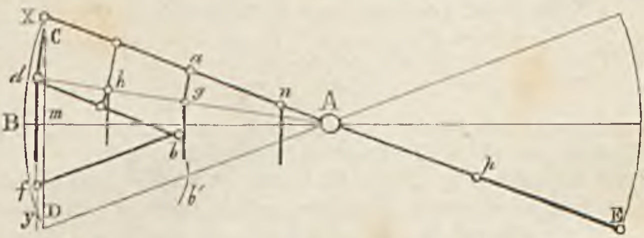


Fig. 276.

znajdował się zawsze na linii prostéj xy. W skutek czego punkt b znajdzie się w trzech różnych położeniach. Obecnie szukam środka dla łuku bb' przechodzącego przez te 3 położenia. W skutek czego linija bf będzie stanowić długość kierownika równoległoboku a punkt f jego oś. Punkt d równoległoboku będzie się tym sposobem poruszał prawie po linii pionowéj, to samo rozumieć się i o innych punktach g, h .... leżących na linii prostéj dA.

Przy maszynie Woolfa przyczepione są następujące trzony do wahadła: w punkcie d trzon tłokowy większego cylindra parowego, w punkcie h trzon tłokowy mniéjszego cylindra parowego, w punkcie g trzon pompy powietrznéj, w punkcie n trzon pompy dla wody gorącéj, w punkcie p trzon pompy dla wody zimnéj, a w punkcie E trzon korbowy, nadający ruch całemu zakładowi.

Przy maszynie nizkiego ciśnienia Watta trzon przy h jest nie potrzebny. Zwyczajnie bierze się następujące wymiary:

$$AC = AE,\ CD = \frac{1}{3}\,CE,\ Ca = Aa,\ Cd = \frac{2}{3}\,Ca,\ An = \frac{1}{5}\,AC,\ Ap = Ep.$$

355. Przenoszenie ruchu za pomocą pasów bez końca. 1) *Stosunek wielkości krążków.* Przenosząc ruch z jednéj osi na drugą za pomocą pasów skórzanych, kauczukowych, lin, sznurów, łańcuchów i t. p. chyżości obwodowe obudwóch krążków (rymszajb) są jednakie, gdy przeciwnie liczba obrotów obu krążków ma się w stosunku odwrotnym ich średnic. Stosunek wielkości krążków jest taki sam jak i przy kołach zębatych.

2) *Tarcie pasów na krążkach.* Podług Morina współczynnik tarcia wynosi:

dla lin konopnych na kołach drewnianych . . . . $r = 0,50$
dla nowych pasów na kołach drewnianych . . . . $r = 0,50$
dla zwyczajnie tłustych pasów na bębnach drewnianych . . . $r = 0,47$
dla wilgotnych pasów na otoczonym krążku żelaz. lanym . . . $r = 0,38$
dla zwyczajnie tłustych pasów na krążku żelaz. lanym . . . $r = 0,28$
dla nasmarowanych pasów . . . . $r = 0,12$.

Im większy jest ten spółczynnik tarcia, tém mniéj będą się pasy ślizgać i nie wymagają wielkiego ich natężenia.

3) *Natężenie pasów.* W stanie spoczynku obie części pasa są jednako natężone. Lecz jak tylko krążek A (Fig. 277) zacznie się poruszać, musi część pasa m wprawić w ruch drugi krążek B, na obwodzie którego jest do pokonania siła P; z tego powodu natężenie części pasa m rośnie, a toż samo natężenie części pasa n maleje, dopóki różnica obudwóch nie stanie się równą sile obwodowéj P. Natężenie T pasa poruszającego m oblicza się podług następującéj formuły:

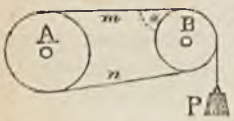


Fig. 277.

$$T = \frac{(2,718)^{a.r}}{(2,718)^{a.r} - 1} . P.$$

gdzie r oznacza powyżéj wskazany współczynnik tarcia, zaś a kąt wyrażony w łuku, pod jakim pas obejmuje obwód mniéjszego krążka B.

Jeżeli osie krążków leżą daleko od siebie, a średnice ich nie bardzo się między sobą różnią, to wtedy pas obejmuje krążek prawie w połowie obwodu; wtedy $a = 3,14$, a ponieważ dla zwyczajnie tłustych pasów $r = 0,28$, przeto $T = 1,71. P.$ Zatém najmniejsze natężenie pasa dla pasów zwyczajnie tłustych w czasie ruchu wynosi:

	Na krążkach żelaz.	Na krążkach drewnianych
W części pasa m . . .	$1,71. P$	$1,29. P.$
W części pasa n . . .	$0,71. P$	$0,29. P.$

Średnie więc natężenie pasów w czasie spoczynku maszyny będzie wynosić przynajmniéj:

Gdy krążki drewniane $= 0,79. P.$ Gdy krążki żelazne $= 1,21. P.$

Ztąd każda oś wywiera ciśnienie na swoje panewki przynajmniéj $1,58. P.$ gdy krążki drewniane, a $2,42. P.$ gdy krążki są żelazne.

4) *Strata siły w skutek natężenia pasów.* Niechaj r oznacza promień wału, R promień krążka, a f spółczynnik tarcia, to tarcie jakie sprawia ciśnienie $2,42. P.$ w panewce $= 2,42. P. f.$ To tarcie ma miejsce na obwodzie wału, a zatém tarcie zredukowane na obwód krążka, dla każdego w szczególe będzie, $2,42. Pf \times \frac{r}{R}$.

Przykład. Niechaj $f = 0{,}06$, $r = 3^{cm}$, $R = 18^{cm}$, to siła zabsorbowana przez natężenie pasów przynajmniéj wyniesie·

$$2{,}42 .\ P \times 0{,}06 \times \frac{3}{18} = 0{,}0242 .\ P.$$

t. j. natężenie pasów na tym krążku pociąga za sobą stratę przeniesionéj siły, najmniéj 2,42 procentów.

5) *Niegiętkość pasów skórzanych.* Niechaj h wyraża grubość pasa skórzanego, E zamiennik (moduł) sprężystości skóry, R i $R_{,}$ promienie krążków, a p siłę jaką pas na jednostkę swojego przekroju przenosi, to stosunek zachodzący między siłą pochłonioną przez pas a siłą przeniesioną będzie wynosił:

$$= \frac{Eh^2}{24 . p}\left(\frac{1}{R^2} + \frac{1}{R_{,}^2}\right).$$

Przykład. Gdy $R = 10^{cm}$, $R_{,} = 20^{cm}$, $h = 0{,}5^{cm}$, $p = 12^{k}$, $E = 1000^{k}$, to ten stosunek wyniesie:

$$\frac{1000 \times 0{,}5^2}{24 \times 12}\left(\frac{1}{100} + \frac{1}{400}\right) = 0{,}011,$$

t. j. że niegiętkość pasów pochłania 1,1 procentów przeniesionéj siły.

6) *Szerokość pasów.* Niechaj szerokość pasa $= b^{cm}$, grubość pasa $= 0{,}4^{cm}$, natężenie pasa na $1^{cm}\square$ przekroju $= 25$ kilogr., a natężenie poruszającéj części pasa m (patrz wyżéj Fig. 277) $= 1{,}71\ P$, to otrzymamy:

$$b \times 0{,}4 \times 25 = 1{,}71 .\ P.$$

Daléj niechaj A wyraża liczbę koni parowych jaką pas przenosi, a v jego chyżość, to w miarach metrycznych otrzymamy: $Pv = 75\ A$.

Pomnożywszy te obie formuły, otrzymamy:

$$\text{Szerokość pasa skórzanego } b = 13 \frac{A}{v} \text{ centymetrów.}$$

Dla pasów nawiniętych na krążkach drewnianych, może szerokość pasa wynosić tylko $\frac{13}{17}$ powyżéj wskazanéj szerokości.

Jeżeli skóra jest cienka, lub, gdy pas obejmuje mniéj niż połowę obwodu krążka, to szerokość pasa należy odpowiednio powiększyć.

Również pas musi być stosunkowo szerszy, gdy krążek jest mały lub gdy wypukłość $a\ b$ jego obwodu jest wielka (Fig. 278). Gdyż w obudwu razach na stronie wypukłéj pasa, to jest na samym wierzchu wypukłości krążka tworzy się wielkie natężenie, w skutek czego łatwo się pas rysuje, co wytrzymałości jego bardzo szkodzi.

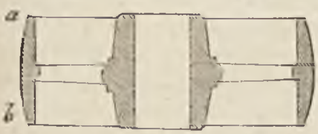


Fig. 278.

Przykład. Jaka winna być szerokość pasa, mającego zadanie przenosić skutek $3\,^1/_2$ koni parowych za pomocą krążka 0,6 metra średnicy, gdy tenże robi 75 obrotów w jednéj minucie?

$$\text{Chyżość obwodowa krążka na sek. } \frac{0{,}6^{m} \times 3{,}14 \times 75}{60} = 2{,}36^{m}.$$

$$\text{Potrzebna więc szerokość pasa } b = 13 \times \frac{3{,}5}{2{,}36} = 19{,}2 \text{ centymetrów.}$$

7) *Granice szerokości pasów.* W praktyce używane pasy, mają pospolicie szerokość od 4 do 22 centymetrów. Jeżeli są węższe od 4 centym. to łatwo zsuwają się z krążków; jeżeli zaś podług powyższéj formuły wypadają szersze nad 22 centym., to należy powiększyć chyżość obwodową krążka w taki sposób, że albo się powiększa średnicę krążka lub téż jego liczbę obrotów, lub téż dają się pasy dubeltowe.

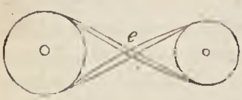


Fig. 279.

8) *Krzyżowanie pasów.* W skutek krzyżowania pasów, zmienia się kierunek ruchu. Skrzyżowane pasy obejmują większe części łuku, niż pasy otwarte; dla tego téż ich natężenie wypada mniéjsze. Tego rodzaju pasy w skutek tarcia, zużywają się nieco na miejscach zetknięcia. Figura 279 przedstawia taki pas skrzyżowany w punkcie *e*.

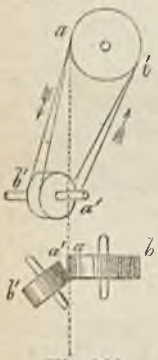


Fig. 280.

9) *Kierunek ukośny pasów.* Jeżeli osi obu krążków na które pas ma być założony nie są równoległe, to owe krążki muszą być w taki sposób ustawione, ażeby pas nie spadł. Niechaj *a b* (Fig. 280) będzie krążkiem poruszającym, zaś *a' b'* krążkiem poruszanym, w punktach *b b'* pasy nabiegają (auflaufen), zaś w *a a'* wybiegają (auslaufen). Jeżeli przez środek krążków *a b* i *a' b'* prostopadle do osi każdego krążka poprowadzimy płaszczyzny, to te 2 płaszczyzny przetną się z sobą i wtedy stać będą krążki prawidłowo, gdy ta linija przecięcia czyli ślad *a a'* owe krążki na miejscach wybiegania dotknie. Wtedy to pójdzie pas z punktu *a* prostopadle do osi dolnéj i trafi na środek obwodu krążka dolnego, tudzież pójdzie pas z *a'* prostopadle do górnego krążka i trafi na środek jego obwodu. (Przedmiot ten obszernie traktują pp. Moll i Reuleaux w swojem dziele: *Constructionslehre für den Maschinenbau*, Braunschweig, 1854, str. 537 i następne).

10) *Wypukłość obwodów krążkowych.* W ogóle nie daje się teraz obwodom krążków formy cylindrowéj, ale daje się im słabą ku środkowi symetrycznie podnoszącą się wypukłość, jak to Fig. 281 wskazuje. W skutek takiéj wypukłości krążka, pas zawsze utrzymuje się w środku, nawet gdy go się posunie na bok, natychmiast sam przez się najwyższe położenie owéj wypukłości zajmuje. Przyczynę tego zjawiska, objaśnić można w sposób następujący: Jeżeli pas znajduje się na jednéj stronie wypukłości (Figura 281) swego krążka, to brzeg *m n* pasa jest daleko więcéj wyciągnięty czyli natężony niżeli brzeg *o p*, tak, że siłę wypadkową natężeń w miejscu *r* nabiegania pasa, nie w jego środku, lecz w blizkości brzegu *m n*, niejako w punkcie *s* można sobie wystawić. Zaś co do części pasa *m o* znajdującego się na wierzchołku krążka, tarcie pasa sprawia, że część na nim leżąca *m o*, prawie jednostajnie jest natężona, tak że wypadkowa natężeń znajduje się prawie w środku pasa *m o* czyli w punkcie *q*. Wypadkowa więc natężeń pomiędzy *s* i *q* zawarta, im

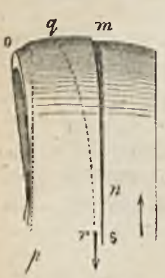


Fig. 281.

bardziéj oddala się od r tym bardziéj do o się zbliża, tak że sobie można wyobrazić liniję wypadkową natężeń pasa, przez liniję krzywą $r\ q$. Linija wypadkowa natężeń zastępuje tutaj liniję środkową pasa, o ile sobie pas wyobrazić można symetrycznie podzielony po obu jéj stronach, i ztąd to pochodzi że przy obrocie krążka po kierunku strzałki, linija środkowa natężeń dotąd się śrubowo na krążku poruszać musi, dopóki wszystkie siły wypadkowe nie znajdą się w środku pasa. I taki właśnie wypadek ma miejsce, gdy pas znajduje się na środku obwodu krążka.

356. **Przeprowadzenie ruchu za pomocą lin drucianych.** Do rozprowadzania ruchu na wielkie odległości, używa się zamiast pasów skórzanych, lin przyrządzonych z drutu systemu Hirna. Dla zaoszczędzenia liny, robi się obwody krążków drewniane, a wklęsłość w którćj lina biega wykłada się skórą. Jeżeli obwód krążka jest żelazny lany, to należy rowek w którym lina chodzi, grubą warstwą guttaperki wyłożyć. Obliczenie jest następujące:

1) *Natężenie liny.* Ponieważ żelazo posuwa się po skórze, zatém tarcie pomiędzy liną a krążkiem jest prawie to samo, co pomiędzy pasem skórzanym a krążkiem. Gdy jednak długie części liny swobodnie wiszące, w skutek podwyższenia się temperatury rozciągają się cokolwiek, przeto téż natężenie nowozakładającéj się liny, musi być wielkie. Niechaj A wyraża liczbę koni parowych mających się przenieść, P siła ztąd wynikająca, przedstawiająca opór na obwodzie poruszanego krążka, wyrażona w kilogramach, v chyżość liny drucianéj na 1 sekundę w metrach, to natężenie liny w stanie spoczynku powinno się równać 1,5 P, w stanie ruchu dla części liny poruszającéj $= 2\ P$, a dla poruszanéj $= P$. Wszelako ponieważ $P\,v = 75\ A$ praca w kilogrammetrach, mająca być przeniesiona w sekundzie czasu, zkąd wypada:

$$(1) \qquad P = 75\ \frac{A}{v}.$$

Zatém przy danéj pracy natężenie liny, jako téż i grubość liny wypadają wielkie, jeżeli się lina wolno porusza. Aby lina była lekką, powinna jéj chyżość być wielką, co się otrzymuje, że średnice krążków i liczba ich obrotów, dają się wielkie.

2) *Wygięcie się drutu.* Gdy się drut nawija na krążek, to włókna na stronie wypukłéj łuku rozciągają się. Siła wywołująca to rozciąganie na $1^{cm}\ \square$ przekroju nazywa się *natężeniem zgięcia.*

Niechaj d, D będą średnicami drutu i krążków, zaś e zamiennikiem (modułem) sprężystości drutu, to

$$(2) \qquad \text{Natężenie zgięcia} = e\ \frac{d}{D}.$$

Rozciągnięcie i natężenie zgięcia razem wziąwszy, nie powinny 1600 kil. na $1^{cm}\ \square$ przenosić. Dając natężeniu wyciągnięcia najmniéjszą wartość t. j. 400 kilogr., to natężenie wygięcia otrzyma wtedy najwyższą swą wartość 1200 kilogr., a że $e = 2000000$ kilogr., ztąd wypada, że

$$2000000\ \frac{d}{D} = 1200;\ \frac{d}{D} = \frac{1}{1666};$$

t. j. najmniéjsza dopuszczalna średnica krążków, powinna być przynajmniéj 1666 razy większa, od grubości drutu.

3) *Trwałość liny drucianéj.* Za każdym obiegiem liny, przechodzi natężenie drutów od małych wartości do większych i odwrotnie. Ztąd druty na

przemian przedłużają się i skracają. Tym wydłużeniom i skróceniom odpowiadają *stałe natężenia.*

Niechaj s będzie summą natężenia w rozciąganiu i zgięciu, L odległością między sobą krążków, zaś c ilością stałą z doświadczenia wziętą dla drutu żelaznego $= 0{,}12$, jeżeli codzień 12 godzin pracuje; to trwałość liny drucianéj będzie $= \frac{e}{s} \times \frac{L}{v} \times \frac{D}{d}$ liczbie lat.

Liny niszczy się przeto wkrótce, gdy chyżość v, grubość drutu d i natężenie s są bardzo wielkie, a zaś odległość pomiędzy krążkami i średnica krążków są ilościami małemi. Jeżeli lina ma być trwałą, to musi się składać z wielu cienkich drutów i powoli przesuwać się po wielkiéj średnicy krążkach. Niektórzy konstruktorowie podają, że odległość pomiędzy dwoma krążkami, od 30 metrów mniejszą być nie powinna, jeżeli lina ma na dłuższy czas wystarczyć. Nie jest jednak owo prawidło rzetelném. Z poprzedniéj formuły widzimy, że odległość L pomiędzy krążkami, może być małą jak się podoba, jeżeli tylko inne cztery wielkości D, d, v, s są należycie wziętemi.

Przykład urządzenia dobrego.

Niechaj L 120^m, $D = 300^{cm}$, $d = 0{,}1^{cm}$, $s = 900^k$, $v = 4^m$, to otrzymamy dla $c = 0{,}12$.

$$\text{Trwałość} = \frac{0{,}12}{900} \times \frac{120}{4} \times \frac{300}{0{,}1} = 12 \text{ lat.}$$

Przykład urządzenia niekorzystnego.

Weźmy $L = 30^m$, $D = 150^{cm}$, $d = 0{,}15^{cm}$, $s = 1600^k$, $v = 9^m$, to dla $c = 0{,}12$.

$$\text{Trwałość w latach} = \frac{0{,}12}{1600} \times \frac{30}{9} \times \frac{150}{0{,}15} = 0{,}25.$$

Lina więc pierwsza może pracować 48 razy dłużéj, aniżeli druga.

4) *Wygięcie się liny.* Obie części liny drucianéj przyjmują kształt linii łańcuchowéj, ponieważ jednak te wygięcia nigdy nie są wielkie, można więc ową linię łańcuchową jako parabolę uważać, któréj wierzchołek leży w punkcie najniższym.

a) W y g i ę c i e p r z y k r ą ż k a c h j e d n a k i é j ś r e d n i c y i r ó w n o w z n i e s i o n y c h. Niechaj BDB' (Fig. 282) wyobraża część liny w stanie spoczynku, więc natężenie BF liny w kierunku stycznéj BE do liny $= 1{,}5$ P. Rozkładając siłę BF na siłę poziomą i pionową, to siła pionowa BH będzie równa ciężarowi połowie górnéj części liny t. j. BD. Na zasadzie własności paraboli $CD = DE$. Jeżeli a znaczy połowę odległości pomiędzy osiami krążków, czyli bardzo blizko BC, p ciężar części liny długości a, zaś h strzałę wygięcia DC, to będzie: $CE : BE = BH : BF$, lub $2h : \sqrt{a^2 + 4h^2} = p : 1{,}5\, P$. zkąd $h\sqrt{9.P^2 - 4p^2} = ap$. W niektórych przypadkach można p^2 ze względu na P^2 zupełnie opuścić, a wtedy otrzymamy wygięcie:

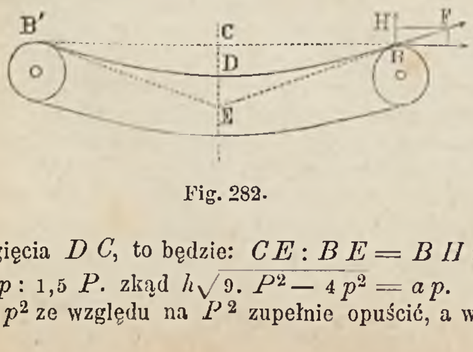


Fig. 282.

$$(3) \quad h = \frac{ap}{3\,P}.$$

W czasie ruchu można za $3\,P$ podstawić: dla części pociągającéj $4\,P$, a dla pociąganéj $2\,P$. Jeżeli zupełnie nowa lina na krążkach założona została i przedstawia wygięcie, jakie ze wzoru (3) wypada, to lina ta będzie miała właściwe natężenie. Jeżeli zaś przedstawia większe wygięcie, w takim razie natężenie liny jest za małe i teraz zaraz lub po krótkiem użyciu będzie się na krążkach ślizgać. Jeżeli zaś lina ma mniejsze wygięcie, to niepotrzeba zbytecznie natężać liny. Ważném jest przeto dokładne oznaczenie wygięcia się liny.

b) W y g i ę c i a p r z y n i e r ó w n é j ś r e d n i c y k r ą ż k ó w i w r ó ż n y c h w y s o k o ś c i a c h u s t a w i o n y c h. Rysuje się na wielką skalę krążki i ich wzajemne do siebie położenie, wykreśla się krzywiznę paraboliczną liny $BDEF$ od oka Fig. 283, i prowadzi się linię poziomą BE, to pod tą linią na linii pionowéj przechodzącéj przez jéj środek, leżeć będzie wierzchołek D paraboli. Teraz należy zmierzyć $B\,C$ i obliczyć ztąd p, a podług formuły (1) wielkość $h = C\,D'$. Następnie rysuje się parabolę przechodzącą przez B, któréj wierzchołek leży w D', jeżeli idąc w prawo przechodzi przez F, to długość $B\,C$ i zależące od niéj p są odpowiednio wybrane. Jeżeli pójdzie przez F' lub F'', wtedy $B\,C$ należy wziąć cokolwiek większe albo mniéjsze i wykonanie powtórzyć.

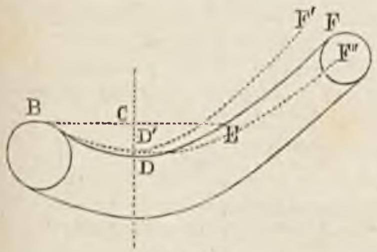


Fig. 283.

5) *Krążki przewodnicze.* Jeżeli odległość pomiędzy krążkami jest bardzo wielka, to wtedy lina za bardzo się wygina. W takich wypadkach daje się oddzielne krążki przewodnicze czyli podpórki. Dla części liny poruszającéj daje się podpórki téj saméj średnicy co i krążków poruszających; zaś dla części liny poruszanéj jako słabiéj natężonéj, średnica podpórek może być mniéjsza. Takie krążki przewodnicze czyli podpórki mogą służyć zarazem jako krążki natężenia, gdyż przez podniesienie lub opuszczenie takowych, można nadać linie odpowiednie natężenie.

6) *Wpływ temperatury.* Przypuśćmy, że lina w średniéj temperaturze roku 10^0 C. posiada normalne czyli właściwe swe natężenie. Jeżeli temperatura w lecie podniesie się do 35^0, a w zimie opadnie do -15^0, to różnica wynosić będzie 25^0. Wiadomo zaś że przy zmianie temperatury o 1^0 żelazo przedłuża się lub skraca na długości 1 metra o 0,0000123 metra, a zatém długość a przy zmianie temperatury o 25^0, zmieni swoją długość o $0{,}0003075.\,a$ metrów. Przy średniéj temperaturze niechaj wygięcie liny $= h$, przy $+ 35^0$ lub $- 15^0$ niechaj to wygięcie będzie $= x$, to połowa długości liny $B\,D$ ponieważ się wraz z cięciwą zmienia, w pierwszym razie będzie $= \sqrt{a^2 + h^2}$, a w drugim razie $= \sqrt{a^2 + x^2}$. Druga jednak wartość jest o $0{,}0003075.\,a$ większa lub mniéjsza od pierwszéj; otrzymamy więc dla oznaczenia wartości na x następujące równanie:

$$(4) \quad \sqrt{a^2 + x^2} = \sqrt{a^2 + h^2} \pm 0{,}0003075.\,a\,.$$

Przykład. Lina druciana ma przenieść siłę 20 koni parowych na odległość 72 metrów; jakże się więc postępuje?

Chyżość liny w sekundzie przyjmujemy . . . . $= 12^m$

Siła na obwodzie (wzór 1) . . . . . $P = 75 \times \frac{20}{12} = 125$ kil.

Natężenie części liny poruszającéj . . . . $2 \times 125 = 250$ „

Przekrój wszystkich drutów (600^k na $1^{cm}\square$) . . . $\frac{250}{60} = 0{,}4167^{cm}\,\square$

Przekrój jednego drutu, przy 36 drutach . . . . $= 0{,}01157$ „

Średnica jednego drutu . . . . $= 0{,}121^{cm}$

Średnica liny, w przybliżeniu 10 razy większa od śred. drutu $= 1{,}21^{cm}$

Średnica krążków w przypuszczeniu . . . . $200 \times 1{,}21 = 242^{cm}$

Liczba obrotów krążków w minucie . . . . $\frac{60 \times 12}{2{,}42 \times 3{,}14} = 94{,}7$

Waga 1 centymetra kub. drutu żelaznego . . . . $= 0{,}0078$ kil.

Waga nieskręconéj liny 36^m długiéj $3600 \times 0{,}4167 \times 0{,}0078 = 11{,}7$ kilogr.

Waga liny skręconéj, 36^m długiéj, około $1{,}1 \times 11{,}7$ . . $= 12{,}87$ „

Wygięcie się liny w stanie spoczynku (wzór 3) $\frac{36 \times 12{,}87}{3 \times 125} = 1{,}23^m$

Wygięcie liny poruszającéj . . . . $\frac{3}{4} \times 1{,}23 = 0{,}92^m$

Wygięcie liny poruszanéj . . . . $\frac{3}{4} \times 1{,}23 = 1{,}845^m$

Wziąwszy dla $a = 36^m$, $h = 1{,}23^m$, podług wzoru 4-go mamy:

$$\sqrt{1296 + x^2} = \sqrt{1296 + 1{,}5129} + 0{,}01107.$$

$$\text{W lecie } \sqrt{1296 + x^2} = 36{,}03208, \quad x = 1{,}52^m$$

$$\text{W zimie } \sqrt{1296 + x^2} = 36{,}00994, \quad x = 0{,}84^m$$

zatém średnie natężenie liny w lecie $\frac{0{,}84}{1{,}23} = 0{,}69$ zaś w zimie $\frac{1{,}52}{1{,}23} = 1{,}24$ zbacza od normalnego natężenia przy 10^0 temperatury. Widzimy ztąd, że krążki tak należy ustawiać, aby w lecie więcéj a w zimie mniéj natężenia można było dawać.

7) W Szafhuzie w pobliżu lewego brzegu rzeki Renu, znajdują się trzy turbiny, każda o skutku 200 koni parowych. Ta siła przeprowadzona jest na prawy brzeg Renu za pomocą dwóch lin drucianych.

Odległość krążków od siebie wynosi $117{,}6^m$; średnica ich $4{,}5^m$; liczba drutów składających jedną linę 80; grubość liny $2{,}79^{cm}$; wygięcie liny poruszającéj (dolnéj) $1{,}8^m$; liczba obrotów krążków na minutę 80; zatém chyżość liny na sekundę $21{,}2^m$. Liczne liny na prawym brzegu Renu rozprowadzają potrzebną siłę rozmaitym zakładom przemysłowym.

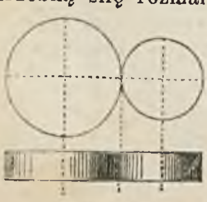


Fig. 284.

357. Koła zębate. 1) *Wiadomości ogólne.* Koła zębate, jak to już wiemy (§ 217, str. 171), mają za cel ruch obrotowy jednego wału, przenieść na wał drugi.

Figura 284 przedstawia dwa walce, których osie są od siebie równoległe, a których powierzchnie obwodowe spotykają się z sobą. Jeżeli jeden z tych walców będzie się obracał, to i drugi walec przy odpowiedniém tarciu powierzchni obwodowych, także się obracać musi, i oba obwody, jednakową chyżość posiadać będą.

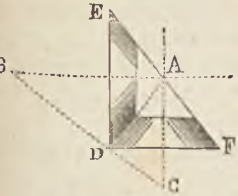


Fig 285.

Figura 285 przedstawia dwa stożki, stykające się ze sobą swymi obwodami wzdłuż linii AD, których wierzchołki zbiegają się z sobą w jednym punkcie A. Jeżeli jeden z tych stożków będzie w ruch wprawiony, to i drugi poruszać się będzie. Przytém obwody DE i DF w czasie obrotu, posiadać będą jednaką chyżość.

Jeżeli zaś teraz walec i stożek przemienią się na koła zębate, to zęby kół walcowych (czołowych) obracać się będą równolegle względem swoich osi, zaś zęby kół stożkowych (kątowych) w kierunku przecięcia się osi w punkcie A. Oba koła walcowe, które się ze sobą stykają i równe posiadają chyżości, zowią się *kołami działowemi.* U kół zaś stożkowych obwody podstaw DE i DF uważają się jako *koła działowe.* Ilekroć razy mówi się o promieniu koła zębatego, to zawsze rozumieć należy koło działowe. Podzieliwszy koło działowe na tyle części ile koło ma posiadać zębów, to każda z owych części nazywać się będzie działem.

2) *Forma zębów.* Zęby kół wzajemnie się zaczepiających powinny być takie, aby koła ich działowe miały zawsze jednozgodną chyżość; jak również aby zaczepianie się zębów, odbywało się bez wstrząśnień. Tym warunkom można tylko zadosyć uczynić, nadając zębom właściwie obraną formę.

a) *Zazębienie kół walcowych.* Konstrukcya pierwsza. Bierze się formy zęba jednego koła od oka, a formę zębów drugiego koła rysuje się w sposób następujący: Wycina się albo w naturalnéj wielkości, albo też na mniejszą skalę formę zębów jednego koła A (Figura 286) na sztywnym kawałku papieru; kładzie się takowy na drugim kawałku B, tak, się oba koła działowe CG i CF ze sobą stykały; mocuje się oba kawałki w punktach A i B za pomocą szpilek do deski pod spodem leżącéj

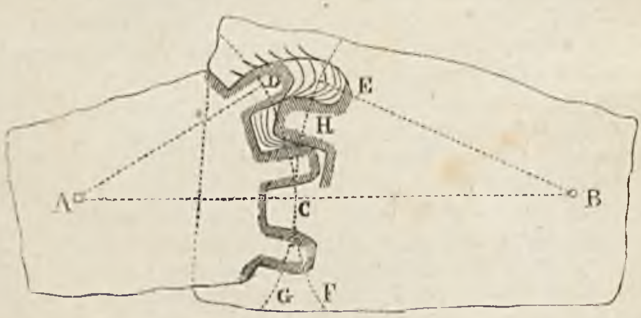


Fig. 286.

i obraca się je tak, aby w pierwszém położeniu promienie AD i BE znajdowały się na jednéj linii prostéj, następnie obwodzi się ołówkiem wycięte zęby, przenosząc je tym sposobem na papier pod spodem leżący; następnie obraca się oba kawałki papieru około swych osi A i B dopóty, aż póki obadwa koła działowe nie posuną się o jednakową odległość; teraz znów określają się ołówkiem zęby na szablonie wycięte i powtarza się ten obrót dopóty, dopóki się nie utworzy stała forma zębów na papierze pod spodem leżącym. Tym sposobem utworzy się forma zęba *H* drugiego koła. Pozostaje jeszcze potém o tyle zmniejszyć grubość zęba *H*, ile gra między zębami tego koniecznie wymaga. Ten sposób postępowania może być użyty dla zazębień tak zewnętrznych jako też wewnętrznych, tudzież dla sztang zębatych.

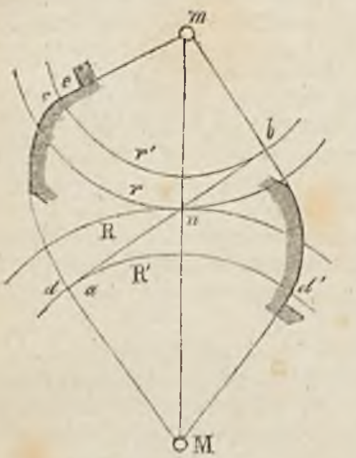


Fig. 287.

Konstrukcya druga, za pomocą rozwijalnéj koła. Niechaj *M* i *m* będą środkami kół działowych obudwóch kół zębatych, Fig. 287, *n* niechaj będzie punktem ich zetknięcia, zaś *R* i *r* promieniami kół działowych. Przez punkt *n* prowadzimy linię prostą *a b* przecinającą linię środkową *M m* pod kątem ostrym. Z punktów *M* i *m* prowadzę linije prostopadłe *M a* i *m b* i z tychże punktów *M* i *m* zataczam koła promieniami *M a* i *m b*, to promienie tych kół *R'* i *r'* mają się do siebie jak promienie kół działowych, a to z powodu podobieństwa trójkątów *M a n* i *m b n*.

Teraz od *a* do *b* wytężamy nitkę, przecinamy ją w punkcie *a* a następnie obwodzimy ją po okręgu koła *b c*, to jéj koniec *a* opisze rozwijalną koła *a c*. (Obacz § 68, na str. 45). Jeżeli zaś tę nitkę utniemy w punkcie *b* i obwiedziemy ją po obwodzie koła *a d*, to punkt *b* opisze nam rozwijalną koła *b d*.

Rysując zęby podług takiéj krzywéj, to spełnia się następujący warunek: dwa zęby zaczepiające o siebie spotkają się w punkcie leżącym zawsze na linii prostéj *a b*. Tym sposobem chyżość obwodowa obu kół *R'* i *r'* w każdéj chwili jest jednakową, a więc i kół działowych *R* i *r*. Jeżeli podeszwa zęba wypadnie wewnątrz jednego z kół *R'* i *r'*, jak np. przy *c e*, to daje się temu wcięciu *c e* kierunek promienia koła. Od nachylenia linii prostéj *a b* do linii środkowéj *Mm* zależną jest długotrwałość zachwytu. Koła zębate o jednakim dziale i opatrzone zębami rozwijalnéj koła, posiadają zawsze zachwyt (Eingriff) właściwy, o ile w tych kołach linije *n b* i *n a* względem linii środkowéj są jednako nachylone, t. j. o ile promienie *R'* i *r'* na których nawijają się nitki, mają się do siebie jak *R* i *r*, kół działowych. Dla tego jest najstósowniéj kierunek linii prostéj dla wszystkich kół o jednakim dziale obrać jednaki. Zwykle daje się kątowi $b\,m\,n = a\,M\,n = 15$ stopni. Odległość osi dwóch kół mających zęby z rozwijalnych kół powstałe, można cokolwiek zmieniać, nie psując przez to dobrego zachwytu. Zmienia się tylko przez to długotrwałość zachwytu.

Konstrukcya trzecia, za pomocą łuków koła. Linije krzywe, stanowiące granice zęba, ściśle biorąc nie stanowią łuków koła; mogą być jednak w przybliżeniu zastąpione łukami, jeżeli tylko promienie tych krzywizn właściwie dobranemi zostały.

Jeżeli utworzymy wewnętrzną część zęba z promieni, zbiegających się w środku koła, wzmacniając je nieco u podeszwy, to średnice krzywizn podług Redtenbachera można znaléźć w następującéj tablicy:

Stosunek promieni kół	Promień krzywizny zęba dla koła mniéjszego		Promień krzywizny zęba dla koła większego	
	koło walcowe	koło kątowe	koło walcowe	koło kątowe
1 : 1	0,75	0,75	0,75	0,75
5 : 4	0,72	0,70	0,77	0,80
4 : 3	0,71	0,68	0,79	0,82
3 : 2	0,70	0,65	0,80	0,85
2 : 1	0,67	0,60	0,83	0,90
3 : 1	0,63	0,55	0,87	0,94
4 : 1	0,60	0,53	0,90	0,97
5 : 1	0,58	0,52	0,92	0,98
10 : 1	0,55	0,51	0,95	0,99
∞ : 1	0,50	0,50	1,00	1,00

Środki łuków znajdują się na kołach działowych. Promienie krzywizn, podług tablicy, leżą między $^3/_4$ i $^1/_2$, dla kół większych między $^3/_4$ i 1 działu. Nieskończenie wielki promień odpowiada sztandze zębatéj. Summa obudwóch promieni krzywizn równa się $1\,^1/_2$ razy wziętemu działowi.

Przykład. Niechaj promienie kół wzajemnie się zaczepiających będą $1{,}5^m$ i $0{,}8^m$, a dział 7 centymetrów. Jakie należy dać promienie krzywiznom zębów?

Stosunek promieni jest następujący: 1,5 : 0,8 lub 1,87 : 1 zbliżający się w tablicy do stosunku 2 : 1. Dla tego ostatniego otrzymamy promień krzywizny:

dla większego koła $= 0{,}83 \times 7^{cm} = 5{,}81^{cm}$
dla małego koła $= 0{,}67 \times 7^{cm} = 4{,}69^{cm}$.

b) *Zazębianie kół stożkowych (ostrokręgowych).* Niechaj ED i FD będą podstawami ostrokręgów ściętych (Fig. 285), służącemi za formę zasadniczą dla trybów kątowych, to ich obwody przedstawiać będą koła działowe, a ich promienie, promienie trybów. Poprowadźmy BC przez D prostopadle do boku DA ostrokręgu i wyobraźmy sobie że trójkąt ADB obrócił się około osi AB, to linija DB utworzy powierzchnię ostrokręgu, na któréj należy narysować formę zębów. Ten stożek którego bokiem jest DB nazywa się stożkiem czyli ostrokręgiem *pomocniczym.* Drugiemu zaś kołu odpowiada stożek pomocniczy z bokiem DC. Obecnie rozwińmy obie powierzchnie stożków pomocniczych i uczyńmy z nich powierzchnie płaskie, to na nich będziemy mogli narysować formy zębów, tak samo, jak dla trybów walcowych, mających za promienie DB i DC.

Fig. 288.

3) *Wymiary zębów.* Ponieważ zęby uważać można za graniastosłupy (Pryzmy), których jeden koniec jest stale na obwodzie koła utwierdzony, a drugi zaś obciążony, przeto należy je obliczać wedle następującéj formuły:

$$P = \frac{R}{6} \times \frac{a^2 b}{h}\ ;\ \text{gdy:}$$

P wyraża ciśnienie na ząb, R spółczynnik wytrzymałości, a grubość zęba, b szerokość zęba, a h jego wysokość.

A. Zęby żelazne lane dla kół transmissyjnych. Takie koła nazywają się transmissyjnemi, które przenoszą skutek większych sił wodnych, parowych i t. d. Dla takich kół służą stosunki następujące:

Szerokość zębów	5—7	razy grubość
Wysokość zębów	$\frac{3}{2}$	,,
Wysokość po nad kołem działowém . . .	$\frac{4}{6}$	,,
Wysokość pod kołem działowém	$\frac{5}{6}$	,,
Gra dwóch zachwycających się zębów . .	$\frac{1}{10}$	,,
Odległość zębów na kole działowém . . .	1,1	,,
Dział	2,1	,,

Zębom kół o wielkiéj chyżości, daje się nieco większą grubość. Grubość zresztą zębów zawisłą jest od rozmaitych szkodliwych oporów i od chyżości obwodowéj kół, a wpływ szkodliwych skutków rośnie w stosunku kwadratów z chyżości. Ciśnienie więc na 1^{cm} □ powinno wynosić:

a) dla lekkich kół transmissyjnych o umiarkowanéj chyżości i jednostajnym biegu, jak przy transmissyach fabrycznych 250 kilogr.

b) dla cięższych kół transmissyjnych, o większéj chyżości i spokojnym biegu, jak przy transmissyach fabrycznych 180 ,,

c) dla bardzo ciężkich kół, przy uderzeniach, jak w kuźnicach (fryszerkach) i walcowniach . . . . . . 80—100 ,,

Pospolicie ciśnienie P pomiędzy zębami kół transmissyjnych jest niewiadome, ale za to znane są skutek mechaniczny jaki przenoszą, i liczba obrotów jaką robią w minucie czasu. Pomnożywszy formułę chyżości i siły przez siebie (§ 265, ustęp 5) i wstawiwszy D za $2\,R$, otrzymamy:

$$P = 143240 \times \frac{A}{D.\,n},$$

gdzie D oznacza średnicę w centymetrach, n liczbę obrotów w minucie, zaś A liczbę przenoszonych koni parowych.

Wstawiając za $h = 1{,}5.\,a$, $b = 6\,a$, otrzymamy z dwóch poprzednich formuł:

dla lekkich kół transmissyjnych ($R = 250$ kilogr.)

$$a = 0{,}0775\sqrt{P} \qquad a = 32{,}1\sqrt{\frac{A}{D\,n}}.$$

dla ciężkich kół transmissyjnych ($R = 180$).

$$a = 0{,}10\sqrt{P} \qquad a = 37{,}8\sqrt{\frac{A}{D\,n}}.$$

Podobne wzory można otrzymać przy stosunkach $b = 5a$ i $b = 7a$. Podług tych formuł, obliczone zostały następujące tablice:

Tablica grubości zębów żel. lanych dla kół transmissyjnych lekkich o spokojnym biegu.

Grubość zęba a	Zęby 5 razy szersze od swojéj grubości		Zęby 6 razy szersze od swojéj grubości		Zęby 7 razy szersze od swojéj grubości	
	Ciśnienie na ząb P	Wartość $\frac{A}{Dn}$	Ciśnienie na ząb P	Wartość $\frac{A}{Dn}$	Ciśnienie na ząb P	Wartość $\frac{A}{Dn}$
1,4^{cm}	235 kil.	0,0019	—	—	—	—
1,6	336	0,0024	427 kil.	0,0023	—	—
1,8	450	0,0031	540	0,0038	630 kil.	0,0044
2,0	555	0,0039	667	0,0046	778	0,0054
2,2	672	0,0047	807	0,0056	940	0,0066
2,4	800	0,0056	960	0,0067	1123	0,0078
2,6	939	0,0065	1127	0,0079	1313	0,0092
2,8	1089	0,0076	1307	0,0091	1523	0,0106
3,0	1247	0,0087	1500	0,0105	1750	0,0122
3,2	1422	0,0099	1707	0,0119	1991	0,0139
3,4	1605	0,0112	1927	0,0134	2286	0,0157
3,6	1800	0,0126	2160	0,0151	2519	0,0176
3,8	2005	0,0140	2407	0,0168	2796	0,0195
4,0	2222	0,0155	2667	0,0185	3110	0,0217
4,2	2450	0,0171	2940	0,0206	3429	0,0239
4,4	2689	0,0189	3227	0,0225	3763	0,0263
4,6	2983	0,0205	3527	0,0246	4113	0,0287
4,8	3204	0,0223	3840	0,0268	4479	0,0313

Przykład. Koło zębate przenosi siłę 10 koni parowych z chyżością obwodową 1,5^{m}. Jak grube należy dać zęby kołu trybowemu? Praca koła w sekun. $75 \times 10 = 1{,}5\ P$.

Zatém ciśnienie na ząb . . $P = \frac{75 \times 10}{1{,}5} = 500$ kil.

Zatém grubość dla szerokości 5 razy wziętéj (blisko)$=1{,}9^{cm}$.

Tablica grubości zębów żel. lanych dla ciężkich transmissyj, o chyżości wielkiéj, jednak bez uderzeń.

Grubość zęba a	Zęby 5 razy szersze od swojéj grubości		Zęby 6 razy szersze od swojéj grubości		Zęby 7 razy szersze od swojéj grubości	
	Ciśnienie na ząb P	Wartość $\frac{A}{Dn}$	Ciśnienie na ząb P	Wartość $\frac{A}{Dn}$	Ciśnienie na ząb P	Wartość $\frac{A}{Dn}$
1,8^{cm}	324 kil.	0,0024	389 kil.	0,0027	450 kil.	0,0032
2,0	400	0,0028	480	0,0034	560	0,0039
2,2	484	0,0033	580	0,0041	677	0,0047
2,4	567	0,0040	690	0,0049	806	0,0057
2,6	676	0,0047	811	0,0057	946	0,0066
2,8	784	0,0054	940	0,0066	1098	0,0077
3,0	900	0,0062	1080	0,0075	1260	0,0088
3,2	1024	0,0071	1229	0,0086	1434	0,0100
3,4	1156	0,0080	1387	0,0097	1618	0,0113
3,6	1296	0,0090	1555	0,0109	1814	0,0127
3,8	1444	0,0100	1733	0,0122	2021	0,0140
4,0	1600	0,0111	1920	0,0135	2240	0,0156
4,2	1764	0,0123	2117	0,0149	2470	0,0172
4,4	1936	0,0135	2323	0,0163	2710	0,0190
4,6	2116	0,0148	2539	0,0178	2962	0,0207
4,8	2340	0,0161	2765	0,0194	3226	0,0225
5,0	2500	0,0175	3000	0,0211	3500	0,0244

Przykład. Koło wodne na 60 koni siły, robi 7 obrotów w minucie; jak grube muszą być zęby jego transmissyjnego koła, gdy średnica $=$ 540 centymetrów?

$A = 60,\ n = 7,\ D = 540$, zatém

$$\frac{A}{Dn} = \frac{60}{540 \times 7} = 0{,}0159.$$

Jeżeli zęby są 6 razy szersze od swéj grubości to wartość ta znajduje się w tablicy między 0,0151 a 0,0168, zatém grubość zęba między, 3,6 a $3,8^{cm}$, tak że:

Grubość zęba		$= 3,7^{cm}$
Szerokość zęba	$6 \times 3,7$	$= 22,2^{cm}$
Wysokość zęba	$1,5 \times 3,7$	$= 5,55^{cm}$
Dział	$2,1 \times 3,7$	$= 7,77^{cm}$

a że obwód koła $3,1416 \times 540 = 1696,46^{cm}$, więc przy takim dziale wypadałoby zębów $\frac{1696,46}{7,77} = 218,3$ co być nie może. Jeżeli obwód zębaty składa się z ośmiu kawałków (segmentów), a dając każdemu 27 zębów, to koło to posiadać będzie razem $8 \times 27 = 216$ zębów. Ztąd wypadnie dział $\frac{1696,46}{216} = 7,85^{cm}$, a więc cokolwiek tylko większy, tak że obliczoną grubość zębów zatrzymać można.

B. Zęby drewniane dla kół transmissyjnych. Dla zmniejszenia tarcia, dla nadania cichego ruchu i dla ułatwienia reparacyi, szczególniéj przy bardzo wielkiéj chyżości obwodowéj, daje się pospolicie zęby kołom większym z drzewa twardego (najczęściéj z grabiny), lecz tak zęby drewniane nazywane także *palcami*, jako téż i zęby żelazne mniéjszego koła, muszą być doskonale wykalibrowane. Palcom drewnianym daje się zwykłą szerokość i wysokość, grubość zaś daje się im $= 1,4a$, t. j. 1,4 razy grubość zębów żelaznych. Ponieważ takie koła jeżeli starannie wyrobionemi zostały, wymagają tylko gry $^1/_{15}$—$^1/_{20}a$, przeto dział $s = 2,46a$. Połączenie zębów z obwodem koła przedstawia Figura 289.

Fig. 289.

C. Zęby żelazne lane dla kół, poruszanych siłą ludzką. Przy kołach wchodzących w skład żurawi, wind i t. p. znane jest zwykle ciśnienie P jakiego zęby doznają. Grubość zębów obliczyć można z następującego wzoru: $a = 0,3 + 0,07\sqrt{P}$ contymetrów.

Szerokość zębów daje się zwykle 4 razy wziętą grubość.

Grubość zęba	Ciśnienie wywarte na ząb	Grubość zęba	Ciśnienie wywarte na ząb	Grubość zęba	Ciśnienie wywarte na ząb
0,8 cent.	51 kil.	1,6 cent.	335 kil.	2,4 cent.	900 kil.
1,0	100	1,8	456	2,6	1079
1,2	185	2,0	590	2,8	1275
1,4	247	2,2	737	3,0	1487

Przykład. Jeżeli żuraw (kran) ma podnosić ciężar maximum 4000 kil. to konstrukcya zębów powinna być następująca:

Ciśnienie na zęby większéj pary kół zębatych . . . = 1000 kil.
Ciśnienie na zęby słabszéj pary kół zębatych . . . = 166 „
Zatém grubość zębów pierwszéj pary . . . . = 2,5 centym.
Zatém grubość zębów ostatniéj pary . . . . = 1,2 „
A odpowiednia im grubość = 10 i 4,8 centymetrów.

358. Obwód, ramiona i piasta kół zębatych żel. lanych. 1) Liczba ramion zależną jest od wielkości koła. Małe koła transmissyjne otrzymują zwykle po 4, średnie po 6, a większe po 8—10 ramion.

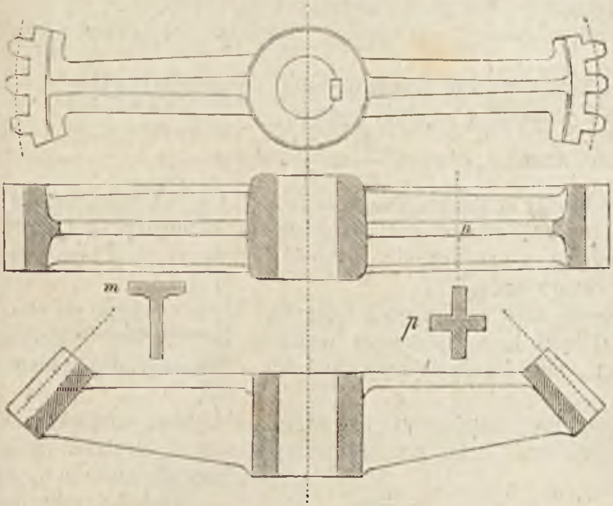


Fig. 290.

2) Ramiona kół żelazne lane, składają się zwykle z dwóch żeber. Główne żebra m, p (Fig. 290) leżą zwykle w kierunku obrotu, i powinny mieć dostateczną wytrzymałość. Główne żebro można jako graniastosłup uważać; dla tego można jego szerokość obliczyć za pomocą znanego wzoru $PL = \frac{R}{6} b h^2$ (Fig. 179), jeżeli znaną jest długość i grubość żebra.

Porównawszy ową formułę wytrzymałości z formułami siły i chyżości (§ 265, ustęp 5) i zwracając uwagę na to, że ramiona kół wzajemnie się podpierają, to można szerokość głównego żebra na piaście, dla ciężkich kół transmissyjnych, obliczyć wedle następującego wzoru:

$$\text{Szerokość ramienia} = 24 \sqrt[3]{\frac{A}{e.\ n.}} \text{ centym.},$$

gdzie A oznacza liczbę koni parowych koła (na sekundę),
n liczbę obrotów koła przez minutę,
e liczbę ramion koła.

Z wzoru tego, gdzie największa wytrzymałość żel. lanego na 1^{cm} □ przyjmuje się 180 kilogr. ułożoną jest następująca tablica:

Szerokość ramion	Wartość na $\frac{A}{n}$ dla				Szerokość ramion	Wartość na $\frac{A}{n}$ dla			
	4 ram.	6 ram.	8 ram.	10 r.		4 ram.	6 ram.	8 ram.	10 r.
4 cent.	0,017	0,026	—	—	14 cent.	0,794	1,191	1,589	1,919
5	0,036	0,054	0,072	—	16	1,110	1,665	2,221	2,778
6	0,059	0,088	0,117	0,146	18	1,582	2,373	3,164	3,955
7	0,099	0,149	0,198	0,248	20	2,312	3,468	4,624	5,830
8	0,139	0,208	0,277	0,347	22	2,888	4,332	5,776	7,220
10	0,289	0,433	0,578	0,772	24	3,750	5,625	7,500	9,375
12	0,469	0,703	0,937	1,172					

Dla kół transmissyjnych lekkich, z powyższych wartości bierze się tylko $^5/_6$. Grubość żebra powinna mieć $^1/_5$ szerokości. Ramiona ku zewnątrz zwężają się o $^1/_4$.

Przykład. Dla koła mającego przenosić siłę 30 koni parowych, robić w minucie 50 obrotów i posiadać 6 ramion, będzie:

$$A = 30,\ n = 50,\ e = 6,\ \frac{A}{n} = \frac{30}{50} = 0{,}6.$$

Zamiast 0,6 znajdujemy w tablicy powyższej 0,433 i 0,703 jako najbliższe wartości. Zatém szerokość ramion znajdować się będzie między 10 i 12^{cm}. A zatém szerokość ramienia w przybliżeniu wynosić będzie 11,2, a jego grubość 11,2 : 5 = 2,2 centymetrów.

3) *Grubość obwodu* koła trybowego z żelaznymi zębami, winna się równać grubości zębów. Obwód koła walcowego opatruje się zwykle w środku wzmacniającém żebrem. Obwód koła żelazny z pałcami drewnianymi, przedstawia Figura 285.

4) *Długość piasty* jest taka sama jak szerokość zębów, powiększona w przybliżeniu o $^1/_{15}$ promienia koła; grubość piasty równa się grubości zęba, powiększona o $^1/_6$ do $^1/_5$ grubości wału, na którym toż koło spoczywa.

359. Śruba bez końca. Na Fig. 291 przedstawiającéj śrubę bez końca, jest *ab* średnim obwodem gwintu śrubowego. Obwód ten zastępuje koło działowe śruby. Uczyńmy *ce* równe temu obwodowi, a zaś do niéj linię prostopadłą *ef* równą wysokości kroku, to linija ukośna *cf* da nam spadek płaszczyzn śrubowych, a zarazem

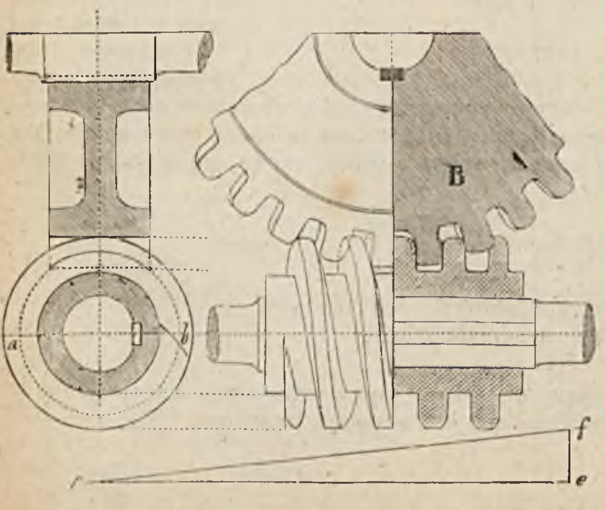


Fig. 291.

nachylenie zębów do osi koła. Forma zębów jest taka sama jak sztangi zębatéj z odpowiedniém jéj kołem. Forma ta przedstawiona jest na płaszczyźnie przekroju E przechodzącéj przez oś wału i prostopadłéj do osi koła zębatego. Zęby obliczają się tu tak samo jak zęby dla kół poruszanych siłą ludzką Śruba robi się zwykle z żelaza kutego, zaklinowana na wale.

360. Krążki zwane rymszajbami. 1) *Ogólne uwagi.* Krążki czyli z niemiecka rymszajby, służą jako środki do przenoszenia siły i ruchu z jednego punktu na drugi, i wybornie odpowiadają swemu przeznaczeniu. Krążki są łatwe do wykonania, komunikacya pasów nie przedstawia wielkich kosztów, nadaje się do szybkich obrotów, daje się łatwo zatrzymać i znowu w ruch wprawić, tak że temu sposobowi przeprowadzania ruchów, daje się nawet czasami pierwszeństwo przed innymi sposobami. . Ale ich użyteczność często znów bardzo przeceniano, i chciano nawet koła zębate zupełnie usunąć, w tém mylném mniemaniu, że ruchy za pomocą pasów nie pociągają za sobą takiéj straty siły, jak koła zębate. Ale mniemanie to okazało się błędném, gdyż krążki prawie tyle, a nawet i więcéj przedstawiają szkodliwych oporów, co i koła zębate; mimo tego jednak zastósowanie krążków w wielu wypadkach ma tyle użyteczności, że w budownictwie machin, będzie mieć zawsze wielkie znaczenie.

2) *Wzgląd na wytrzymałość wałów przy obliczaniu promienia krążka.* Gdy siła obwodowa P (Figura 292) stara się obrócić wał na którym osadzony jest krążek, siła pociągowa pasu stara się takowy wał wygiąć. Przy oznaczaniu promienia należy zwracać uwagę, ażeby te wygięcia nie wypadły za wielkie. Wygięcie a nawet złamanie może bardzo łatwo nastąpić gdy krążek przedstawiony na Figurze 292 za nadto jest oddalony od swojéj panewki. Aby tego wypadku uniknąć, należy się starać nadać promieniowi R krążka taką wielkość, aby P jak najmniejsze wypadło.

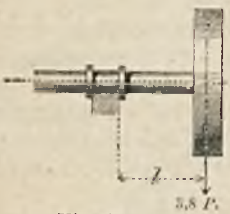


Fig. 292.

Niechaj R oznacza promień krążka, l odległość środka krążka od łożyska czopa, N_0 liczbę koni parowych jaką wał przenieść może, N liczbę koni parowych mających się przenosić, to gdy najwyższe natężenie walu nie przekracza połowy wartości spółczynnika stałéj wytrzymałości, otrzymamy dla lekkich wałów:

$$\frac{R}{l} \geqq 1{,}70\, \frac{N}{N_0}, \text{ a dla ciężkich wałów: } \frac{R}{l} \geqq 0{,}85\, \frac{N}{N_0}.$$

Jeżeli wał ma oddawać całą siłę jaka na niego wprowadzoną została, to wtedy $N_0 = N$, to R w pierwszym razie nie powinno być mniejsze od $1{,}7.\ l$, a w drugim razie nie mniéjsze od $0{,}85.\ l$. Przykład na liczbach objaśni to lepiéj.

Przykład. Wał żelazny kuty 50^{m}_{m} średnicy ma dźwigać krążek $400^{\text{m}}_{\text{m}}$ od łożyska oddalony i przenosić siłę dwóch koni parowych przy 60 obrotach w minucie czasu. Jaką wielkość należy dać krążkowi?

Jeżeli wał będzie lekkim, to wtedy będzie:

$$\frac{N}{n} = 0{,}07237, \text{ więc } N = 60.\ 0{,}07237 = 4{,}3, \text{ zatém należy wziąć}$$

$$\frac{R}{400} = \frac{1{,}7.\ 2}{4{,}3} \text{ czyli } R = \frac{400.\ 3{,}4}{4{,}3} = 316^{\text{m}}_{\text{m}}.$$

Jeżeli wał będzie ciężki, to

$\frac{N}{n} = 0{,}037$, więc $N = 60 \,.\, 0{,}037 = 2{,}2$, a zatem $R = \frac{400 \,.\, 0{,}85 \,.\, 2}{2{,}2} = 309 \frac{m}{m}$;

gdzie N oznacza siłę koni parowych, zaś n liczbę obrotów wału w minucie czasu.

Aby zamiast dla danéj długości l dobierać promień R, może być R dane, a odległość l od panewki szukana; to jest może zachodzić pytanie jaką można dać odległość krążka od panewki, aby się wał nie wyginał. Taka zmiana powyższych wzorów nie przedstawia wcale żadnych trudności. Ten wzgląd na wytrzymałość wałów bywa bardzo często w praktyce zaniedbywany, ale też nie rzadko się zdarza, że krążki niewłaściwie od panewki oddalone, powodują zgięcie wału, a następnie i złamanie się onego. Przez użycie w ogólności większych krążków, zmniejsza się nie tylko ową siłę gnącą, ale również i opór wynikający z niegiętkości i tarcia pasów.

3) *Obwód krążka.* Krążki budują się po większéj części z żelaza lanego, bardzo rzadko z drzewa, dla tego téż dla tych pierwszych, postaramy się przedewszystkiem ustanowić pewne zasady. Jak przy kołach zębatych z liczby zębów, działu i szerokości zębów wyprowadziliśmy wszystkie inne miary, tak znów w krążkach pasowych, z promienia krążka i szerokości pasa, bez względu na przenoszoną siłę, inne jego wymiary będziemy się starali obliczyć. Chodzi tu o obwód, ramiona i piastę.

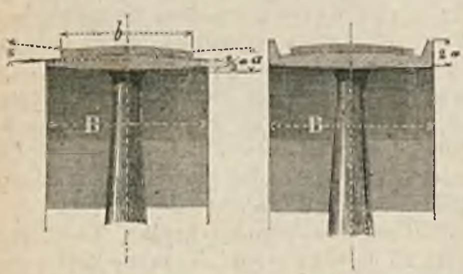


Fig. 293. Fig. 294.

Zwyczajnym krążkom daje się obwód nieco szerszy od szerokości pasa, aby i w czasie niewłaściwie naciągniętego pasa, brzegi jego po za brzegi krążka nie wystawały; daje się więc szerokość obwodu (Fig. 293 i 294).

$$B = \frac{5}{4}\, b.$$

Przy bardzo niespokojnym biegu pasów, daje się obwodom krążków wystające brzegi, jak to Fig. 294 przedstawia, ale takiego sposobu używa się bardzo rzadko. Zwykle wystarczającą jest w takich razach wypukłość obwodu krążka, o któréj mówiliśmy już w § 355, ustępie 10-tym.

Wypukłość obwodu krążka, nie potrzebuje być zbyt wielką, gdyż wtedy pas zbytecznie się wytęża.

Wysokość ta s bierze się zwykle $\frac{1}{15}$ do $\frac{1}{20}$ szerokości krążka. W kierunku promieni obwód nie powinien być bardzo gruby, gdyż w kierunku środka skierowane siły pasa, są bardzo małe. Damy krążkowi właściwe wymiary, jeżeli grubość obwodu a w środku uczynimy $= \frac{1}{12}$ do $\frac{1}{9}$ B. Umieszczanie żebra na wewnętrznym obwodzie krążka, jak to ma miejsce przy kołach zębatych, jest tu niepotrzebne, gdyż żadnemu celowi nie odpowiada. Tym sposobem utrudnia się tylko odlew krążka, gdyż wtedy środek obwodu daleko późniéj zastyga jak brzegi, w skutek czego częstokroć pęka obwód krążka. Obwód krążka robi się w obie strony cieńszy o $^2/_3\, a$, dla łatwiejszego zaformowania modelu.

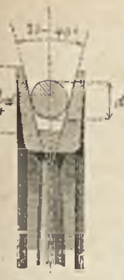


Fig. 295.

Krążki sznurowe opatrzone są na obwodzie rowkiem (Fig. 295), z brzegami nachylonemi ku sobie pod kątem 30 do 40^0. Wysokość obudwóch brzegów licząc od dna rowka $= 1\,{}^1/_2$ do $1\,{}^3/_4\ d$, gdy d grubość sznura oznacza. Średnia grubość ścian obwodu $= \frac{1}{2}$ do $\frac{3}{4}\ d$.

4) *Ramiona krążka.* Połączenie obwodu krążka z jego piastą, uskutecznia się prawie zawsze za pomocą ramion; tylko krążki bardzo małe; stanowią pełną tarczę, pomiędzy obwodem i piastą. Przekrój ramienia daje się owalny, lecz tak, aby oś krótsza w każdym punkcie równała się połowie osi dłuższéj. Tym sposobem ramiona otrzymują lekką i dla oka miłą formę.

Linija przechodząca przez środek ramienia, jak to Fig. 296 przedstawia, może być prosta lub krzywa jak na Fig. 297. Krzywe ramiona krążków, przy odlewaniu, okazały się bardzo praktyczne, poddają się bowiem łatwo ściąganiu obwodu przy zastyganiu i takie ramiona bardzo rzadko pękają, co o krążkach z prostemi ramionami powiedzieć się nie da. Niektórzy modelarze dają ramionom podwójne wygięcie, literę S wyobrażające; lecz tym sposobem i wyrobienie modelu i żaformowanie onego przedstawia pewne trudności, dla tego radzimy zatrzymać raczéj formę ramion na Figurze 297 przedstawioną, jako

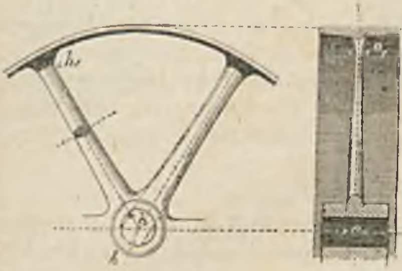


Fig. 296.

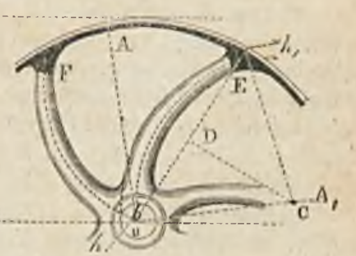


Fig. 297.

łatwiejszą do wykonania. Wygięcie środka ramienia w czasie modelowania oznacza się w sposób następujący. Do promienia OA prowadzę prostopadłą $OA_{,}$, czynię łuk $AE = \frac{2}{3}\ EF$ działu ramion, dzielę OE na dwie równe części; ze środka D wyprowadzam prostopadłą DC. Punkt C w którym taż prostopadła przecina linije $OA_{,}$ będzie środkiem, a CO promieniem dla zakreślenia krzywizny ramienia.

Od piasty ku obwodowi koła zwęża się ramię tak proste jak krzywe aż do ${}^2/_3$ swojéj wysokości h; toż samo i grubość ramienia od piasty ku obwodowi zmniejsza się z grubości $\frac{h}{2}$ do $\frac{h}{3}$. Wypada więc oznaczyć tę wysokość h z wartości znanych R i b; co uskutecznia się w sposób następujący.

Jeżeli siła działająca na zewnętrznym końcu ramienia $= P_{,}$, to wyobraziwszy sobie to ramię utwierdzone w środku krążka, na przekrój jego w środku krążka działać będzie moment zgięcia $P_{,} R = S_{,} Z$, gdzie $S_{,}$ jest największą wytrzymałością przekroju ramienia, zaś Z oznacza zamiennik tegoż przecięcia. Ponieważ przecięcie ramienia jest eliptyczne, przeto $Z = \frac{\pi}{32} e h^2$; że zaś oś krótsza, równa się połowie osi dłuższej h, przeto $Z = \frac{\pi}{64} h^3$. Jeżeli dalej A oznacza liczbę ramion krążka, przeto jeżeli siła obwodowa P na wszystkie ramiona rozkłada się jednostajnie, na jedno ramię przypadnie siła wygięcia $P_{,} = \frac{P}{A}$. Z powodu jednak natężeń odlewu, weźmy tylko połowę ramion jako jednocześnie obciążonych, więc $P_{,} = \frac{2P}{A}$.

Powyższe więc równanie wytrzymałości zamieni się w następujące:

$$\frac{2PR}{A} = S_{,} \frac{\pi}{64} h^3, \text{ zkąd } h^3 = \frac{2 . 64}{S_{,} \pi} . \frac{PR}{A}.$$

Że zaś $P = \frac{S . b . \delta}{2,4}$, gdzie S wyraża natężenie na jednostkę powierzchni przecięcia pasa, b szerokość pasa, zaś δ grubość skóry, przeto wstawiając w ostatnie równanie wartość za P, otrzymamy:

$$h^3 = \frac{2 . 64}{2,4 \pi} . \frac{S}{S_{,}} . \frac{R . b . \delta}{A}.$$

W tém równaniu ilości R, b, δ i S są wiadome, mamy więc tylko wynaleźć wartości dla A i $S_{,}$. Liczba ramion A dla krążków, tak samo jak i dla kół zębatych jest w pewnych granicach dowolną; wszelako bierze się ich taką liczbę, aby obwód był dostatecznie podparty i prócz tego, aby krążek przedstawiał się oku przyjemnie. Uczynimy obudwom warunkom zadosyć, przyjmując:

$$A = \frac{1}{4} \sqrt{R} .$$

Podług téj formuły z praktyki wyjętéj, zwiększa się liczba ramion, w miarę zwiększania się średnicy krążka. Jeżeli zaś otrzymamy dla A wartość mniéjszą od $2\frac{1}{2}$, to wtedy nie daje się krążkowi ramion, ale odlewa się pełna tarcza, któréj grubość obwodu daje się $= a$. Gdy $R = 16 . 2,5^2 = (4 . 2,5)^2 = 100^{m}_{m}$, wtedy A będzie $= 2\frac{1}{2}$. Gdyby np. $R = 400^{m}_{m}$, to wtedy należy przyjąć:

$$A = \frac{1}{4} \sqrt{400} = \frac{20}{4} = 5.$$

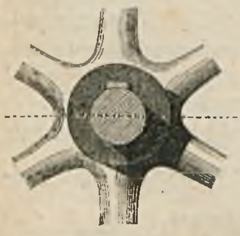


Fig.298.

5) *Piasta na krążku.* Piasta winna odpowiadać innym częściom krążka. Długość piasty L bierze się równą 1 do $\frac{5}{4}$ razy szerokości pasa, a grubość ściany w daje się $= 0,4$ do $0,6\ h$, rozumiejąc przez h wysokość ramienia przy środku wału. Umocowanie piasty na wale odbywa się zwykle za pomocą pojedyńczego klina stalowego, dając mu za grubość $3 + \frac{w}{5}$, a za szerokość $1\frac{1}{2}$ do 2 razy grubość. Jeżeli krążki mają być z łatwością z miejsca na miejsce

przesuwanymi, to wtedy nie wpuszcza się klina do wału, lecz spiłowuje się go z wierzchu jak Fig. 298 przedstawia, a tym sposobem z łatwością krążek w prawo albo w lewo nasunąć można, stósownie jak tego okaże się potrzeba. Samo z siebie się rozumie, że ta część wału, na którój się krążek wstawia, dokładnie otoczoną być musi.

361. Krążek stały i luźny. Krążek drewniany i Bęben pasowy.

1) W ruchu przeprowadzanym za pomocą pasów, użycie krążków *stałych i luźnych*, oddaje bardzo wielkie usługi. Figura 299 przedstawia taką parę krążków dla pasów płaskich, zaś Figura 300 taką samą parę krążków, dla sznurów skórzanych. Figury te przedstawiają dwie pary krążków pasowych i sznurowych obok siebie ustawionych, z których jeden krążek luźny może się około swéj osi obracać, zaś drugi krążek jest stale przytwierdzony do wału za pomocą klina. Krążki odpowiadające utwierdzone na przeciwnym wale, są stale zaklinowane, a szerokość ich obwodu, powinna się równać szerokości krążka stałego i luźnego. Jeżeli pas przerzucimy z krążka stałego A ka luźny B, to tym sposobem znosi się działanie pasa na wał W, otóry natychmiast przestaje się zbracać. Jeżeli znowu pas z krążka luźnego na krążek stały przerzucimy, to krążek stały bez najmniéjszego wstrząśnienia nadaje pierwotny ruch swojemu wałowi. Dla ułatwienia przesuwania pasów, krążkom tego rodzaju nie daje się na obwodach wypukłości, ale otacza się je zupełnie walcowo t. j. płasko. Krążek luźny należy ustawiać nie na wale obracającym, lecz na obracanym, gdyż przez dłuższe zostawanie pasa na krążku luźnym, piasta wydziera się nie równo czyli nie okrągło. Jest także dobrze, dawać w piaście krążka luźnego łożysko czyli buks mosiężny, gdyż takie wydarte łożysko łatwo jest nowém zastąpić. Ponieważ mosiądz jest od żelaza metalem miększym, przeto głównie zużywa się łożysko mosiężne krążka, wał zaś zużywa się jako żelazny bardzo mało. Krążek luźny, nie powinien się od swego przyległego krążka stałego odsuwać i dla tego daje się na wale tuż przy jego piaście od strony zewnętrznéj obrączkę żelazną, przytwierdzoną do wału, za pomocą odpowiedniéj śrubki, prostopadle do wału przykręconéj. Na Figurze 299 jest ta obrączka wraz ze śrubką oznaczona literą S, zaś na Fig. 300 krążek luźny B, leży między krążkiem stałym A i wyskokiem a na wale W odpowiednio odkutym i wytoczonym.

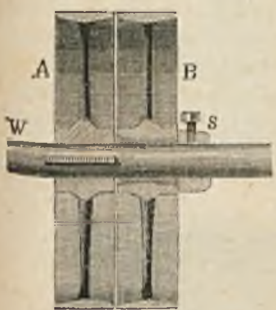


Fig. 299.

Fig. 300

2) Częstokroć zamiast krążków żelaznych, używa się drewnianych. Krążki tego rodzaju są łatwe do wykonania. Składają się one z kilku warstw drewnianych, dokładnie do siebie przystających i ze sobą sklejonych. Fig. 301 przedstawia dobry sposób osadzenia takiego krążka drewnianego na wale. Krążek osadzony tu jest na piaście żelaznéj lanéj, z obwodem 6-kanciastym

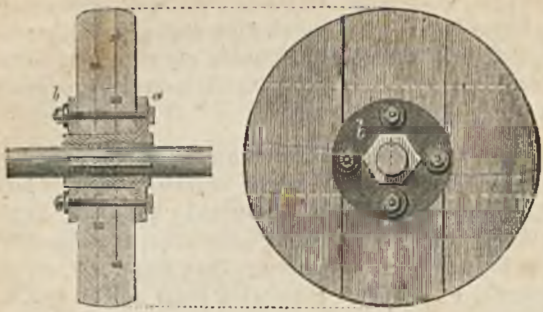
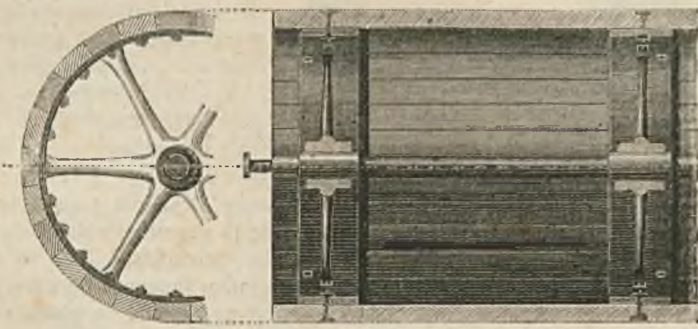


Fig. 301.

4-ma śrubamii między tarczą b i ścianą piasty a mocno ściśnięty. Krążki te dla tego są dogodne, że je dowolnie otaczać można, dopóki nie otrzymają takiéj średnicy, jakiéj ruch maszyneryi wymaga.

Często się zdarza, że takich krążków poruszających, znajduje się dwa lub więcéj obok siebie ustawionych, lub téż że krążki poruszane na drugiéj odpowiadającéj osi, wypada w prawo albo w lewo przesunąć. Otóż w takich razach daje się na wale poruszającym dłuższy krążek pasowy, tak nazwany *bęben pasowy*. Lecz takie urządzenie jest i za kosztowne i za nadto wał w jednem miéjscu obciążające. W takich tedy razach używa się bębnów drewnianych, jaki Figura 302 przedstawia, które urządzają się w ten sposób, że w pewnych odległościach ustawiają się na wale zwyczajne krążki żelazne A, B, a od strony



A Fig. 302. B

zewnętrznéj otaczają się klepkami drewnianemi. Te klepki są to listwy szerokie 60 do 80$\frac{m}{m}$ a 25 do 40$\frac{m}{m}$ grube. Listwy te mocują się za pomocą śrub do obwodów krążków żelaznych, lecz tak, aby głowy śrub nie występowały nad zewnętrzną powierzchnię bębna. Powierzchnia bębna powinna być dobrze scheblowana albo otoczona. Bębny takie są daleko lżéjsze od żelaznych i mogą być osadzone na cieńszych wałach, niż bębny żelazne.

362. Przesuwalniki pasowe. Przerzucanie pasów z krążków stałych na luźne i odwrotnie, odbywa się u niektórych maszyn w kilku miéjscach jednocześnie, a przytém tak często i szybko, że tego ręka ludzka uskutecznić nie jest w stanie; w takich razach używa się przyrządów pomocniczych, zwanych *przesuwalnikami*. Takie przesuwalniki poruszane są albo ręką rzemieślnika stojącego przy maszynie, lub téż poruszają się peryodycznie za pomocą właściwego mechanizmu od ręki rzemieślnika nie zależnego, a w takich razach nazywają się przesuwalnikami *automatycznymi.* Ten drugi sposób znajduje szczególniéj zastósowanie, gdy pasy są umieszczone wysoko pod sufitem sali warsztatowéj, a zatém znajdują się po za obrębem podniesionéj ręki rzemieślnika. Jeden z takich praktycznych przesuwalników, używanych dla przystawek w salach warsztatowych, przedstawia Figura 303. A i B są to ramiona żelazne lane przytwierdzone do sufitu, u spodu posiadają razem z niemi odlane panewki, w których posuwać się może w prawo albo w lewo sztanga żelazna kuta, lecz tylko o tyle, ile tego przesunięcie pasa wymaga. Do sztangi

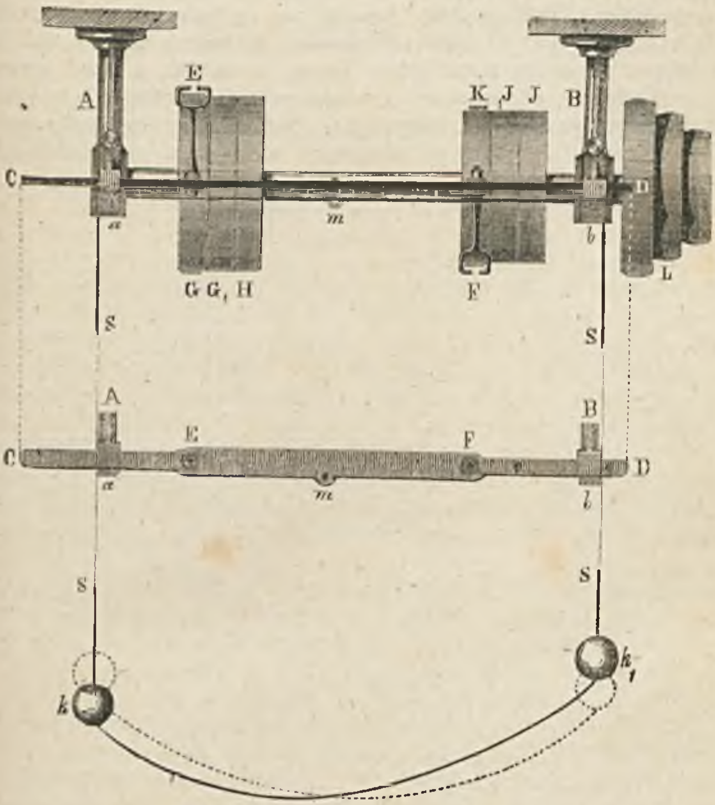


Fig. 303

poziomej CD przytwierdzone są *widełki* E, F obejmujące pasy. Sztanga CD poruszaną jest zapomocą linki bez końca $S\,S$, 6 do 8^{m}_{m} grubéj, utwierdzonéj w punkcie m i przebiegającéj przez krążki a i b. Dwie żelazne kule $k\,k$, 60 do 80^{m}_{m} średnicy, utrzymują ową linkę w odpowiedniém natężeniu i chronią ją od powikłania; służą one zarazem jako rękojeści dla rzemieślnika i dla tego nie powinny znajdować się bardzo wysoko.

W przykładzie tutaj przytoczonym, z wału głównego poruszającego idzie pas otwarty na krążki *GG, H*, zaś skrzyżowany na krążki *II, K*. *GG,* i *II,* są to krążki luźne, zaś *H* i *K* krążki stałe osadzone na wale przystawki. Z krążka stopniowego *L* inny pas przeprowadzony jest do maszyny roboczej np. tokarni, heblarni i t. p. Rysunek przedstawia pas otwarty na krążku luźnym *G*, zaś skrzyżowany na krążku stałym *K*; zatém krążek stopniowy *L* poruszany tu jest pasem skrzyżowanym. Pociągnąwszy teraz kulkę *k,* o tyle, aby obie zajęły stanowiska punktowane, to obadwa pasy przesuną się na krążki luźne *I,* i *G,,* krążek zaś stały *K* a tém samém i krążek stopniowy *L* zatrzymają się w biegu. Pociągnąwszy jeszcze raz za kulkę *k,,* przesuniemy pas otwarty na krążek stały *H*, a zaś skrzyżowany na krążek luźny *I*, tak że krążek stopniowy poruszany teraz będzie pasem otwartym, a zatém obracać się będzie w kierunku przeciwnym. Pociągając zaś za kulkę *k* otrzymuje się skutek przeciwny pierwszemu. Przyrząd ten jest prosty, trwały i nie kosztowny i dla tego prawie wszędzie po większych warsztatach mechanicznych jest używany.

ROZDZIAŁ XIV.

MACHINY WODNE czyli HYDRAULICZNE.

---

363. Koła wodne. Historya nie umie nam wskazać nazwiska wynalazcy kół wodnych, wszelako tyle nam wiadomo, że już za czasów Mitridatesa (ur. 137 r. przed Chrystusem, a zmarłego 64 r. przed Chr.) w Azyi istniały; a jak Strabo (ur. 19 roku przed Chr.) utrzymuje, to w pobliżu stolicy tego króla Pontu, znajdował się młyn wodny. Prawie w tymże czasie za rządów Juliusza Cezara (ur. 100 r., a zmarłego 44 r. przed Chrystusem) napotykamy ślady kół wodnych w Rzymie. Ale najpewniéjszym dowodem, że machiny do pompowania wody i młyny wodne do mielenia zboża, istniały w Rzymie za czasów Augusta (ur. 65, zmarłego 14 r. przed Chr.) jest wiekopomne dzieło *Vitruviusza* „de Architectura“, w którém rzeczone machiny z wszelkiemi szczegółami opisuje.

Owe młyny wodne nie leżały w samym Rzymie, lecz na zewnątrz miasta, mianowicie ustawione były na kanałach, o małych spadkach, zaopatrujących miasto w wodę do picia; zkąd się pokazuje, że te koła niewątpliwie były piorowe, i że były *podsiębierne,* to jest poruszane od spodu płynącą wodą.

Mały skutek tych przyrządów wodnych i kosztowne ich utrzymanie, w porównaniu z wielką w owych czasach taniością pracy niewolników, były w każdym razie przyczyną, że koła wodne zwolna tylko się upowszechniały i nie prędko młyny ręczne i zwierzęce z powszechnego użycia wyprzeć zdołały. Gdy jeszcze we 23 lat po śmierci Augusta, Kaligula do innych celów, kazał konie i woły wyprowadzić z Rżymu, powstał w tém mieście niezmierny brak chleba, gdyż młyny wodne, nie mogły na potrzeby tak wielkiéj podówczas ludności tego miasta wystarczyć. W parę wieków jeszcze późniéj, znajdowało się w Rzymie do 300 młynów, poruszanych siłą zwierzęcą.

Kiedy Belizaryusz (536 r. przed Chr.) ów znakomity wódz cesarza Justynianina, Vitigesowi królowi Ostrogotów znowu Rzym odebrał, Vitiges postanowił to miasto ogłodzić i przez dwa lata lubo bezskutecznie takowe oblegał; w tym celu kazał on wszystkie kosztowne wodociągi zniszczyć, na których młyny istniały. Belizaryusz w taki sposób zaradził potrzebie, iż młyny ustawił na statkach i takowe wodą Tybru w ruch wprawiał. Tym sposobem więc Belizaryusz stał się wynalazcą młynów wodnych statkowych czyli pływających, do dnia dzisiejszego jeszcze używanych.

O młynie francuzkim wodnym, leżącym pod miastem Dijon, wspomina Grzegorz z Tours w szóstym wieku po Chr. żyjący, który to młyn opat klasztorowi swemu zbudował.

Wacław Hager w swojéj kronice Czeskiéj powiada, że pierwszy młyn wodny w Czechach, zbudowany był r. 718. Według kroniki Wolterusa, miał cesarz Henryk I w r. 922 na placu, gdzie dawniéj stał młyn wodny, miasto Goslar pobudować. Prawie w tymże samym czasie (1044) używano w Wenecyi kół wodnych, wprawianych w ruch przypływem i odpływem morza; a więc co sześć godzin naprzemian, koła obracały się w jednym lub w przeciwnym kierunku. Z opisów wojen krzyżowych i z rozmaitych dokumentów pokazuje się wyraźnie, że w jedynastym, dwunastym i trzynastym wieku, znane już były młyny wodne we Francyi, Niemczech, Anglii i innych krajach, i że używano ich nie tylko do mielenia zboża, ale i do innych celów przemysłowych.

Ale położenie zasad teoryi i konstrukcyi kół wodnych, miało dopiero miejsce za czasów Galileusza i Dekarta (między r. 1564 a 1650), w którym to czasie, zaczęto dopiero zwracać uwagę na prawa ruchu wody w kanałach i rzekach. Wszelako pierwszą teoryę kół wodnych, zawdzięczamy dopiero matematykowi francuzkiemu *Parent*, żyjącemu na początku ośmnastego wieku.

W r. 1753 *Depercieux* pierwszy dowiódł, że ta sama ilość wody przy jednakim spadku, działając raz na koło przez *uderzenie*, a drugi raz przez *ciśnienie*, w tym drugim razie, daleko większy skutek sprawia niż w pierwszym, i że z téj przyczyny, koła nasiębierne, korzystniejsze są od podsiębiernych, nadto, że skutek kół nasiębiernych o tyle jest większy, im te koła obracają się wolniéj.

Wiele pożytecznych i pouczających rzeczy o kołach wodnych, dowiedzieć się można z dzieła d'Abuissona pod tytułem: „Traité d'hydraulique."

Lecz największą zasługę w teoryi kół wodnych położyli w naszych czasach oprócz Ponceleta, Morina i innych: Redtenbacher i Weisbach, oraz dwaj nasi ziomkowie: Kluger i Kucharzewski [1]).

364. Zużytkowanie sił wodnych i ich teoretyczny skutek. Woda staje się wtedy siłą poruszającą, kiedy ją wprowadzimy na koło, które jéj mechaniczną pracę jak najkorzystniéj zużywa. Koło to ustawia się pomiędzy kanałem przypływowym i odpływowym. Odległość pionowa pomiędzy zwierciadłami wody obydwóch kanałów, nazywa się *spadkiem*.

Woda przechodząc z jednego kanału w drugi, odbywa drogę w kierunku pionowym, równającym się spadkowi, i nabywa przytém mechanicznéj pracy, równającéj się iloczynowi z ciężaru wody przebieżonéj w jednéj sekundzie czasu, pomnożonemu przez wysokość spadku. Taka mechaniczna praca, zowie się *skutkiem bezwzględnym* siły wody i trzeba ją od *skutku użytecznego* odróżnić. Skutek użyteczny jest to taka część skutku bezwzględnego, jaki koło od wody odbiera i daléj przenosi.

[1]) Theorie und Bau der Wasserräder, Mannheim, z 29 litografowanemi tablicami, drugie wydanie, 1860 r.—Ingénieur-Mechanik, u Viewega w Brunświku.—Wykład hydrauliki z teoryą machin wodnych. Paryż, 1873; nakładem hr. Jana Działyńskiego z Kórnika.

Przykład 1. Ilość wody, wynosząca 0,650 metrów sześciennych posiada spadek 2,8 metrów; jaki jest jej bezwzględny skutek?

1 metr sześcienny wody waży 1000 kilogramów, a więc waga 0,650 metra kub. = 650 kilogramów. Pomnożywszy ten ciężar przez spadek, otrzymamy bezwzględny skutek $650 \times 2,8 = 1820$ kilogrammetrów.

Że zaś siła jednego konia parowego = 75 kilogrammetrów, przeto ta praca $\frac{1820}{75} = 24,26$ koni parowych.

Przykład 2. Z wysokości 9 stóp pol. spada wody w jednéj sekundzie czasu 12 stóp kubicznych, jaki będzie skutek bezwzględny téj wody?

Jedna stopa kubiczna wody waży 58,91 funtów polsk. (obacz str. 96); a zatém ciężar 12 stóp kub. wody będzie $12 \times 58,91 = 706,92$ funt. Pomnożywszy ten ciężar przez spadek, otrzymamy szukany skutek $706,92 \times 9 = 6362,28$ stopofuntów; że zaś 675 stopofuntów polskich równa się sile jednego konia parowego, przeto

$$\text{skutek wody} = \frac{6362,28}{675} = 9\tfrac{1}{2} \text{ koni parowych.}$$

Przy obliczaniu sił wodnych, następujące formuły będą miały ciągłe zastósowanie i dla tego podajemy je tutaj.

Miary i wagi podane są w metrach i kilogramach.

$$1)\quad A = \frac{1000}{75} M.\,H.$$

$$2)\quad M = \frac{75.\,A}{1000\,H}.$$

$$3)\quad H = \frac{75.\,A}{1000\,M}, \text{ gdzie}$$

M oznacza ilość wody przepływającéj w sekundzie czasu,

H spadek, zaś

A bezwzględny skutek w koniach parowych.

Jeżeli koło zanurza się w płynącéj wodzie, jak to ma miejsce wpływakach, gdzie różnica wysokości spadku przed kołem i po za kołem, jako zbyt mała, nie bierze się w rachunek, to wtedy skutek bezwzględny wody ocenia się z siły żywéj, jaką płynąca woda posiada.

Przykład 1. Przy 4-metrowym spadku, mamy otrzymać skutek bezwzględny 50 koni parowych, to potrzebna ilość wody w sekundzie musi wtedy wynosić:

$$M = \frac{75 \times 50}{1000 \times 4} = 0,9375 \text{ metrów kub.}$$

365. Koła wodne pionowe. Koła pionowe dzielą się jak następuje:

1) Na koła *podsiębierne*, *piersiowe* (śródbierne) i *nasiębierne*; stósownie do tego, jak woda wywiera na nie swój skutek od dołu, w środku osi koła, albo téż zupełnie z wierzchu.

2) Na koła *łopatkowe* i *skrzynkowe*. Koła pierwsze dzielą się jeszcze na koła z łopatkami płaskiemi i zakrzywionemi.

3) Na koła *dawniejsze* i *nowsze*. Do ostatnich należą np. koła Ponceleta, Sagebiena, Zuppingera i t. p.

We wzorach, jakiemi posiłkować się będziemy przy obliczeniach kół wodnych, poniższe głoski, mają następujące znaczenie:

M ilość wody w jednéj sekundzie czasu, H spadek, N skutek użyteczny koła, w koniach parowych, V chyżość wody przy wejściu na koło, w sekundzie czasu, v chyżość obwodowa koła, w sekundzie czasu, D średnica koła, b szerokość koła, równolegle z wałem, t głębokość koła, czyli różnica między promieniem obwodu zewnętrznego, a promieniem obwodu wewnętrznego, a kąt, jaki tworzy chyżość V z obwodem koła.

366. Ogólne zasady przy budowie kół wodnych. 1) *Woda o ile się da, powinna wchodzić na koło, w kierunku stycznéj do obwodu koła.* Przypuśćmy, że wchodzi w kierunku mn (Fig. 304), i niechaj $mn = V$. Rozkładam mn za pomocą równoległoboku na dwie chyżości boczne, t. j. na mp i mq. Pierwsza chyżość boczna, skierowana jest ku osi i bywa straconą, gdyż nic na obrot koła nie wpływa. Tylko druga chyżość boczna $mq = V. \cos a$, styczna do obwodu koła, uskutecznia obrót koła. Należy więc tak mn skierować, aby mp było jak najmniéjsze, a mq jak największe co tylko jest możliwém wtedy, gdy woda wpływa na koło w kierunku zbliżonym do mq. Kierunek więc wpadu wody mn na Figurze 304, jest wyznaczony błędnie.

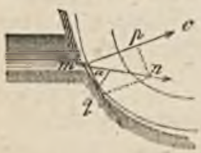


Fig. 304.

2) *Woda powinna spotykać koło bez uderzenia, i z jak najmniéjszą chyżością takowe opuszczać.* Woda spotkawszy się z kołem, zmienia swoją chyżość V (styczną do obwodu koła jakeśmy to na powyższéj figurze widzieli) natychmiast na chyżość obwodową v; tym więc sposobem utraca część swojéj siły żywéj, proporcyonalnie do wielkości $(V-v)^2$. Wtedy woda odbywa ruch jednocześnie z kołem i opuszcza takowe z chyżością v. Strata jaką ztąd siła żywa poniosła, jest proporcyonalna wielkości v^2. Ztąd wypada:

$$\frac{\text{Strata pracy przy wejściu wody na koło i opuszczeniu go}}{\text{Bezwzględna praca wody}} = \frac{(V-v)^2 + v^2}{19{,}62.\ H.}$$

Ten stosunek wypadnie wówczas minimum, gdy $v = 0{,}5.\ V$. Ztąd wyprowadzamy zasadę następującą: Chyżość obwodowa koła wodnego, powinna się równać połowie chyżości wody wpływającéj na koło. Dobre przymioty koła wodnego polegają na tém, aby wartość na v była o ile można zbliżoną do 0,5 V, to jest nie była mniéjszą od 0,35 V, a nie wyższą od 0,65 V. Wtedy i rożnice w skutkach kół nie będą znaczne.

Przykład. Niechaj będzie spadek $= 0{,}5^m$, chyżość wody $= 3^m$, koła $= 1{,}4^m$. Jak wielka jest strata w pracy przy wchodzie i wychodzie wody?

$$\text{Stosunek } \frac{(V-v)^2 + v^2}{19{,}62.\ H.} = \frac{(1{,}6)^2 + (1{,}4)^2}{19{,}62 \times 0{,}5} = \frac{4{,}52}{9{,}81} = 0{,}46;$$

t. j. tak się ma praca stracona do bezwzględnéj pracy wody, jak 46 do 100; a więc traci się 46 procentów z całkowitej pracy wody. Z tego przypada 26 procentów przy wchodzie, a 20 procentów przy wychodzie wody z koła.

3) *Strata wody powinna być jak najmniéjszą.* W kołach łopatkowych woda przepływa swobodnie pomiędzy łopatkami a pogródką; nic sprawiając żadnego skutku; dla tego koła powinny być dokładnie okrągłe, zaś pomiędzy

obwodem zewnętrznym koła a pogródką tak z boku jak z dołu łopatek, należy dawać jak najmniejsze światło. Pomimo małego światła w kołach podsiębiernych, których łopatki stoją od siebie zdaleka, woda przemyka się pomiędzy dolnemi brzegami łopatek, nie sprawiając żadnego skutku. Przy kołach znowu skrzynkowych, traci się skutek z powodu wylewania się wody ze skrzynek pierwéj zanim te, najniższego punktu dosięgły. Dla tego skrzynki należy budować głębokie i nie bardzo je napełniać.

4) *Średnica kół wodnych.* W kołach nasiębiernych średnica D wyznacza się spadkiem; innym kołom daje się średnicę 4 do 8 metrów, stosownie do okoliczności miejscowych.

5) *Liczba obrotów kół wodnych.* Aby otrzymać liczbę obrotów koła w jednéj minucie czasu, dzielę drogę $60\,v$, jaką obwód koła w jednéj minucie czasu robi, przez obwód $D.\,\pi$.

6) *Liczba ramion koła.* Liczbę ramion otrzymuje się jeżeli średnicę D zwiększymy o 1, i zamiast rezultatu jaki ztąd wypadnie, najbliższą liczbę całą weźmiemy.

7) *Napełnianie kół łopatkowych i skrzynkowych.* Przy średnim dopływie wody, powinny się napełniać wodą przestrzenie łopatkowe do $^1/_2$, a przestrzenie skrzynkowe do $^1/_4$. Ponieważ przy wchodzeniu wody w koło w jednéj sekundzie czasu przebiega przestrzeń łopatkowa lub skrzynkowa $= a\,b\,v$, gdy na grubość łopatek nie zwracamy uwagi, więc owa przestrzeń powinna pomieścić w sobie wody równą ilości M.

Będzie więc dla kół łopatkowych . . . . . $b.\,t.\,v = 2.\,M.$

dla kół skrzynkowych . . . . $b.\,t.\,v = 4.\,M.$

8) *Stosunek między głębokością i szerokością kół dawniejszych.*

Podług Redtenbachera najkorzystniéjszy jest stosunek następujący:

Skutek bezwzględny	Łopatki		Skrzynki		Skutek bezwzględny	Łopatki		Skrzynki	
koni parow.	Głęb.	Szer.	Głęb.	Szer.	koni parow.	Głęb.	Szer.	Głęb.	Szer.
6	1 :	3	1 :	4	30	1 :	4,5	1 :	7
12	1 :	4	1 :	5	45	1 :	6	1 :	8
18	1 :	4,5	1 :	6	65	1 :	7	1 :	9
24	1 :	5	1 :	6,5	90	1 :	8	1 :	10

9) *Liczba łopatek i skrzynek.* Dla kół których stosunek między głębokością a szerokością podaliśmy wyżéj, bierze się dział dla koła zewnętrznego następujący:

Dział dla łopatek $= 0{,}4.\,t + 0{,}13$ metra.

„ „ skrzynek $= 0{,}4.\,t + 0{,}22$ „

Dzieląc owym działem obwód koła $D\pi$, otrzymamy liczbę łopatek. Na wypadek bierze się taką liczbę całą, która się da podzielić bez reszty przez liczbę ramion.

10) *Uchodzenie powietrza.* W każdém kole przy wchodzeniu wody do łopatek lub do skrzynek, winno powietrze miéć miéjsce do uchodzenia na zewnątrz. Dla tego w kołach łopatkowych dno wewnętrzne koła powinno być opatrzone otworami dla uchodzenia powietrza; a w kołach skrzynkowych otwór skrzynki w który woda wpada, powinien być szerszy od grubości strumienia wody.

367. Szczegółowe zasady budowy kół wodnych. 1) *Koło młyna pływaka*. Kiedy się koło buduje nowe, należy v brać między 0,4. V a 0,5. V, a powierzchnię łopatek obliczyć podług następującéj formuły:

$$S = \frac{N}{1{,}07 .\ V\,(V - v)\ v} \text{ metrów } \square .$$

2) *Koło podsiębierne w pogródce*. Koła tego rodzaju budują się wtedy, kiedy spadek nie przenosi 0,2 do 0,9 metra. Koło takie daje tylko 32 do 38 procentów skutku pożytecznego. Mając wybudować koło nowe (Fig. 305), należy znać M i H. Bierze się D od 4 do 7 metrów i kreśli się obwód zewnętrzny; następnie kreśli się część okrągłą $n\,n$ pogródki. Część ta zapobiegająca uchodzeniu wody nieużytecznie, powinna obejmować 2 do 2 $^1/_2$ łopatek; odległość zaś téj części $n\,n$ od zewnętrznego obwodu, jeżeli koło jest drewniane, może wynosić 1 cent.; jeżeli koło jest żelazne $^1/_2$ centym. Oznaczmy $V = \sqrt{19{,}62 .\ H}$ ze spadku H (Tablica str. 286, § 285) i weźmy $v = 0{,}45\ V$; obliczmy za pomocą v i formuły $b\,t\,v = 2\ M$ szerokość i głębokość koła i poprowadźmy dolne lustro wody AB tak, aby głębokość wody w B była równą około 0,55. t; odcinam teraz spadek H i kreślę górne zwierciadło wody w C. Stawidło przysuwam do samego koła i zaokrąglam go z dołu, aby ciśnienia żyły wodnéj o ile możności uniknąć. Wysokość otworu w m daje się około 0,28. t. Kanał przypływowy $m\,n$ powinien się równać $\frac{1}{20}$ do $\frac{1}{15}$ wysokości spadku, a kanał odpływowy leżeć powinien niżéj 5 do 10 centymetrów aniżeli punkt n. Nie łopatka najgłębiéj zanurzona, ale sąsiednia najbliższa, po prawéj stronie, winna mieć kierunek pionowy.

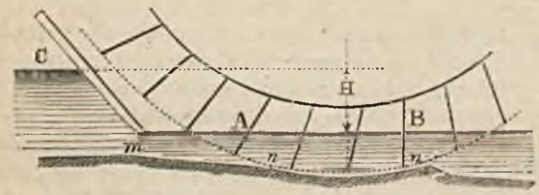


Fig. 305.

Przykład. Mamy wybudować koło wodne podsiębierne dla ilości wody 2,5 metrów kub. w sekundzie czasu, którą podnieść można za pomocą stawidła do 0,8^{m}. Jaki będzie tego koła skutek użyteczny i jakie temu kołu podsiębiernemu należy dać wymiary? Rachunek jest następujący:

Ciężar wody przepływającéj w sekundzie czasu . . . = 2500 kilogr.

Skutek bezwzględny (mnoży się ciężar wody przez spadek, a iloczyn ten dzieli się przez 75), $\frac{2500 \times 0{,}8}{75}$ = 26,6 koni parow.

Skutek użyteczny przypuśćmy 33 procentów $0{,}33 \times 26{,}6$ = 8,8 koni „

Chyżość wody pod stawidłem przy wysokości ciśnienia $H = 0{,}8^{m}$ = $3{,}96^{m}$

Zatém chyżość obwodowa koła . . . . $0{,}45 \times 3{,}96$ = 1,78

Dla 24 koni parowych stosunek 6 : t czyli szerokości do głębokości . . . . = 5.

Zatém $b.\ t.\ v = 2\ M.$ zamieni się na : $5\,t \times t \times 1{,}78 = 2 \times 2{,}5$.

Zkąd otrzymamy głębokość koła $t = \sqrt{\frac{2 \times 2{,}5}{5 \times 1{,}78}} = 0{,}76^{m}$

Więc szerokość koła będzie . . . . . $5 \times 0{,}76 = 3{,}80^m$
Grubość strugi wodnéj pod stawidłem . $0{,}28 \times 0{,}76 = 0{,}21^m$
Średnica koła (przyjęta) . . . . $= 6^m$
Liczba ramion . . . . $D + 1 = 7$
Dział łopatkowy (przez próbowanie) $0{,}4 \times 0{,}76 + 0{,}13 = 0{,}434^m$
Ponieważ zaś obwód koła . . . . $6 \times 3{,}14 = 18{,}84^m$
Przeto byłaby liczba łopatek . . . . . . $\frac{18{,}84}{0{,}434} = 43.$
Z czego dla 7 ramion należy wziąć . . . . . $6 \times 7 = 42.$
Liczba obrotów tego koła w minucie . . $\frac{60 \times 1{,}78}{18{,}84} = 5{,}67.$

3) *Budowa koła piersiowego.* Tego rodzaju kół używa się przy spadkach pomiędzy 0,6 a 2,0 metrów; przy mniéjszych spadkach, dają one skutek użyteczny 40 procentów, a przy spadkach większych do 55 procentów, Fig. 306.

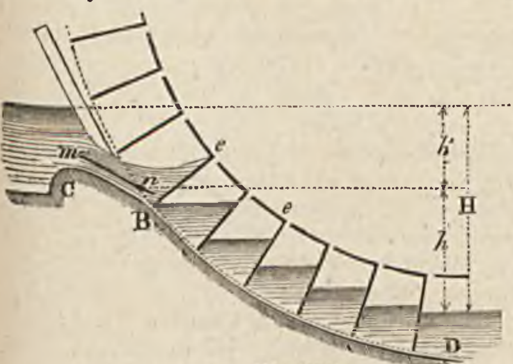


Fig. 306.

Średnica takim kołom daje się od 4 do 7 metrów; kreślę zewnętrzny obwód koła, oraz część okrągłą BD pogródki w taki sposób, aby odległość tych dwóch łuków między sobą dla kół żelaznych nie przenosiła 6 millimetrów, a dla kół drewnianych 10 millimetrów następnie oblicza się szerokość i głębokość koła, kreśli się okrąg koła wewnętrznego, następnie dolne lustro wody w taki sposób aby łopatka najniższa zakrytą była wodą przynajmniéj $\frac{55}{100}$ swojéj szerokości, odcinam spadek H i kreślę linię poziomu górnego wody. Wysokość uderzenia wody h' biorę pomiędzy 0,45 a 0,70 metra, przez co otrzymamy wysokość ciśnienia wody $h = H - h'$, jako też i miejsce n, gdzie środkowa struga wody winna do koła wchodzić. Pierś BC powinna być krótka i tak zakrzywiona, aby struga wody mn o ile można, trafiała stycznie na obwód koła. Stawidło daje się ukośnie i z dołu w kierunku mn zaokrąglone. Odpowiednie wartości spadku uderzającego h i chyżości wody wchodzącéj V. są następujące:

Spadek uderzenia . .	$h =$	0,45	0,50	0,55	0,60	0,65	0,70 metra
Chyżość wody wchodzącéj	$V =$	2,97	3,10	3,28	3,43	3,58	3,70 „

Z chyżości obwodowéj koła $= 0{,}5\ V$, obliczę liczbę obrotów koła w minucie. W dnie koła w punktach e, e należy porobić otwory dla uchodzenia powietrza.

4) *Koło łopatkowe z wchodem przewałowym.* (Fig. 307). Koła takie budują się przy spadkach 1,5 do 2,5 metrów i dają skutek użyteczny 55 do 65 procentów. Średnica, szerokość i głębokość koła, tudzież łuk pogródki etc. daje się tak samo jak i przy kole piersiowém. Przewał należy z góry za-

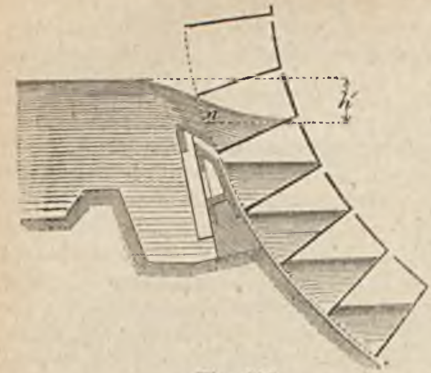


Fig. 307.

okrąglić w kierunku wpływającéj żyły wody. Kanał przypływowy bywa 6 centymetrów węższy od szerokości koła. Z ilości wody M w sekundzie czasu i z szerokości przewału b, oznacza się głębokość górnego grzbietu przewału pod górnym poziomem wody, przy pomocy formuły (patrz Tabl. na str. 286).

$$\sqrt[3]{\frac{M}{19{,}62 \times 0{,}42 .\ b^2}} \cdot$$

Jeżeli podług tego narysujemy przewał oraz żyłę wodną, to otrzymamy miejsce n gdzie żyła na koło natrafia, a tém samém i spadek uderzenia h'. Ztąd otrzymamy chyżość wody wpadającéj $V = \sqrt{19{,}62 .\ h'}$, z czego na chyżość obwodową należy wziąć 0,50 do 0,55. Jeżeli np. $h' = 0{,}4$ metra, to $V = 2{,}8$ metrów, a zatém $v = 1{,}4$ do 1,54 metra.

5) *Koło łopatkowe z wchodem kulisowym.* Takiego koła używa się przy spadkach 2,5 do 4 metrów (Fig. 308); daje ono skutek użyteczny od 60 do 65 procentów. Średnica jego bierze się dla mniéjszych spadków $= 2\ H$, a dla większych spadków $= 1{,}8\ H$. Rysuje się go w taki sam sposób jak koło piersiowe. Kanały czyli kulisy zbudowane z blachy żelaznéj, powinny wprowadzać wodę na koło, o ile można w kierunku stycznym do obwodu koła; nie powinny jednak zakrzywiać się gwałtownie. Narysowawszy 3 do 5 takowych kanałów, mierzy się dolne otwory prostopadle do żyły wodnéj, tudzież wysokość ciśnienia dla każdego otworu, i oblicza się z tego ilość wody przepływającéj kanałem pierwszym, kanałem pierwszym i drugim, tudzież 1-m, 2-m i 3-m i t. d., aż natrafimy na liczbę kanałów, jaka jest w stanie przepuścić odpowiednią i potrzebną ilość wody. Spółczynnik wypływu bierze się tutaj $= 0{,}70$. Przytém spadek uderzenia h', czyli głębokość punktu n, gdzie środkowa żyła wody na koło natrafia, powinna leżeć pod górném zwierciadłem wody, w granicach pomiędzy 0,45 a 0,60 metra. Chyżość obwodowa koła będzie $= 0{,}5 \sqrt{19{,}62 .\ h'}$. Ta wartość stoi zwykle pomiędzy 1,5 a 1,7 metrów.

Fig. 308.

6) *Koło grzbietowe skrzynkowe* (Fig. 309). Używa się wtedy takiego koła, kiedy spadek wody wynosi 3,5 do $6{,}5^m$. Skutek pożyteczny wynosi 65 do 70 procentów. Średnicę kołu daje się zwykle $\frac{13}{10}$ do $\frac{14}{10}$ spadku. Woda wchodzi tu

Fig. 309.

na koło kanałami czyli kulisami z blachy żelaznéj, jak w kole poprzedniém. Woda powinna kulisami wpływać w kierunku zewnętrznych ścian skrzynek. Spadek uderzenia h' sięga aż do lustra wody napełniającéj najwyższą skrzynkę. Wartość h' przypada między 0,45 a 0,60 metra, zaś $v = 0{,}5\sqrt{19{,}62 . h'}$.

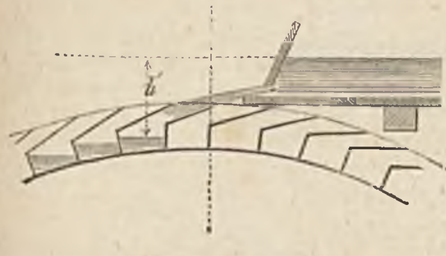


Fig. 310.

7) *Koło nasiębierne.* Figura 310 przedstawia nam takie koło; używa się go przy spadkach 3,5 do 12 metr. Dla spadków wyższych nad 12 metrów, koło wypadałoby za ciężkie i wielkie. Przy mniéjszych spadkach, daje skutek użyteczny od 0,60 do 0,65, a przy wielkich spadkach od 0,70 do 0,78. Ściany zewnętrzne skrzynek, powinny być ustawione w kierunku wpadania żyły wodnéj na koło. Woda w kanale przypływowym, winna być tak podniesiona, aby spadek uderzenia $h' = 0{,}40$ do 0,56 metra, w skutek czego $v = 1{,}4$ do 1,7 metra. Koło powinno sięgać od dolnego lustra wody aż do kanału doprowadzającego wodę, aby nic na spadku nie stracić.

8) *Koło Ponceleta.* Takie koło przedstawia Fig. 311. Ma ono łopatki krzywe, wykonane z blachy żelaznéj, których części dolne, mają kształt kierunku przypływającéj na koło wody. Tym sposobem woda bez uderzenia wpływa na koło, podnosi się wzdłuż łopatek w górę i ciśnie przytém nieustannie na owe łopatki w kierunku obrotu koła, przez co utraca blizko połowę swojéj pierwotnéj chyżości. Następnie spada wzdłuż łopatek n a d ó ł, uciskając je ciągle i utraca przez to jeszcze znakomitą część swojéj chyżości, jaka jéj jeszcze została. W końcu wpada z małą bezwzględną chyżością do kanału odprowadzającego wodę.

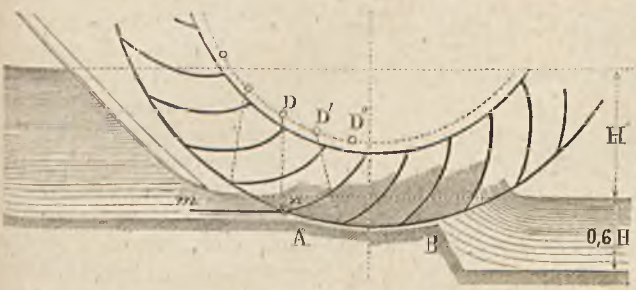


Fig. 311.

Koła tego używa się przy spadkach 0,7 do 1,5 metra, a dla ilości wody od 1 do 5 metrów kubicznych w sekundzie czasu.

Przy obliczaniu tych kół, postępuje się w sposób następujący:

Zewnętrzna średnica koła daje się zwykle . . . . $D = 4 . H$.
Chyżość wody wchodzącéj na koło w przybliżeniu . . $V = \sqrt{19{,}62 . H}$.
Najkorzystniéjsza chyżość obwodowa . . . . $v = 0{,}55 . V$.
Głębokość koła . . . . $t = 0{,}5 . H$.
Szerokość koła (napełnienie $\frac{10}{17}$) . . . . $b = \dfrac{3 . M}{v . H}$

Długość okrągłego kanału AB . . . . $= \frac{1}{12} D. \pi$.

Nachylenie kanału pod stawidłem . . . . $= \frac{1}{12}$.

Wysokość otworu stawidła . . . . $= 0{,}20\ H$.

Niechaj $m\,n$ będzie środkowym kierunkiem żyły wody wchodzącéj na koło. Prowadzę liniję $n\,D$ prostopadle do $m\,n$, czynię $n\,D = 0.7.\ H$, to punkt D będzie środkiem przy zataczaniu łuku n stanowiącym łopatkę. Tak samo punkta D', D'',..... są środkami krzywizn reszty łopatek.

Skutek użyteczny takich kół:

przy spadku od 0,7 do 1,2 metrów		0,60 do 0,65
„ „ od 1,2 do 1,5	„	0,55 do 0,60.

Przykład. Mamy wybudować koło Ponceleta na 2,4 metrów sześciennych wody, przy spadku 1,5 metra.

Średnica zewnętrzna koła . . . . $4 \times 1{,}5 = 6^{m}$

Chyżość wody wchodzącéj na koło . . $\sqrt{19{,}62 \times 1{,}5} = 5{,}425^{m}$

Chyżość obwodowa koła . . . . . $v = 0{,}55 \times 5{,}425 = 2{,}98^{m}$

Głębokość koła . . . . $^1/_2\ H = 0{,}5 \times 1{,}5 = 0{,}75^{m}$

Szerokość koła . . . . $\frac{3 \times 2{,}4}{2{,}98 \times 1{,}5} = 1{,}62^{m}$

Wysokość otworu stawidła w przybliżeniu $0{,}20 \times 1{,}5 = 0{,}30^{m}$.

Liczba obrotów w minucie czasu $\frac{60.\ v}{D.\ \pi} = \frac{60 \times 2{,}98}{6 \times 3{,}14} = 9{,}49$

Skutek bezwzględny w koniach parowych $\frac{2400 \times 1{,}5}{75} = 48$

Skutek użyteczny, biorąc 60% . $0{,}60 \times 48 = 28{,}8$ koni parowych.

Fig. 312.

9) *Koło Zuppingera.* Fig. 312 przedstawia nam takie koło. Jest ono zbudowane z zakrzywionych łopatek blaszanych, stanowiących skrzynki. Skrzynki te są całkiem napełnione wodą, tak, że $b.\ v.\ t. = M$. Promień koła wewnętrzny, winien być tylko cokolwiek mniéjszy od spadku. Woda powinna wolno wchodzić na koło, aby przez uderzenie tracić mało pracy. Woda może wpływać na koło z przodu albo z boku. Jeśli woda wchodzi z przodu, to z boku zasłonięta jest ścianami $a\,b\,c\,d\,e\,f$. Jeżeli się mało traci wody, to praca użyteczna tego koła będzie równa 0,70 do 0,75 procentów.

10) *Koło Sagebiena.* Koło to przedstawia Figura 313. Jest to koło podsiębierne, posiadające wielką głębokość o napełnieniu prawie całkowitém, używane przeto jest przy wielkiéj ilości wody, lecz o małym spadku. Jego

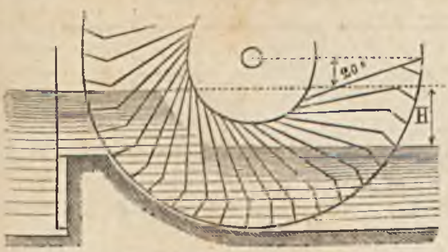


Fig. 313.

dział jak widzimy, jest bardzo mały, opatrzone zatém jest wielką ilością łopatek. Całkowita więc ilość wody wprowadza się tu w działanie, nie mogąc bezpożytecznie uchodzić. Prócz tego woda powinna wchodzić na kolo powoli, to jest sprawiać małe uderzenie. W skutek czego i chyżość obwodowa koła jest tutaj mała, np. 0,50 do 0,80^m. Wewnętrzne zboczenie łopatek z kierunku promienia, wynosi w przybliżeniu 20^0. Jeżeli kanał jest szczelnie zamknięty, to praca użyteczna koła może się podnieść do 0,75 procentów.

368. Skutek pożyteczny kół wodnych. Skutek pożyteczny dawniéjszych kół wodnych, daje się obliczyć według Morina podług wzorów następujących:

1) Koło podsiębierne bez pogródki, gdy S wyraża część zanurzoną powierzchni łopatek:

$$N = 1{,}07.\ S.\ V\,(V - v)\,v.$$

2) Koło podsiębierne w pogródce:

$$N = 0{,}83.\ M\,(V - v)\,v.$$

3) Koła piersiowe, gdy h oznacza spadek ciśnienia (odległość pionową od miejsca gdzie woda na koło wchodzi, aż do lustra dolnego wody):

$$N = 10\,M\,h + 1{,}02\ M\,(\text{dos}\ a - v)\,v.$$

4) Koła grzbietowe i nasiębierne, gdzie h ma powyższe znaczenie:

$$N = 10{,}4.\,M\,h + 1{,}31\ M\,(V.\ \text{dos}\ a - v)\,v.$$

Przybliżone wartości skutków pożytecznych, wykazane są w tablicy poniższéj, na str. 424.

Przykład. W kole nasiębiernem niechaj $M = 0{,}24$ metrów sześciennych; $h = 6^m$; $h' = 0{,}46^m$; $v = 1{,}5^m$; $a = 25^0$; jak wielki będzie skutek pożyteczny i stopień działalności koła?

Spadek uderzający h' (str. 286, § 285) $V = 3^m$
Daléj $a = 25^0$ (str. 74, § 114) dos $25^0 = 0{,}9063$.

Z pomocą zatém ostatniego wzoru otrzymamy:

$$N = 10{,}6 \times 0{,}24 \times 6 + 1{,}31 \times 0{,}24\ (3 \times 0{,}9063 - 1{,}5) \times 1{,}5.$$

Skutek pożyteczny $N = 14{,}98 + 0{,}57 = 15{,}55$ koni parowych.
Że zaś całkowity spadek . $6 + 0{,}46 = 6{,}46^m$

Zatém praca bezwzględna $\dfrac{240 \times 6{,}46}{75} = 20{,}67$ koni parowych.

A więc stopień działalności koła $\dfrac{15{,}55}{20{,}67} = 0{,}752.$

Tablica przedstawiająca najgłówniejsze dane kół wodnych.

Rodzaj koła wodnego	Spadek	Ilość wody	Chyżość obwodowa	Średnica	Stopień działalności czyli skutku
	metrów	metr. kub.		metrów	
Koło podsiębierne . .	0,2 do 0,9	0,0 do 5,0	$0,4\sqrt{2gH}$.	4,0 do 7,0	0,32 do 0,38
Koło piersiowe	0,6 do 2,0	0,6 do 4,0	1,8 metrów	3,0 H do 5 H	0,40 do 0,50
Koło łopatkowe z przewałem . .	1,5 do 2,5	0,0 do 2,5	1,4 „	2,5 H do 3 H	0,55 do 0,65
Koło łopatkowe kulisowe	2,5 do 4,0	0,5 do 2,5	1,6 „	1,8 H do 2 H	0,60 do 0,65
Koło grzbietowe skrzyn.	3,5 do 6,5	0,4 do 1,3	1,5 „	1,3 H do 1,4 H	0,65 do 0,70
Koło nasiębierne o małym spadku	3,5 do 5,0	0,0 do 0,7	1,4 „	H — 0,42	0,60 do 0,65
Koło nasiębierne o wielkim spadku .	6,0 do 12,0	0,0 do 0,7	1,5 „	H — 0,48	0,70 do 0,78
Koło Ponceleta	0,7 do 1,5	1,0 do 1,5	$0,55\sqrt{2gH}$.	4 H	0,55 do 0,65
Koło Zuppingera. . . .	0,5 do 2,5	0,1 do 1,3	0,7 metra	H + 2,2 t	0,60 do 0,75
Koło Sagebiena	0,2 do 2,2	0,7 do 4,0	0,7 „	3,5 t	0,65 do 0,75

369. Koła turbinowe czyli turbiny Jonvala. Rozróżniają się dwa systemata turbinów. W pierwszym wpływa woda do turbiny z chyżością, odpowiadającą prawie całkowitéj wysokości spadku H. Woda więc pracuje tu za pomocą siły żywéj w niéj zawartéj. Takie turbiny nazywają się turbinami cisnącemi. Tutaj należą turbiny Ponceleta i Girarda.

W drugim systemie wchodzi woda do turbiny z chyżością daleko mniéjszą od $\sqrt{2gH}$., dla tego dzieli się tu spadek H na dwie części. Jedna część H odpowiadająca chyżości, zamienia się w pracę żywą; druga znów część H działa tu jak zwykłe ciśnienie hydrostatyczne na łopatki koła. Takie turbiny nazywają się *reakcyjnemi* czyli *oddziaływającemi*. Tutaj należą koła Segnera, Fourneyrona i Jonvala.

Turbina Segnera czyli tak nazwana szkocka daje mniéj korzystny skutek od turbiny Jonvala lub Fourneyrona, a Jonvala znów korzystniéjszy od Fourneyrona. Nawet turbina Jonvala jest łatwiéjszą do budowy niż Fourneyrona, z tego więc powodu turbina Jonvala co raz więcéj usuwa z użycia inne turbiny reakcyjne.

1) *Urządzenie turbiny Jonvala.* Figury: 314, 315 i 316 przedstawiają urządzenie, gdzie woda wpływa z kanału przypływowego przez rurę pionową A do koła kierowniczego B, którego łopatki są stałe, i wodę z kierunku pionowego, wprowadzają z boku w kanały śrubowo skręcone. Z tamtąd udaje się woda do kanałów C właściwéj turbiny czyli koła obrotowego, którego łopatki zwinięte są również śrubowo, ale w kierunku odwrotnym. Skutkiem tego przeciwnego położenia ciśnie woda normalnie na łopatki turbiny, obraca tako-

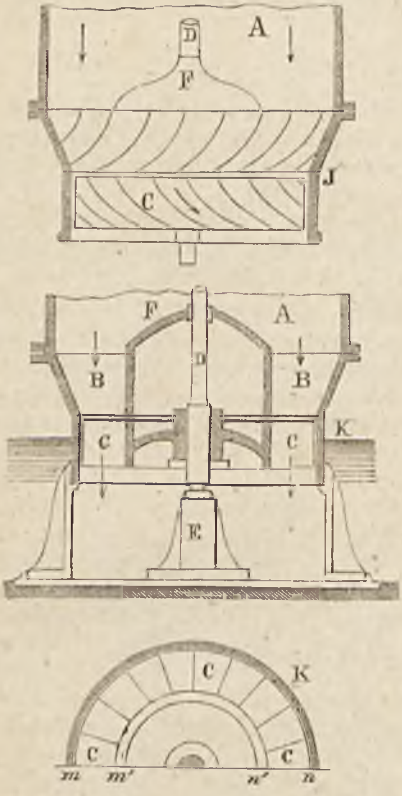


Fig. 314, 315, 316.

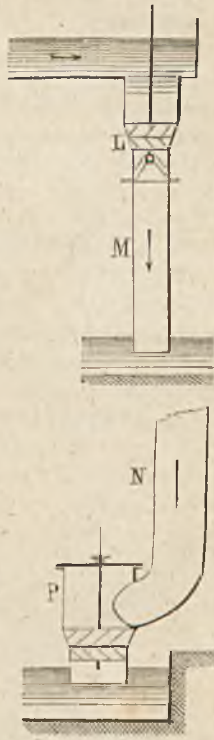


Fig. 317 i 318.

we około osi pionowéj D, oddaje większą część swojéj pracy żywéj turbinie i spływa z małą chyżością prawie w kierunku pionowym do kanału odpływowego. Aby woda mogła jednostajnie wpływać do kanałów kierowniczych B, daje się częstokroć ostrokręgowy léj F na około wału. Płaszcz K okrywający turbinę, winien leżeć tuż nad wodą odpływającą, a nawet może się w niéj zanurzać.

2) *Urządzenie turbiny dla wielkich spadków.* Przy wielkich spadkach można turbinę, teoretycznie uważając, ustawić $10{,}33^m$ po nad dolném lustrem wody (takie ciśnienie wody odpowiada jednéj atmosferze), jeżeli płaszcz tur-

biny jest szczelny i zanurza się w wodzie dolnego kanału. W praktyce wysokość tę nie bierze się większą nad 8 metrów. Przy bardzo wielkich spadkach, prowadzi się wodę z boku rurą N do cylindra P, pod którym umieszczone są koło kierownicze i turbinowe. Otwór pomiędzy wałem a pokrywą P zamyka się zwyczajną sztopfbuksą.

3) *Średnica turbiny.* Na figurze 316, $m\,n$ oznacza średnicę wewnętrzną, a $m'\,n'$ średnicę zewnętrzną turbiny. Połowa summy tych średnic, stanowi średnicę średnią. Najmniejszą wartość jaką średnica średnia mieć winna, wyraża wzór następujący:

$$(1) \quad d^2 = 1{,}3 \frac{M}{\sqrt{H}}, \text{ gdzie}$$

d oznacza średnicę średnią, M ilość wody na sekundę, a H całkowity spadek; wszystkie miary wyrażone są w metrach. Wartość na d można wziąć większą jak wzór (1) wskazuje. Dla wielkich spadków jest to nawet koniecznością, aby chyżość turbiny, nie wypadła zą wielką.

4) *Wysokość kół.* Jeżeli już d obliczoném zostało, to należy wziąć za wysokość koła $^1/_6\ d$ dla wielkich turbinów, a $^1/_4\ d$ dla małych turbinów, a za wysokość koła kierowniczego około $^6/_5$ wysokości koła turbinowego.

5) *Liczba łopatek.* Turbinom daje się 16 do 36 łopatek, stósownie do tego czy są mniejsze lub większe, zaś kołu kierowniczemu 12 do 27. Dzieląc średni obwód $d\,\pi$ przez liczbę łopatek, otrzymamy dział łopatek.

6) *Kreślenie łopatek.* Dane otrzymane z rachunku, należy na większą a nawet na naturalną skalę narysować. Należy sobie wystawić, że łopatki kierownicze i kołowe przecięte są powierzchnią walca, o średnicy średniéj d, i że są tak rozciągnięte, aby stanowiły płaszczyznę. Fig. 319 przedstawia tego rodzaju przekrój. Tutaj odległości poziome $x\,x' = y\,y' = \ldots$ powinny się równać działowi koła kierowniczego $z\,z' = \ldots$ Łopatki powinny być jednostajnie zakrzywione, winny mieć powierzchnię gładką, a dołem powinny się zamieniać na linije proste i biedz od siebie równoodlegle, aby ściśnienia żyły wodnéj uniknąć.

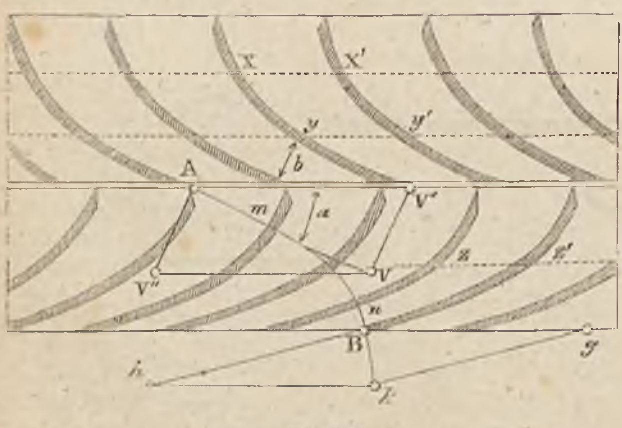


Fig. 319.

7) *Chyżość teoretyczna wody.* Niechaj woda wypływa w kierunku Av z koła kierowniczego, a wpływa w kierunku Av'' do koła turbinowego. Przenoszę wartość v poniżéj wyrachowaną, na liniję Av Fig. 319, i dopełniam równoległoboku $Av'v''v$, to Av'' będzie prędkością z jaką woda spływa z góry do

kanałów turbiny zaś Av będzie chyżością obrotu turbiny na środkowym obwodzie. Niechaj teraz kąt $v\,A\,v' = a$, kąt $v\,v'\,A = a'$, to według Redtenbachera, będzie teoretyczna chyżość, z jaką woda z koła kierowniczego wypływa:

$$(2) \quad v = \sqrt{g\,H \frac{\text{wst } a'}{\text{dos } a.\ \text{wst } (a + a')}},$$

gdzie $g = 9{,}81^{\text{m}}$ przyspieszeniu przy wolném spadaniu ciała.

Niechaj $a = 22^0$, $a' = 75^0$, więc $a + a' = 97^0$, przeto podług Tablicy trygonometrycznéj, str. 74 będzie: wst $75^0 = 0{,}9659$, wst $97^0 =$ wst $83^0 = 0{,}9925$, dos $18^0 = 0{,}9272$, a zatém:

$$v = \sqrt{g\,H \frac{0{,}9659}{0{,}9272.\ 0{,}9925}} = 1{,}024\ \sqrt{gH}.$$

Jeżeli kąty a i a' czynią razem 90^0, to jest gdy Av'' jest prostopadłą do Av, to wzór (2) zamieni się w następujący:

$$(3) \quad v = \sqrt{g\,H}.$$

Z trójkąta $v\,v'A$ otrzymujemy teoretyczne chyżości v' i v'' z następujących wzorów.

$$(4) \quad v' = v\,\frac{\text{wst } (a + a')}{\text{wst } a'} \qquad v'' = v\,\frac{\text{wst } a}{\text{wst } a'}.$$

8) *Chyżość rzeczywista.* Z powodu tarcia wody bierze się zwykle $0{,}95\,v$ zamiast v, a oprócz tego z powodu rozmaitych przeszkód jakich woda doznaje przebywając drogę z jednego do drugiego koła, bierze się zwykle $0{,}95\ v'$ zamiast v', i $0{,}96\ v''$ zamiast v'', dla tego rzeczywista chyżość obrotowa wynosić będzie tylko $0{,}95 \times 0{,}95 = 0{,}90$ teoretycznéj chyżości.

9) *Wartości kątów* a i a'. Kąt a powinien być jak najmniéjszy. Daje się mu zwykle od 14^0 do 24^0. Kąt zaś a' może być obrany dowolnie. Najodpowiedniéjsze jednak jego wartości znajdują się pomiędzy 60^0 a 70^0. Jeżeli się ten kąt weźmie większy, to łopatki za nadto wypadną zakrzywione.

10) *Chyżość wody przy opuszczaniu turbiny.* Niechaj Bh stanowi kierunek łopatek na dole. Uczyńmy $B\,h = B\,g =$ chyżości obrotowéj v' turbiny i wykreślmy równoległobok $B\,h\,k\,g$, to $B\,h$ będzie chyżością względną, z jaką woda w kierunku łopatek do turbiny wpływa, zaś $B\,k$ chyżością bezwzględną, z jaką woda odchodzi z turbiny do kanału odpływowego. Ta chyżość $B\,k$ powinna być mała, gdyż podług tego ocenia się wartość żywéj pracy wody, któréj nie oddała turbinie, a zatém straconą została. Aby jednak $B\,k$ wypadło ilością małą, musi i kąt $B\,g\,k$ być małym, a zatém dolne końce łopatek o ile możności powinny być poziome. Aby to osiągnąć, robi się kanały turbiny ku dołowi szersze w kierunku promieni, t. j. robi się łopatki koła ku dołowi dłuższe, niż w turbinie Girarda.

11) *Normalna szerokość kanałów kierowniczych.* Ta szerokość b (Fig. 319) w dolnym końcu otrzymuje się z rysunku. Za pomocą zaś rachunku, otrzymuje się w sposób następujący:

Dajmy kołu kierowniczemu np. 16 łopatek, więc $\frac{d\,\pi}{16}$ będzie działem, czyli $\frac{d\,\pi}{16}$ wst a będzie wartością szerokości b, jeżeli na grubość łopatek nie zwrócimy uwagi. Jeżeli grubość łopatki $= e$, wtedy szerokość kanału:

$$b = \frac{d\,\pi}{16}\ \text{wst } a - e.$$

12) *Długość łopatek.* Ta długość, którą przez t oznaczamy, stanowi różnicę $m\,m'$ (Fig. 316) promieni kół wewnętrznego i zewnętrznego. Jeżeli np. koło kierownicze posiada 16 łopatek, to $16.\,b\,t$ będzie przekrojem dla wszystkich kanałów na dolnym końcu, więc $16.\,bt.v = M$. ilości wody w sekundzie czasu, w przypuszczeniu, że dolne końce łopatek kierowniczych, są od siebie równoległymi, aby ściśnienia żyły wodnéj nie sprawiały. Ztąd wypada przy 16 kierowniczych łopatkach:

$$\text{długość łopatki } t = \frac{M}{16.\,b\,v}.$$

13) *Normalna szerokość kanałów turbinowych.* Niechaj te szerokości będą (Fig. 319) w górnym końcu Am, a w dolnym Bn. W końcu Am przepływa woda z chyżością v'', w końcu zaś Bn z chyżością v'. Jeżeli koło turbiny opatrzone jest 20 łopatkami, to $20.\,Am \times t \times v'' =$ ilości wody M. Ztąd otrzymujemy dla 20 łopatek turbiny, jeżeli spółczynnik wypływu przyjmiemy 0,95:

$$Am = \frac{M}{20.\,t\,v} \qquad Bn = \frac{M}{0{,}95 \times 20.\,tv}.$$

Łopatki w taki sposób należy ustawić i tak je zakrzywić, aby powyższym warunkom w zupełności odpowiadały.

14) *Średnica turbiny zewnętrzna i wewnętrzna.* Średnica zewnętrzna $= d + t$, a wewnętrzna $d - t$. Średnicę górną koła kierowniczego (Fig. 314 i 315) bierze się zwykle cokolwiek większą od średnicy dolnéj.

15) *Droga bezwzględna wody w kanale turbiny.* Woda wpływa z chyżością Av do koła. Struga Av spotyka łopatkę w punkcie m (Fig. 319). Kropla wody w punkcie m odbywa odtąd dwa ruchy, jeden w kierunku łopatek koła, a drugi w kierunku obrotu. Z kombinacyi chyżości tych obudwóch ruchów, dla téj saméj kropli wody m w kierunku na dół, otrzymuje się rzeczywistą drogę jaką woda odbywa, przepływając przez turbinę. Tę drogę na Figurze 319 przedstawia statecznie krzywa linija mB.

16) *Liczba obrotów turbiny* w minucie czasu, łatwo znalezioną być może, jeśli drogę $60.\,v$, jaką punkt na średnim obwodzie przebiega przez tenże obwód $d\pi$ podzielimy.

17) *Skutek użyteczny.* Taka turbina przy należytéj konstrukcyi i dostatecznym przypływie wody, daje skutek użyteczny 70 do 75 procentów.

Przy konstrukcyi zaś miernéj, a pełnym przypływie wody, (przy otwartém stawidle) straty teoretycznéj pracy w procentach, są w przybliżeniu następujące:

Podczas przejścia wody do rury	. . . .	0,01
W skutek tarcia wody w rurze	. . . .	0,02
„ wejścia wody do kanałów kierowniczych	. . .	0,02
„ tarcia wody w kanałach kierowniczych	. . .	0,01
„ oporów w czasie przechodzenia z kanałów kierowniczych do kanałów koła	. . . .	0,06
„ tarcia w kanałach koła	. . . .	0,01
„ straty wody między kołem a płaszczem	. . .	0,03
„ prędkości wody wychodzącéj z koła	. . . .	0,10
	Razem	0,26

18) *Kiedy należy posiłkować się turbiną.* Turbina da się zastósować do każdego spadku; ale najwłaściwsze ma zastósowanie przy spadku 10^m, gdzie koła nasiębierne wypadają wielkie i kosztowne; oraz przy spadkach $2\,{}^1/_3{}^m$, gdyż wtedy skutek użyteczny zwyczajnych kół wodnych t. j. piersiowych i podsiębiernych, nie dorównywa turbinom. Przy spadkach 4 do 9^m, należy używać kół grzbietowych i nasiębiernych, jeżeli tylko miejscowość na to pozwala.

Turbiny wymagają jednostajnego przypływu wody. Jeżeli nie ma téj ilości wody, na jaką turbina zbudowaną została, to jéj skutek użyteczny zmniéjsza się w stosunku sześcianu z ilości wody. Jeżeli tylko połowa zwykłéj ilości wody wpływać będzie na turbinę, to ponieważ kanały koła kierowniczego i biegowego będą otwartymi, należy stawidło w taki sposób ustawić, aby woda tymi kanałami, płynęła tylko z połową zwyczajnéj swojéj chyżości. Ale wtedy praca wody zmniéjsza się w stosunku kwadratu z chyżości, a więc tutaj jak 1 : 4. Połowa zatém ilości wody, daje tylko $\frac{1}{4}$ tego skutku, jakiby miał miéjsce przy całkowitéj swojéj chyżości; a zatém połowa ilości wody, daje tylko $\frac{1}{8}$ całkowitego skutku. Aby tym niedogodnościom zapobiedz, w czasie mniéjszego przypływu wody, używa się środków następujących:

a) Klap albo pokryw, któremi odpowiednia liczba otworów koła kierowniczego bywa zamykana, za pomocą przyrządu mechanicznego. Ponieważ woda wchodzi do koła biegowego z chyżością przybliżoną $\sqrt{g\,H.}$, a chyżość odpowiadająca pełnemu spadkowi $= \sqrt{2\,g\,H.}$, przeto woda wchodząc do koła biegowego, przedstawia tylko połowę swego ciśnienia. Z tego powodu musi woda w kanale kołowym z wodą w kanale kierowniczym być w połączeniu, t. j. pierwsza przez drugą musi być uciskana, aby i druga połowa wysokości ciśnienia mogła swój skutek wywierać, kiedy woda przez kanały koła przepływa. Jeżeli zaś niektóre kanały kierownicze zamkniemy, to ten związek istnieć przestanie; a zatém druga połowa wysokości ciśnienia nie będzie wywierać skutku. Ten zatém sposób regulowania, nie jest racyonalnym.

b) Ustawia się dwie turbiny zamiast jednéj, z których mniéjsza działa przy małym przypływie wody, większa przy średnim przypływie, a obie razem działają przy wielkiéj ilości wody. Z powodu zatém trudności zastósowania właściwéj turbiny dla rozmaitych przypływów wody, lepiéj jest używać kół pionowych o dobrym skutku użytecznym. Turbiny zajmują wprawdzie nie wiele miéjsca; ich transmissya z powodu wielkiéj chyżości jest łatwą do zastósowania. Ale czop turbiny zagrzewa się łatwo, wymaga więc smarowania ustawicznego. Turbinę nadto trzeba regulować od czasu do czasu, aby światło pomiędzy płaszczem i kołem kierowniczém było zawsze jak najmniéjsze.

Podajemy tutaj obrachowanie dwóch turbin, jednéj dla wielkiéj ilości wody lecz przy małym spadku, drugiéj zaś dla małéj ilości wody, lecz przy wielkim spadku.

Przykład 1. Jakie należy dać wymiary turbinie, mającéj działać przy ilości wody 2,3 metrów sześciennych ze spadkiem 2,5 metrów?

$M = 2{,}3$ metrów kub., $H = 2{,}5^m$, zatém

Kwadrat ze średniéj średnicy $d^2 = 1{,}8 \dfrac{2{,}3}{\sqrt{2{,}5}} = 2{,}61^m \square$

Średnia średnica . . . . . . $d = \sqrt{2{,}61} = 1{,}62^m$

Wysokość koła turbinowego. . . $\frac{1}{6} \times 1{,}62 = 0{,}27^m$

Wysokość koła kierowniczego . . $\frac{6}{5} \times 0{,}27 = 0{,}32^m$

Liczba łopatek koła kierowniczego i turbinowego $= 27$ i $= 36$.

Dział koła kierowniczego . . $\dfrac{1{,}62 \times 3{,}1416}{27} = 0{,}1885^m$

Dział koła turbinowego . . . $\dfrac{1{,}62 \times 3{,}1416}{36} = 0{,}1413^m$

Nachylenie łopatek do płaszczyzny koła $a = 20^0$, $a' = 70^0$

Chyżość w kanale kierowniczym $v = 0{,}95\sqrt{9{,}81 \times 2{,}5} = 4{,}95^m$

Teoretyczna chyżość obwodowa turbiny:

$$v' = 4{,}95 \frac{\text{wst } 90}{\text{wst } 70} = 4{,}95 \frac{1}{0{,}9397} = 5{,}267^m$$

Rzeczywista chyżość obwodowa . . . $0{,}90 \times 5{,}267 = 4{,}74^m$

Teoretyczna chyżość wody przy wejściu do kanału

turbinowego . $v'' = 4{,}95 \dfrac{\text{wst } 20}{\text{wst } 70} = 4{,}95 \dfrac{0{,}3420}{0{,}9397} = 1{,}80^m$

Rzeczywista wartość téj chyżości . . . $0{,}96 \times 1{,}80 = 1{,}73^m$

Grubość łopatki (przyjęta) . . . . $e = 0{,}01^m$

Szerokość kanałów na dole $b = \dfrac{d.\,\pi}{27} \times 0{,}3420 - 0{,}01 = 0{,}0544^m$

Długość łopatki . . . . $t = \dfrac{2{,}3}{27 \times 0{,}544 \times 4{,}95} = 0{,}3165^m$

Szerokość Am kanału turbiny od góry $= \dfrac{2{,}3}{36.\,0{,}3165.\,1{,}73} = 0{,}1166^m$

Szerokość Bn kanału turbiny z dołu

$$= \frac{2{,}3}{0{,}95.\,36.\,0{,}3165.\,4{,}74} = 0{,}0448^m$$

Liczba obrotów w minucie . . . . . $\dfrac{60 \times 4{,}74}{d\,\pi} = 55{,}9.$

Przykład 2. Mamy urządzić turbinę dla spadku 20^m, przy ilości wody 0,080 metrów sześciennych.

$M = 0{,}080$, $H = 20$, zatém będzie:

Kwadrat ze średniéj średnicy . . . $d^2 = 1{,}8 \dfrac{0{,}080}{\sqrt{20}} = 0{,}0322.$

Średnica średnia (najmniéj) . . . . $d = \sqrt{0{,}322} = 0{,}18^m$

Ponieważ turbina bardzo mała, bierze się . . . . $d = 0{,}24^m$

Wysokość koło turbinowego . . . . . $\frac{1}{4} \times 0{,}24 = 0{,}06^m$

Wysokość koła kierowniczego . . . . . $\frac{6}{4} \times 0{,}06 = 0{,}072^m$

Liczba łopatek koła kierowniczego i turbinowego $= 14$ i $= 18$.

Dział koła kierowniczego . . . . . $\frac{0{,}24 \times 3{,}1416}{14} = 0{,}0538^m$

Dział koła turbinowego . . . . . $\frac{0{,}24 \times 3{,}1416}{18} = 0{,}0419^m$

Nachylenie łopatek do płaszczyzny koła $a' = 72^0$, $a = 18^0$.

Zatém kąt . . . . $v\,A\,v'' = 90^0$.

Chyżość w kanale kierowniczym na dole $v = 0{,}95\sqrt{9{,}81 \times 20} = 13{,}30^m$

Teoretyczna chyżość obwodu turbiny

$$v' = 13{,}30 \frac{\text{wst } 90}{\text{wst } 72} = 13{,}30 \frac{1}{0{,}9511} = 14{,}0^m$$

Rzeczywista chyżość obwodowa . . . $0{,}90 \times 14{,}0 = 12{,}6^m$

Teoretyczna chyżość $v'' = 13{,}30 \frac{\text{wst } 18}{\text{wst } 72} = 13{,}30 \frac{0{,}3090}{0{,}9511} = 4{,}32^m$

Rzeczywista wartość téj chyżości . . . $0{,}96 \times 4{,}32 = 4{,}148^m$

Grubość łopatki (przyjęta) . . . . $e = 0{,}004^m$

Szerokość kanałów kierowniczych z dołu

$$\frac{d.\,\pi}{14} \times 0{,}309 - 0{,}004 = 0{,}01262^m$$

Długość łopatek . . . $t = \frac{0{,}080}{14 \times 0{,}01262 \times 13{,}3} = 0{,}0341^m$

Szerokość $A\,m$ kanału turbiny

w górze $\frac{0{,}080}{18 \times 0{,}0341 \times 4{,}148} = 0{,}0313^m$

Szerokość $B\,n$ kanału turbiny

na dole $\frac{0{,}080}{0{,}95.\ 18.\ 0{,}0341.\ 12{,}6} = 0{,}0108^m$

Średnica zewnętrzna . . . $d + t = 0{,}24 + 0{,}0341 = 0{,}2741^m$

Średnica wewnętrzna . . . $d - t = 0{,}24 - 0{,}0341 = 0{,}2059^m$

Liczba obrotów w minucie . . . . . $\frac{60 \times 12{,}6}{d.\,\pi} = 1003$.

A rzeczywiście . . . . 990.

370. Turbina Girarda. 1) *Urządzenie.* Ogólną budowę turbiny, przedstawia Fig. 320. A jest kanałem przypływowym; B kołem kierowniczém; C kołem turbiny; D przedstawia wał pionowy na dole w sztendrze zaklinowany; NF wał pionowy obejmujący w sobie wał D i podtrzymywany czopem stalowym m. Koło ruchome utwierdzone jest na wale NF wewnątrz pustym. Czop stalowy opatrzony jest w górnym końcu gwintem. Odkręcając lub przykręcając mutrę n, tém samém podnosimy w górę lub opuszczamy na dół turbinę. Od dołu i w górze wału stałego D znajdują się panewki, w których chodzi wał pusty. Na szyi L wału pustego, utwierdza się koło do rozprowadzenia ruchu służące. PP jest płaszczem, nie dopuszczającym wody do wnętrza kół; TT zastawa pionowa do otwierania i zamykania kanałów kierowniczych. Na Figurze 321, zastawy te oznaczone są głoską E. Regulowanie uskutecznia się także innymi środkami, np. poziomemi zasuwkami, obrączkami gumowemi, na stożkowe walce nawiniętemi. Na Figurze 320 odróżniają

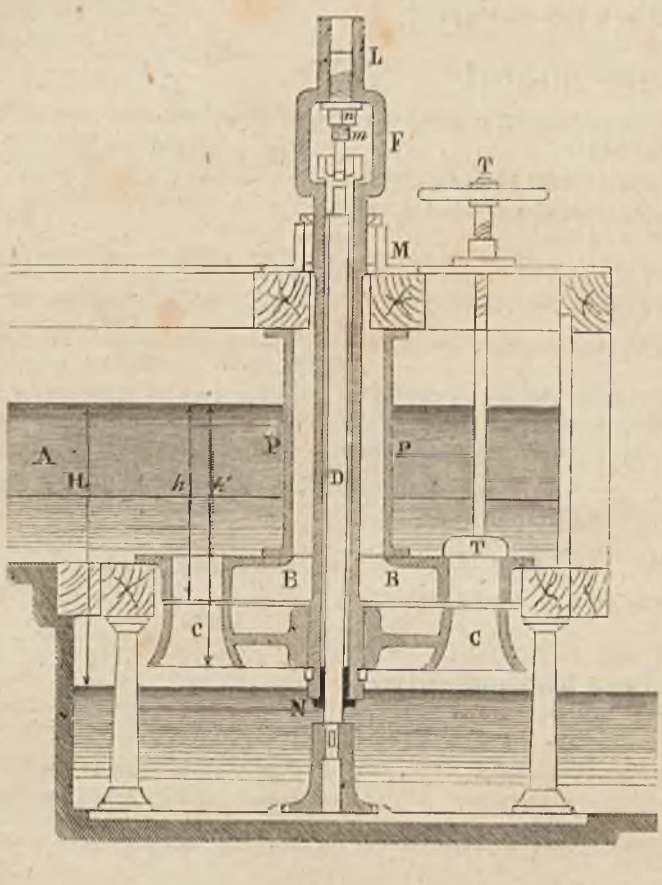


Fig. 320.

się 3 spadki. H, h i $h_{,}$ wyrażają odległości pionowe, od górnego do dolnego lustru wody, do dolnéj płaszczyzny koła kierowniczego i do dolnéj płaszczyzny koła biegowego.

2) *Średnica kół.* Tak samo jak w turbinie Jonvala, rozróżnia się tutaj, średnicę średnią, wewnętrzną i zewnętrzną.

Niechaj będzie w miarach metrycznych:

M największą ilością wody w sekundzie czasu, zaś d średnicą średnią, więc

$$d^2 = 1{,}8 \frac{M}{\sqrt{H}}.$$

Można d wziąć większe, ale nigdy mniéjsze nad wartość jaką ta formuła wskazuje.

3) *Wysokość kół.* Wysokość koła biegowego bierze się: $\frac{1}{4}$ d dla kół małych, a $\frac{1}{5}$ d dla kół większych. Wysokość koła kierowniczego $\frac{3}{4}$ do $\frac{3}{5}$ wysokości koła biegowego.

4) *Liczba łopatek.* Korzystną jest rzeczą dawać ich liczbę dość znaczną.

5) *Konstrukcya łopatek.* Wyobraźmy sobie oba koła przecięte powierzchnią walca o średnicy d. Tę powierzchnię walcową rozciągamy na płaszczyznie i wyznaczamy wysokości kół (Fig. 321) tak samo jak i łopatek w sposób podany przy turbinie Jonvala, z uwzględnieniem następujących reguł:

6) *Chyżość wody w kole kierowniczém.* Chyżość ta jest teoretycznie $= \sqrt{2 \times 9{,}81 . h}$, odpowiada zatém prawie wysokości ciśnienia h, jest przeto większą jak w turbinie Jonvala przy tym samym spadku. Z powodu jednak oporów, rzeczywista chyżość, którą przez v oznaczamy, będzie mniéjszą o 4 do 6 procentów, należy zatém przyjąć:

$$v = 0{,}95 \sqrt{2 \times 9{,}81 . h} .$$

Chyżość ta ma kierunek $A\,v$ dolnych łopatek koła kierowniczego. Linija prosta $A\,v$ powinna z płaszczyzną koła tworzyć kąt $a = 15$ do 18^0.

7) *Chyżość wody w turbinie.* Odetnijmy wartość v na $A\,v$ i przenieśmy liniję prostą $A\,v''$ tak, aby przecięła płaszczyznę koła pod podwójnym kątem a, t. j. aby kąty $v\,A\,v'$ i $v\,A\,v''$ były sobie równe. Następnie wykreślmy równoległobok $A\,v'\,v\,v''$, to $A\,v''$ będzie chyżością z jaką woda płynąć będzie przez kanały, zaś $A\,v'$ będzie chyżością średnią obwodu koła. Jeżeli np. koło obracać się będzie z chyżością v', to przy wejściu wody w turbinę, nie będzie żadnych uderzeń. Z powodu jednak oporów, jakich doznaje woda przechodząc z koła kierowniczego w koło turbinowe, rzeczywiste chyżości będą cokolwiek mniéjsze, niż to równoległobok pokazuje. Teoretycznie $v = 2\,v'.\cos a$, zatém można przyjąć, że

Chyżość na obwodzie koła $v' = v'' = 0{,}95 \times \frac{v}{2 \cos a}$.

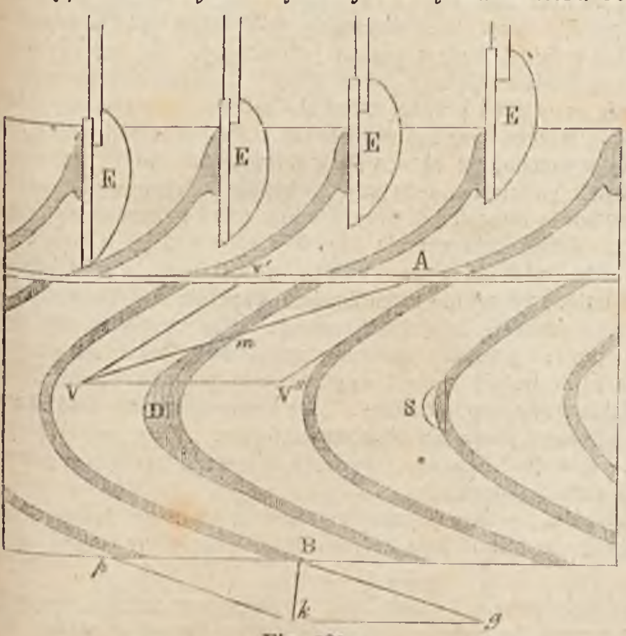


Fig. 321.

Jeżeli $a = 18^0$, to dos $18^0 = 0,9511$, zatém będzie:

$$v' = \frac{0,95 \times v}{2 \times 0,9511} = 0,499.\ v.$$

A zatém przy takiéj wartości kąta chyżość obwodowa, będzie miała tylko połowę chyżości wody wpływającéj na koło kierownicze.

8) *Chyżość wody przy wyjściu z turbiny.* Niechaj Bg będzie kierunkiem łopatek turbiny na dole. Uczyńmy $Bg = Bp =$ chyżości obrotowéj v' i wystawmy równoległobok $Bgkp$, to Bg będzie wyobrażać względną chyżość wody wzdłuż dolnych kanałów koła, a Bk chyżość bezwzględną, z jaką woda koło opuszcza. Ta chyżość Bk powinna być mała, aby uniknąć straty jak najmniéjszéj ilości siły żywéj w wodzie zawartéj.

Jeżeli np. $Bk = \frac{1}{4}$ wyrażenia $\sqrt{2 \times 9,81.\ h'}$, wtedy $\frac{1}{4} \times \frac{1}{4}$ czyli $\frac{1}{16}$ tracimy ze spadku h'.

9) *Szerokość kanałów.* Kanały kierownicze i turbinowe muszą o tyle być proste, aby jak największą ilość wody z chyżościami v i v' przepuszczać mogły. Aby więc ściśnienia żyły wodnéj uniknąć, powinien:

Przekrój wszystkich kanałów kierowniczych na dole . . $= \frac{M}{v}$

Przekrój wszystkich kanałów turbiny w górze i na dole . $= \frac{M}{v'}$,

a zatém kiedy kąt $a = 18^0$, kanały turbiny muszą mieć 2 razy większy przekrój od przekroju kanałów kierowniczych, gdyż $v' = 0,5.\ v$.

Woda wchodzi do koła biegowego z chyżością $v'' = v'$ i wychodzi z niego przy pełnym przypływie, z takąż samą chyżością. W takim więc przypadku ruch wody w kanałach turbiny, będzie prawie jednostajny. Że zaś przekrój kanałów turbiny jest w środku większy jak u góry i na dole, przeto przy s (Fig. 321) tworzy się przestrzeń próżna, która się napełnia powietrzem, jeżeli przy s w zewnętrznym płaszczu znajdują się otwory. Przypuszczamy tutaj, że koło nie zanurza się w wodzie, ale obraca się w powietrzu. Gdyby zaś zatapiało się koło w skutek podniesienia się wody w kanale odpływowym, wtedy należy przestrzeń środkową łopatek jak przy D (Fig. 321) wskazano wypełnić i otwory s odrzucić. Jeżeli koło zatapia się w dolnéj wodzie, a przypływ wody nie jest całkowity, to dolna woda wywiera wprost przeciwne działanie na wodę w kanałach koła, gdy te nie są całkowicie napełnione. To wsteczne działanie wody, osłabia znacznie działalność turbiny. Dla usunięcia téj niedogodności, Girard używał pompki pneumatycznéj. Przedłużał on płaszcz koła kierowniczego aż do dolnéj wody i wpychał ową pompką powietrze do płaszcza, dla usuwania wody z pod turbiny. Ale ten środek jako dość skomplikowany, nie jest używany przez innych konstruktorów.

10) *Długość i szerokość kanałów.* Wymiary te wynajdują się tym samym sposobem, jak i dla turbiny Jonvala.

11) *Liczbę obrotów turbiny* w minucie czasu znajdziemy, jeżeli drogę $60.\ v'$ odbytą przez średni obwód koła w tym czasie, podzielimy przez tenże obwód $d\,\pi$.

12) *Stopień działalności.* Tego rodzaju turbiny przy pełnym przypływie dają 70 do 76 procentów pożytecznéj pracy. Ten skutek zmniéjsza się

zwolna, przy zmniéjszającym się przypływie wody, gdy przyrządy regulujące, są odpowiednio użyte.

Przykład. Niechaj będzie całkowity spadek $H = 2{,}4^m$, a ilość wody $M = 0{,}90$ metrów sześciennych. Jak należy zbudować turbinę?

Kwadrat ze średniéj średnicy . . $d^2 = 1{,}8 \times \frac{0{,}90}{2{,}5} = 0{,}648^m \square$

Zatém średnica średnia . . . . . $d = \sqrt{0{,}648} = 0{,}805^m$

Uczyńmy ją równą . . . . $d = 0{,}85^m$

Wysokość koła turbinowego . . . . $\frac{1}{4} \times 0{,}85 = 0{,}21^m$

Wysokość koła kierowniczego około . $\frac{3}{4} \times 0{,}21 = 0{,}16$

Nachylenie łopatek kierowniczych do płaszczyzny koła $a = 17^0$

Zatém wst $17^0 = 0{,}2926$, a dos 17^0 . . . . . . $= 0{,}9563$.

Wysokość dolnéj płaszczyzny koła po nad dolną wodą (przypuszczona) . . . . $= 0{,}09^m$

Zatém głębokość dolnéj płaszczyzny koła kierowniczego pod górném zwierciadłem wody

$h = 2{,}5 - 0{,}21 - 0{,}09 = 2{,}20^m$

Chyżość w kole kierowniczém na dole

$v = 0{,}95 \sqrt{2 \times 9{,}81 \times 2{,}2} = 6{,}24^m$

Chyżość obwodowa turbiny $v' = 0{,}95 \times \frac{6{,}24}{2 \times 0{,}9563} = 3{,}10^m$

Przekrój kanałów kierowniczych . . . . $\frac{0{,}90}{6{,}24} = 0{,}1439^m \square$

Przekrój kanałów turbiny na dole . . . . $\frac{0{,}90}{3{,}10} = 0{,}2903^m \square$

Liczba łopatek koła kierowniczego i turbinowego (przypuszczona) . . . . $= 24$ i $= 30$.

Przekrój kanału kierowniczego na dole . $\frac{0{,}1439}{24} = 0{,}0060^m \square$

Przekrój kanału turbiny na dole . . . $\frac{0{,}2903}{30} = 0{,}0097^m \square$

Dział koła kierowniczego . . $\frac{d.\pi.}{24} = \frac{0{,}85 \times 3{,}1416}{24} = 0{,}1112^m$

Zatém odległość dwóch łopatek od siebie na dole

$0{,}0325 - 0{,}0070 = 0{,}0255^m$

Długość łopatki kierowniczéj (dzieli się przekrój przez szerokość) . . . . . . $\frac{0{,}0060}{0{,}0255} = 0{,}2349^m$

Tak samo długie będą łopatki koła i od góry:

Biorąc długość łopatek koła na dole . . . . . . $= 0{,}28^m$

To będzie tamże szerokość kanałów koła w świetle

$\frac{0{,}0097}{2{,}28} = 0{,}0347^m$.

Narysowawszy podług téj szerokości kanały koła na dole, to łopatki spotkają płaszczyznę koła pod kątem około $27\,\frac{1}{2}^0$, a przekątnia $B\,k$ (Fig. 321) będzie prawie $= 1{,}5^m$. W rachunku powyższym należy przypuścić, że otwory wypływowe koła nie sprawiają żadnego ciśnienia, że zatém, jak na Fig. 321, dolne końce łopatek koła są od siebie równoległe.

Ażeby zaś chyżość $B k$ wypadła mniéjsza, bierze się:

Długość łopatek koła na dole np. . . . . $= 0{,}38^m$

Przeto szerokość kanałów koła . . . . . $\frac{0{,}0097}{0{,}38} = 0{,}0255^m$

A chyżość $B k$ . . . . $= 1{,}13^m$

Liczba obrotów w minucie . . . . $\frac{3{,}10 \times 60}{d.\ \pi} = 69.$

371. Pompy. Pod wyrazem *pompa* należy rozumieć machinę służącą do przenoszenia wody z jednego miejsca na drugie. Mają one tę wspólną między sobą własność, że działanie ich polega na tworzeniu próżni, którą to próżnię zajmuje następnie woda, w skutek ciśnienia powietrza zewnętrznego. We wszystkich prawie pompach, tworzenie to przestrzeni próżnéj, odbywa się zwyczajnymi środkami mechanicznymi, lecz przy machinach parowych tworzenie próżni odbywa się także w skutek kondensacyi pary, jak to ma miejsce przy machinach Watta, Woolfa i przy smoczkach (inżektorach) Giffarda.

Stósownie do pracy jaką pompa wykonywa, to jest: czy wodę tylko ssie i zaraz oddaje, czy ją także do pewnéj wysokości podnosi, czy téż podnosi ją za pomocą tłoczenia, dzielą się pompy, na: *ssące*, *ssąco-podnoszące* i *ssąco-tłoczące*. Jeżeli działanie tłoczenia następuje po działaniu ssania, to jest kiedy strumień wody nie jest ciągły ale przerywany, to taka pompa zowie się pompą ssąco-tłoczącą, ale *pojedyńczego działania*; jeżeli zaś ssanie wody i odprowadzanie jéj za pomocą tłoczenia odbywa się jednocześnie, to taka pompa, nazywa się pompą ssąco-tłoczącą *podwójnego działania*; a strumień wody odchodzącéj jest wtedy ciągły i nieprzerywany. Miejsce, na którém ustawioną była pompa, ma także wielki wpływ na jéj sposób działania. Jeżeli bowiem pompa stoi pod zbiornikiem z którego ma wodę dostarczać, to wtedy pompa napełnia się sama wodą i ssać jéj nie potrzebuje, tylko ją podnosić do miéjsca przeznaczenia.

372. Pompa ssąca. Figura 322 przedstawia pompę ssącą w działaniu. Wysokość słupa wody będącego w równowadze z ciśnieniem zewnętrznego powietrza oznaczamy przez H, zaś wysokość do jakiéj mamy podnieść wodę od dolnego zwierciadła L aż do wypływu G, czyli $L\,G$ oznaczmy przez h, to na tłok w jakimkolwiek stanowisku, np. w punkcie K, cisnąć będzie słup wody $H + G K$, na powierzchnię zaś dolną tłoka cisnąć będzie słup wody $H - K L$, a zatém pozostanie jeszcze od góry do dołu słup wody $H + G K - (H - K L) = H - H + G K + K L = G L = h$, to jest że ciśnie (ponieważ punkt K dowolnie obrany został) ustawicznie czyli w każdym położeniu tłoka słup wody, który się równa wysokości $G L$. Jeżeli powierzchnia tłoka $= F$ (w stopach □), ciężar tłoka wraz z trzonem tłokowym $= G$, zaś ciężar stopy kub. wody $= \gamma$, to nie zwracając uwagi na hydrauliczne i inne opory, gdy h wyrażone także w stopach, potrzebna siła do podniesienia tłoka będzie $P = F . H . \gamma + G$. funtów. Przypuszczając zaś tarcie i inne opory, powyższa wartość P powiększy się o $p = \mu\, h\, \gamma\, b.\, D\, \pi$, gdzie $b.\, D\, \pi$ wyraża powierzchnię tarcia, b wysokość pakunku tłoka, $h\,\gamma$ ciśnienie wody na jednostkę powierzchni, zaś μ spółczynnik tarcia znany z doświadczenia, a zatém z po-

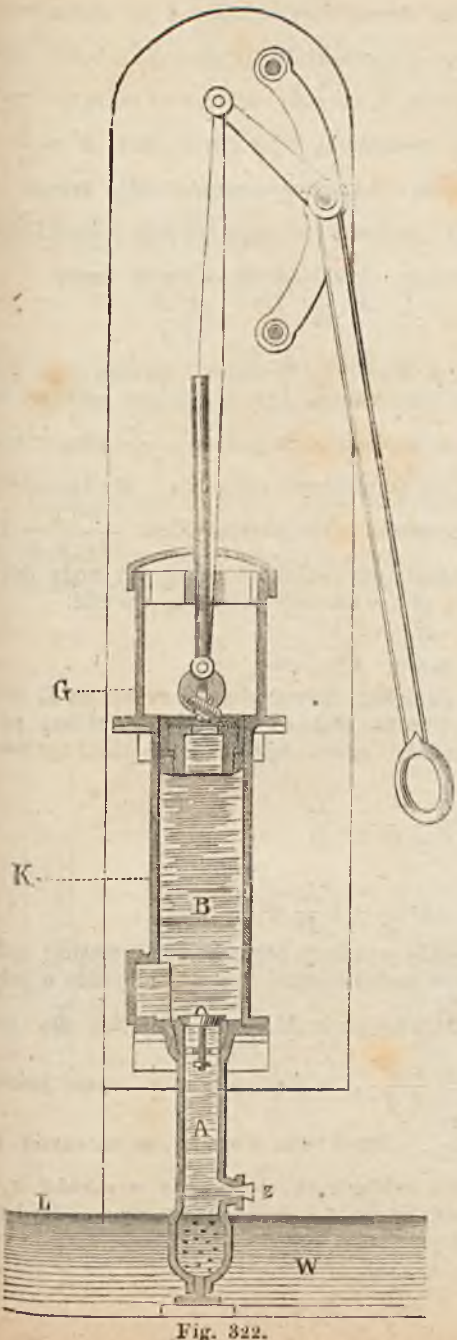


Fig. 322.

wodu tarcia tłoka, powyższa siła P winna być jeszcze o p zwiększona. Jeżeli zaś podniesienie słupa wody nad tłokiem $F = \frac{1}{4} D^2 \pi$ stojącego o wysokości h, wymagać będzie takiéj siły, to i $p = \frac{1}{4} D^2 \pi\, h' \gamma$; czyniąc sobie równemi oba wyrażenia, i wyciągając z tego równania wartość na h', to będzie $h' = 4.\mu.\,b.\,\frac{h}{D}$; jeżeli zaś $4\,\mu\,b$ uczynimy $= m$, otrzymamy:

$$h' = m.\,\frac{h}{D}\,.$$

Ponieważ wartość na m zmienia się z wysokością pakunku tłoka b, jako téż w miarę zwiększania się spółczynnika tarcia μ, przeto na m podług *Eytelweina,* otrzymujemy różne średnie wartości, a mianowicie:

dla dobrze wypolerowanych metalowych cylindrów . . . $m = 0,03$
dla wywierconych cylindrów . . . . $m = 0,06$
dla dobrze wywierconych drewnianych cylindrów . . . $m = 0,1$
dla źle wywierconych takichże cylindrów $m = 0,2$.

Zwraca się uwagę, że wszystkie powyższe wymiary wyrażone są w stopach.

Przypuszczając spółczynnik tarcia pomiędzy nasmarowaną skórą tłoka, i pomiędzy metalem zmoczonym przez wodę $\mu = 0,23$, to ponieważ $4\,\mu\,b = m$ biorąc pierwszą wartość na m, wysokość $b = \frac{m}{4.\,\mu} = \frac{0,03}{0,92} = 0,0326$ stóp czyli blizko 4 cale pomiędzy powierzchnią tarcia tłoka i ścianą cylindra.

Chcąc wyznaczyć tarcie wody

o ścianę cylindra, niechaj l oznacza długość rury ssącéj, a d jéj wewnętrzną średnicę, zatém $f = \frac{1}{4} b^2 \pi$ powierzchni przekroju; jeżeli daléj c będzie stanowić tak zwaną szkodliwą przestrzeń, L długość cylindra od początku rury ssącéj aż do wylotu, D średnicę wewnętrzną téjże rury, daléj $F = \frac{1}{4} . D^2 \pi$ powierzchni tłoka, zaś s skok tłoka wykonany w liczbie sekund t, zaś $\frac{s}{t} = c$, średniéj chyżości tłoka (ponieważ ten ruch nie jest jednostajnym lecz peryodycznym), to gdy c' oznacza chyżość wody w rurze ssącéj,

$$c : c' - f : F, \text{ zatém } c' = c.\frac{F}{f} = c.\frac{D^2}{d^2} = \frac{s.\,F}{t.\,f}\,.$$

Że zaś woda w ogóle w rurze długiéj λ o średnicy δ porusza się z chyżością v, to w skutek rozmaitych doświadczeń (gdy v nie jest mniéjsze od jednéj stopy), można przyjąć wysokość oporu $Z = 0{,}028 \frac{v\ 2.\,\lambda}{4.\,g.\,\delta}$, gdy $g = 15{,}5$ stóp przyśpieszeniu spadającego ciała po pierwszéj sekundzie. My tymczasem przyjmujemy $Z = 0{,}007. \frac{v^2 \lambda}{g.\,\delta}$ (a można także przyjąć $Z = \frac{v^2.\,\lambda}{144.\,g.\,8}$).

W takiém przypuszczeniu, znajdziemy wysokość oporu dla wody poruszającéj się w rurze ssącéj, jeżeli za c' wstawimy powyższą wartość:

$$y = 0{,}007 \frac{s^2}{g.\,t^2} \cdot \frac{F^2}{f^2} \cdot \frac{l}{d}\,.$$

Dla cylindra zaś tłokowego, ponieważ cały słup wody wysoki na L znajduje się w ruchu (z wyjątkiem tylko bardzo nieznacznéj wysokości tłoka) przy wznoszeniu się tłoka do góry, wysokość oporu będzie, jeżeli dla c téż samą wartość przyjmiemy:

$$y' = 0{,}007 \frac{s^2}{g.\,t^2} \cdot \frac{L}{D}\,,$$

a zatém całkowita wysokość:

$$h'' = y + y' = 0{,}007.\,\frac{s^2}{g.\,t^2}\left(\frac{L}{D} + \frac{F^2}{f^2} \cdot \frac{l}{d}\right).$$

Aby zaś na przyśpieszenie wody wynaleźć potrzebną siłę, musimy sobie przypomnieć, że aby martwéj massie nadać chyżość v (wszystko jedno w jakim czasie), potrzebna do tego siła wyraża się przez $M.\,\frac{v^2}{4.\,g}$. Obecnie dla rury ssącéj $M = l.\,f.\,\gamma$, zaś $v = v' = \frac{s.\,F}{t.\,f}$, a więc praca w czasie jednego skoku tłoka $w = f.\,l.\,\gamma \frac{s^2\ \ F^2}{4.\,g.\,t^2 f^2}$. Jeżeli teraz w tymże samym czasie potrzeba będzie takiéj pracy użyć dla podniesienia słupa wody wysokości x, to wtedy także $w = F.\,x.\,\gamma.\,s$, a jeśli te oba wyrażenia zrównamy ze sobą i wyciągniemy wartość na x, otrzymamy:

$$x = \frac{l.\ s.}{4.\,g.\,t^2} \cdot \frac{F}{f}\,.$$

Również otrzymamy wartość dla ruchu wody w rurze tłokowéj, gdyż nie tylko woda na dole, ale także i nad tłokiem odbywa ruch przyśpieszony, zatém

$$x' = \frac{L.\ s}{4.\ g.\ t^2}\ .$$

A zatém $h''' = x + x' = \frac{8}{4.\ g.\ t^2}\left(L + l.\ \frac{F}{f}\right)$.

Jeżeli teraz te wszystkie opory, podstawimy zamiast wartości P, otrzymamy siłę potrzebną do podniesienia tłoka do góry wyrażoną w funtach, jeżeli wszystkie inne miary wyrażone będą w stopach, a zaś czas w sekundach:

$$P = F.\ \gamma \left[h + m\ \frac{d}{D} + 0{,}007.\ \frac{s^2}{g.\ t^2}\left(\frac{L}{D} + \frac{l}{d}\cdot\frac{F^2}{f^2}\right) + \right.$$
$$\left. + \frac{s}{4.\ g.\ t^2}\left(L + l.\ \frac{F}{f}\right)\right] + G.$$

Zaś siła potrzebna do spuszczenia tłoka na dół (kiedy pakunek jest dobry)

$$P' = F.\ \gamma\left[m\ \frac{L}{D} + \frac{s^2}{4.\ g.\ t'^2}\left(\frac{F}{0{,}8 f}\right)^2\right] - G.$$

373. Pompy tłoczące. Pompa tłocząca składa się głównie z cylindra A (Fig. 323) w którym porusza się wodotrwały tłok pełny d od góry do dołu i na odwrót; z kolana B łączącego cylinder A z rurą podnoszącą C, z wentyla ssącego a i wentyla tłoczącego b. Oba wentyle otwierają się do góry. Jeżeli rura dolna tłokowa, aż po tłok d zanurzona będzie w wodzie, to przy wyciąganiu tłoka do góry, otwiéra się wentyl a w cylindrze, woda wpada tym otworem aż pod sam spód tłoka, a jeżeli tłok posunie się na dół, wentyl a zamyka się wtedy a zaś wentyl b otwiéra, którędy woda wchodzi do rury wylotowéj C. Tutaj więc woda podnosi się na wysokość $k\ i$ nie w skutek ciśnienia powietrza (jak przy pompach ssących), lecz w skutek wywartéj siły przy schodzeniu tłoka na dół; woda więc tym sposobem może być podnoszona nie tylko do wysokości 32 stóp czyli 1 atmosfery, ale do wysokości upodobanych, jeżeli tylko siła działająca na tłok na to pozwala.

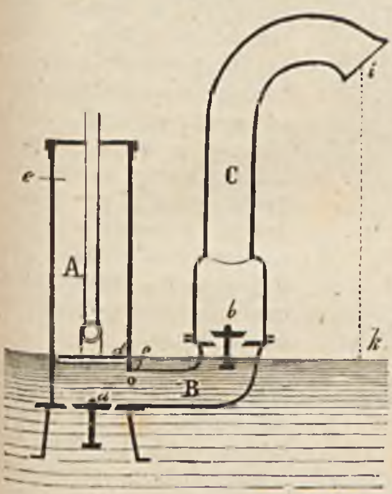


Fig. 323.

Siła jakiéj takie pompy potrzebują. Niechaj D oznacza średnicę cylindra, F powierzchnię cylindra, L jego długość, zaś δ, φ, λ te same nazwy dla rury podnoszącéj wodę; s skok tłoka, t czas potrzebny dla jednego skoku, zaś h wysokość do jakiéj ma być podniesiona woda licząc od dolnego lustra wody aż do wylewu, przypuszczając, że tłok stanął na połowie skoku, to siła potrzebna do wzniesienia tłoka w górę będzie:

$$P = F\lambda\left[\frac{1}{2}\ s + m\ \frac{h}{D} + \frac{s^2}{8.\ g t^2}\left(1 + 0{,}028\ \frac{s}{D}\right)\right] + G.$$

zaś siła potrzebna do popchnięcia tłoka na dół, będzie:

$$P' = F \left[h - \frac{1}{2} s + m \frac{h}{D} + \frac{s^2}{4.\,g t^2} \left(1 + 0{,}028 \frac{s}{D}\right) + \frac{s.\,\lambda}{4.\,g t^2} \cdot \frac{F}{\varphi} \left(1 + 0{,}028 \frac{s\,F}{\delta\,\varphi}\right) \right] - G;$$

gdzie G ciężar tłoka oznacza.

W pompach pojedyńczych tłoczących, wypływ wody ma miejsce tylko wtedy, kiedy tłok posuwa się na dół, aby więc wypływ uczynić ciągłym, ustawia się obok siebie dwie pompy tłoczące z jedną wspólną rurą wylotową dla obudwóch pomp, to przy takiem urządzeniu, gdy tłok jednéj pompy pójdzie do góry, tłok drugiéj pompy posuwać się będzie na dół, woda więc w rurze podnoszącéj w ustawicznym będzie ruchu i bez przerwy wypływać będzie.

Gdybyśmy zaś dla oszczędności wydatku na sprawienie pompy podwójnéj chcieli jednym tylko cylindrem otrzymać wypływ wody ciągły, to obok cylindra stawia się tak nazwany dzwon powietrzny, w którym się zbiera powietrze pewnego ciśnienia, i kiedy tłok wznosi się do góry powietrze w dzwonie mocą swojéj siły rozprężliwości, wypycha wodę do góry w rurze podnoszącéj. Urządzenie to podobne jest jak u sikawek pożarnych.

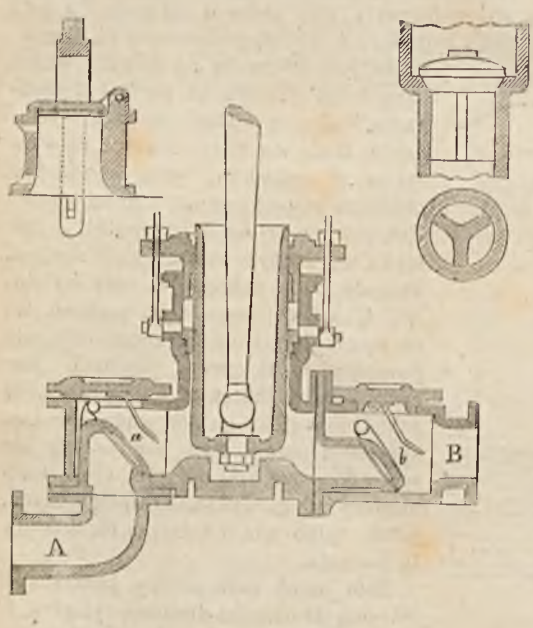


Fig. 324.

374. Pompy ssąco-tłoczące. Pompy tłoczące których tłok bezpośrednio zanurza się w wodzie mają taką niedogodność, że się bardzo prędko zanieczyszczają mułem, piaskiem etc., co częstą reparacyę, a zatem i koszta za sobą pociąga. Dla uniknienia téj niedogodności, budują się pompy dwóch systemów dopiéro co opisanych razem z sobą połączone; a pompy takie nazywają się *pompami ssąco-tłoczącemi.*

Pompa ssąco-tłocząca którą Figura 324 przedstawia, posiada tłok nie mający żadnego wentyla. Tłok ten ciągnie wodę za pomocą rury A do cylindra, i wpycha takową do rury B. Wentyl a nazywa się ssącym, a wentyl b tłoczącym.

a) *Ilość wody*, jaką dostarczyć może pompa o podwójnym skutku w jednéj sekundzie czasu, równa się objętości przebieżonéj w tymże czasie przez tłok, a którą można otrzymać, mnożąc powierzchnię tłoka przez jego chyżość. Ale rzeczywista ilość wody jest o 10 do 20 procentów mniejszą od teoretycznéj, z powodu, że wentyle otworzywszy się nie zaraz się zamykają, a zatém przepuszczają napowrót pewną ilość wody. Dla tego wentyle powinny być tak urządzone, aby się nie otwierały za bardzo.

Przykład. Jaką ilość wody dostarczyć może pompa dobrze urządzona o podwójnym skutku, któréj cylinder ma 12^{cm} średnicy, a chyżość tłoka wynosi 30^{cm}?

Powierzchnia tłoka w centymetrach □ $(1,2)^2 \times \frac{3,14}{4} = 1,131^{cm}$ □.

Objętość przebieżona przez tłok w sekundzie $1,131 \times 3^{dm} = 3,393$ litrów

Ilość wody rzeczywista (około 85 procen.) $0,85 \times 3,393 = 2,885$ „

b) *Chyżość tłoka.* Tłok winien się wolno poruszać, aby ruch wody w otworach wentyli, na krzywiznach etc. nie utracał siły żywéj. Szczególniéj wtedy ruch tłoka powinien być wolny, gdy rura ssąca jest bardzo długa, gdyż woda wtedy potrzebuje stosunkowo więcéj czasu do uruchomienia i do napełnienia cylindra. Jeżeli wentyle i pakunek tłoka są źle urządzone, wtedy tłok musi się szybko poruszać, aby uniknąć straty na wodzie. Chyżość tłoka powinna wynosić:

dla pomp bardzo dobrze urządzonych . . . . $0,20$ do $0,30^m$

dla pomp mniéj dokładnych . . . . $0,30$ do $0,40^m$.

c) *Średnica cylindra.* Powierzchnię tłoka, pompy podwójnie działającéj otrzymamy, dzieląc objętość wody na jedną sekundę przez chyżość tłoka. Dla pomp pojedyńczego działania należy powierzchnią tłoka wziąć dwa razy większą. W obu razach należy stratę wody uwzględnić.

Przykład. Pompa podwójnie działająca ma w jednéj sekundzie czasu dostarczać 6 litrów wody, przy chyżości tłoka $0,36^m$. Jaką należy dać średnicę tłokowi?

Przestrzeń przebieżona przez tłok w jednéj sekundzie czasu, należy wziąć w przybliżeniu . . . . $1,2 \times 6 = 7,2$ litrów

Zatém przekrój tłoka . . . . $\frac{7,2}{3,6} = 2^{dm}$ □

Średnica tłoka . . . . $= 1,6\overline{0}^{dm}$.

Gdyby pompa była pojedyńczego działania, musiałby jéj przekrój być równy 4^{dm} □, a zatém średnica $2,26^{dm}$.

d) *Długość skoku.* Ponieważ częste otwieranie i zamykanie się wentyli wywiera szkodliwy wpływ na jéj siłę żywą, przeto długość skoku, powinna być wielka. Przy pompach ręcznych wynosi ona zwykle $0,15$ do $0,30$ metra.

e) *Otwory wentyli.* Powinny przynajmniéj wynosić $0,6$ przekroju cylindra pompy.

f) *Przekrój rur.* Wązkie rury ssące i tłoczące sprawiają szybki ruch wody, a tém samém wielkie tarcie o ich ściany. Chyżość wody w rurach nie powinna przekraczać 1^m, a zwyczajnie daje się tę chyżość $0,5$ do $0,7$ metra.

Podzieliwszy ilość wody przez jéj chyżość jaką wodzie nadać chcemy, otrzymamy przekrój rury.

g) *Siła potrzebna do podnoszenia wody.* Jeżeli mamy P kilogramów wody podnieść w sekundzie czasu do wysokości H metrów, będzie wtedy praca teoretyczna wynosić $P.H$ kilogrammetrów. Aby zaś znaleźć pracę rzeczywistą, należy pracę do pokonania oporów służącą, dodać do pracy teoretycznéj.

Takie straty pracy powstają:

1) *W skutek tarcia tłoka.* Aby pomiędzy tłokiem a cylindrem nie mogła się woda cofać, powinien tłok szczelnie do ścian cylindra przystawać. Ztąd powstała strata pracy wynosi:

przy pakunkach skórzanych około . . . . . 0,07 do 0,12
przy pakunkach konopnych około . . . . . 0,08 do 0,14
przy pakunkach metalowych około . . . . . 0,10 do 0,16.

pracy pożytecznéj *P. H.*

2) *W skutek oporów w rurach.* Gdy rury są długie należy opory w rurach koniecznie brać w rachunek, a mianowicie tarcie wody o ściany tychże rur. Strata pracy w skutek tego oporu wynikła, wynosi w przybliżeniu:

$$0{,}0015 . \frac{v^2 L}{d H} .$$

skutku pożytecznego $P.H$ potrzebnego do podnoszenia wody, gdzie L oznacza długość rur ssących i tłoczących, d średnicę tychże rur, a v chyżość wody w tychże rurach (w miarach metrycznych).

Przykład. Kiedy rury wodne mają 50^m długości, $0{,}08^m$ średnicy, kiedy woda ma płynąć z chyżością $1{,}2^m$ do wysokości 30^m, to wtedy strata pracy w skutek tarcia wody o ściany rur wynosi:

$$0{,}0015 \frac{1{,}2^2 \times 50}{0{,}08 \times 30} = 0{,}045, \text{ t. j. } 4\tfrac{1}{2} \text{ procentów z teoretycznego skutku } P.H.$$

Gdybyśmy mieli wodę podnosić tylko do wysokości trzech metrów, to wtedy strata pracy wynosiłaby 45 procentów pracy pożytecznéj. Gdyby rury stały zupełnie pionowo, tak, że $H = L = 50$ metrów, to wtedy strata skutku wynosiłaby tylko 2,7 procentów pożytecznéj pracy.

3) *W skutek krzywizn i zmiennych przekrojów rur.* Gdy struga wody w rurach nagle swój kierunek zmienia, przechodząc przez otwory wentylowe, przez pompę, przez krany i t. p. nagle zmuszona jest przechodzić w inne formy i przekroje, to wtedy powstaje strata siły żywéj, którą należy obliczyć według reguł już nam wyżéj znajomych. Te straty wypadają małe, gdy woda przez powyższe miéjsca przechodzi wolno. W zwyczajnych wypadkach, te straty pracy wynoszą 5 do 15 procentów pożytecznego skutku. Całkowita zatém praca dla zakładów zwyczajnych, może być przyjęta 1,3 $P.H$ do 1,8 $P. H.$ Pomp ssąco-tłoczących, używa się do zasilania (alimentacyi) kotłów parowych.

Fig 325

375. Pompa Nortona czyli abissyńska. Pompa ta jest zwyczajną pompą ssąco-podnoszącą; służy do wydobywania wody z głębokości niewielkiéj od 12 do 20 stóp. Po pierwszy raz użytą została przez korpus ekspedycyjny angielski w Abissynii, zkąd też jéj nazwa pochodzi. Figura 325 przedstawia rzeczoną pompę w przecięciu. U góry widzimy cylinder z tłokiem i balansierem, poniżéj rurę żelazną laną opatrzoną śrubą ostro zakończoną dla wkręcenia jéj do gruntu, zkąd spodziewamy się wydobyć wodę. Użyteczną będąc dla obozujących wojsk, nie mniéj oddaje usługi w gospodarstwie wiejskiém dostarczając wody ludziom w czasie żniwa, bydłu na pastwiskach i t. p., gdyż bez wszelkich trudności, prawie na każdém miejscu zastósować się daje, a nadewszystko, że jest nie kosztowna.

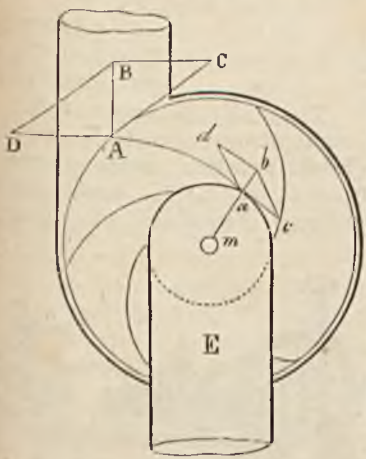


Fig. 329.

376. Pompy odśrodkowe (centryfugalne). 1) *Ich urządzenie* i sposób działania podobny jest do wentylatorów. W pudle zamkniętém znachodzi się koło o 6 lub 10 zakrzywionych łopatkach (Fig. 326). Gdy to koło znajduje się w ruchu, tworzy się w owém pudle próżnia, w skutek czego woda wchodzi do rury ssącéj E, wchodzi następnie przy m do koła, ślizga się po łopatkach koła ku stronie zewnętrznéj, a za pomocą nadanéj jéj siły żywéj, wznosi się rurą tłoczącą AB do góry.

2) *Wysokość ssania.* Ponieważ takie koło słabo tylko rozcieńcza powietrze, przeto pompa ustawioną być winna jak najbliżéj dolnego zwierciadła wody. Dobrze jest także zanurzyć ją w samej wodzie.

3) *Równoległobok chyżości.* Woda wchodzi do pudła równolegle od osi koła, a następnie rozchodzi się w kierunku promieni. Niechaj ab wyobraża chyżość wody (Fig. 326) przy wchodzeniu w koło. Prowadzę styczną ac do wewnętrznego obwodu koła, zaś ad styczną do łopatki i wystawiam równoległobok $acbd$, to ad będzie chyżością wody wzdłuż łopatki, a ac chyżością obrotową na wewnętrznym obwodzie koła.

Niechaj AB leży na kierunku osi wychodowéj. Prowadzę AD stycznie do łopatki, zaś AC stycznie do zewnętrznego okręgu koła. Jeżeli zewnętrzny promień koła jest 2,5 razy większy od promienia wewnętrznego, przeto też i zewnętrzna chyżość obwodowa $= 2{,}5 \times ac$. W takim razie czynię $AC = 2{,}5 \times ac$ i dopełniam równoległoboku $ACBD$, to AD będzie chyżością wody wzdłuż łopatki, zaś AB chyżością, z jaką woda z koła dostaje się do rury wychodowéj.

4) *Wysokość wzniesienia.* Niechaj ta ostatnia chyżość $AB = v$, to odpowiadać jéj będzie wysokość wzniesienia, którą obrachować można, podług następującego wzoru:

$$v^2 = 2\,g\,h,$$

gdzie $g = 9{,}81^m$ przyśpieszeniu przy wolném spadaniu ciał. Z powodu oporów, jakich woda doznaje w kole i rurach, nie może woda dosięgnąć wysokości h przy chyżości v, t. j. że v^2 jako też h muszą być w rzeczywistości ilościami większemi, a mianowicie w stosunku jak 1 do 1,45 aż do 1,85, stósownie do tego czy pompa pracuje z chyżością umiarkowaną lub wielką, a tém samém daje mniejszą albo większą stratę skutku. Tym sposobem więc będzie v w stosunku 1 do 1,20 aż do 1,36 większe niż powyższy wzór wskazuje.

Przykład. Pompa ma 15 litrów wody dostarczać w sekundzie czasu do wysokości $4{,}5^m$. Jak urządzić taką pompę?

Wysokość wzniesienia, z powodu różnych oporów przyjmiemy $= 7^m$
Zatém chyżość . . . . . $AB = \sqrt{2 \times 9{,}81 \times 7} = 11{,}8^m$
Chyżość w rurze ssącéj i wznoszącéj przyjmujemy . . . $= 1{,}5^m$
Zatém ich przekrój . . . . $\frac{0{,}015}{1{,}5} = 0{,}01^m$ □
A zaś ich średnica . . . . $= 0{,}115^m$
Biorąc szerokość pudła . . . . $= 0{,}115^m$
„ wewnętrzną średnicę koła . . . . $= 0{,}130^m$
„ zewnętrzną średnicę koła . . . . . $2{,}7 \times 0{,}13 = 0{,}351^m$.

Przy pomocy takich danych, rysujemy wewnętrzny i zewnętrzny obwód, rurę ssącą i podnoszącą, łopatki i równoległoboki chyżości. Skala dla równoległoboków niechaj będzie np. $^1/_{100}$, wtedy $AB = 11{,}8^{cm}$. Jeżeli skala pokazuje dla AC 18^{cm}, wtedy chyżość zewnętrznego obwodu $= 18^m$. Niechaj również $ab = 3{,}8^m$, t. j. niechaj ruch rozpoczyna się wzdłuż łopatek z chyżością dwa razy większą niż w rurze podnoszącéj.

Liczba obrotów w minucie $\frac{60 \times 18}{0{,}351 \times 3{,}1416} = 979$.

Dla wszelkiéj pewności bierze się zwykle $= 1000$.

Ta chyżość jest bardzo wielką. Pokazuje się więc z tego że za pomocą niewielkich chyżości, podnieść można wodę tylko do małych wysokości.

377. Pompy łańcuchowe. Oprócz pomp wyżéj opisanych służących do podnoszenia wody do potrzebnych wysokości, są jeszcze rozmaite przyrządy służące do tego samego celu; jako to: pompy śrubowe czyli spiralne, pompy rotacyjne czyli obrotowe, nakoniec pompy łańcuchowe czyli kubełkowe także *Noriami* zwane. Figura 327 przedstawia taką pompę w działaniu, poruszaną maszynką parową przenośną czyli lokomobilą. Jak widzimy na łańcuchu nawiniętym na 2 krążki osadzone są kubełki z blachy żelaznéj czerpiące wodę ze stawu, studni lub rzeki i podnoszące tę

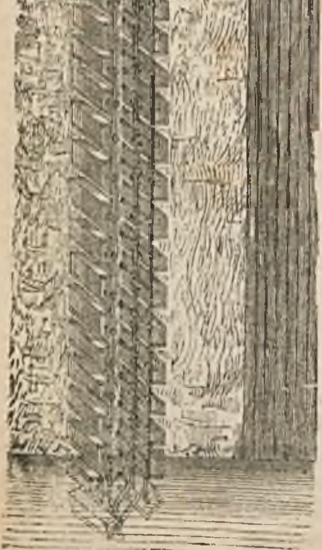



Fig. 327.

wodę do danéj wysokości, gdzie rynnami rozprowadzaną być może na łąki mające być nawodnionemi, lub do innych użytków gospodarskich. Zamiast kubełków używa się także talerzyków, przez środki których przechodzi łańcuch nieskończony. Ale talerzyki podnoszące wodę muszą być zamknięte w rurze wewnątrz gładkiéj, aby talerzyki szczelnie do jéj ścian przystawały. Ten drugi sposób jest wprawdzie nieco kosztowniejszy, ale za to dokładniejszy niż pierwszy.

378. Sikawki pożarne (Feuerspritzen; pompes a incendie). Sikawki pożarne składają się z dwóch pomp tłoczących pojedyńczego działania, których tłoki poruszają się naprzemian. Wymiary pomp i ich skutek zawisły od wysokości wzniesienia i od ilości wody, jaka do owéj wysokości ma być wyrzuconą.

1) *Wysokość wzniesienia.* Gdyby strumień wody wznosił się w przestrzeni próżnéj, to mógłby dosięgnąć wysokości $H = \frac{v^2}{2 \times 9{,}81}$, gdzie v oznacza chyżość z jaką strumień wody opuszcza munsztuk. Z powodu jednak oporu powietrza, rzeczywista wysokość wzniesienia strumienia jest mniéjsza od teoretycznéj. Przy tém opór powietrza działając na ciało płynne, sprawia jeszcze inny skutek, niż kiedy działa na ciało stałe wyrzucone do góry: rozbija on powoli strumień wody wznoszący się w górę, tak że w miarę wznoszenia się, strumień coraz to większą przedstawia powierzchnię na działanie powietrza.

Jeżeli h oznacza rzeczywistą wysokość wzniesienia jaką chcemy nadać strumieniowi, to teoretyczna wysokość H będzie w przybliżeniu:

$$(1)\ H = h + \frac{h^2}{60} \text{ metrów.}$$

Gdy $h =$	5	10	15	20	25	30^m
Będzie $H =$	5,41	11,67	18,75	26,67	35,42	45^m

Większa sikawka może wyrzucać wodę od 26^m do 30^m, mniéjsza zaś od 18^m do 20^m wysoko.

2) *Praca potrzebna do poruszania sikawki.* Niechaj P wyraża liczbę kilogramów wody, jaką sikawka ma wyrzucić w sekundzie czasu, to praca potrzebna do wyrzucenia strumienia wody na sekundę równać się będzie $P.H$ kilogrammetrów. Z powodu jednak straty wody, tarcia tłoka i innych oporów, praca przy sikawce bez węża, równa się przynajmniéj

$$1{,}3\ P.\,H \text{ kilogrammetrów.}$$

Przy użyciu węża, z powodu wielkiego tarcia w rurach, praca ta bywa 2 a nawet 3 razy większą.

3) *Liczba ludzi przy sikawce.* Przy wielkiéj sikawce pracuje zwykle 18 do 24 ludzi, przy mniéjszéj 8 do 12 ludzi, którzy się po krótkich przestankach zmieniać muszą. Z powodu téj zmiany skutek pracy jednego człowieka jest bardzo wielki i można go przyjąć 20 kilogrammetrów w sekundzie.

Ponieważ chyżość z jaką się wahadło do góry i na dół porusza, można przyjąć $1{,}2^m$ do $1{,}4^m$, przeto jeden człowiek ciśnie względnie z siłą 16,6 do 14,3 kilogramów na owo wahadło. Jeżeli N oznacza liczbę ludzi przy sikawce, to $20.\,N$ będzie ich pracą w sekundzie. A zatém: $20.\,N = 1{,}3.\ P.\,H.$

4) *Średnica cylindrów.* Ponieważ zamiast dwóch pomp pojedyńczego działania, może być obliczona tylko jedna pompa o podwójnym skutku o téjże samej średnicy, zatém otrzymamy przekrój cylindra, gdy ilość wody w sekundzie podzielimy przez chyżość tłoka; przyczém jednak należy pamiętać, że ilość wody z powodu strat wody, o $^1/_{10}$ należy powiększyć.

5) *Długość skoku.* Skok wahadła nie powinien być większy nad $1{,}5^m$. Że zaś skok tłoka bywa zwykle 5 razy mniejszy, przeto skok tłoka wielkiéj pompy, wyniesie $\frac{1}{5} \times 1{,}5^m$ czyli $0{,}30^m$. Dla małych pomp skok powinien około $0{,}24^m$ wynosić.

6) *Chyżość wody wyrzucanéj munsztukiem.* Ta chyżość v winna odpowiadać teoretycznéj wysokości H, a zatém będzie:

$$v = \sqrt{19{,}62 \, . \, H} \, .$$

którą to wysokość H wynajduje się ze wzoru (1).

7) *Średnica munsztuka.* Teoretyczny przekrój munsztuka znajdziemy, gdy ilość wody podzielimy przez chyżość. Rzeczywisty zaś przekrój z powodu ściśnienia żyły wodnéj należy wziąć 1,05 razy większy.

Ponieważ zaś strumień wody z powodu miejscowych okoliczności, musi być rzucany raz wysoko, a drugi raz niżéj, zaś zwiększenie wysokości rzutu pociąga za sobą zwiększenie chyżości tłoka (a zatém powiększenie ilości wody i siły), lub też zwężenie otworu munsztuka, należałoby przeto, aby w każdym razie potrzebną wysokość osiągnąć, przy każdéj sikawce mieć zapasowe dwa munsztuki, z otworem większym i mniejszym.

8) *Munsztuki dla wężów.* Średnicę takich munsztuków o tyle należy brać większą, im są węże dłuższe, a mianowicie na każde 8^m długości o $1\frac{m}{m}$ więcéj.

9) *Dzwon powietrzny.* Tém strumień wody będzie jednostajniejszy, im objętość dzwona powietrznego, będzie większą. Zwykle daje mu się 10 razy większą objętość od objętości cylindra sikawki. Ciśnienie w dzwonie powietrznym wyrażone w atmosferach, równa się przynajmniéj teoretycznéj wysokości H, podzielonéj przez wysokość $10{,}33^m$ słupa wody jednéj atmosfery, a zatém przynajmniéj równe 2 do 4 atmosfer. Przy sikawce z wężem można to ciśnienie powiększyć 2 do 4 razy.

10) *Wymiary trzech sikawek ogniowych*, obliczone podług rozmaitych prawideł.

Wyszczególnienie	Sikawka wielka	Sikawka średnia	Sikawka mała
Liczba ludzi . . . . N.	22	16	9
Rzeczywista wysokość rzutu . . h.	28^m	23^m	18^m
Teoretyczna „ „ . . H.	$41{,}07^m$	$31{,}82^m$	$23{,}40^m$
Ilość wody na sekundę . . . . P.	10 kil.	8 kil.	6 kil.
Przekrój obu cylindrów	$350^{cm}\square$	$268^{cm}\square$	$200^{cm}\square$
Przekrój cylindrów na 1 człowieka .	16	19	25
Średnica cylindrów	21^{cm}	$18{,}5^{cm}$	16^{cm}
Chyżość z munsztuka	$28{,}01^m$	$25{,}33^m$	$21{,}88^m$
Średnica munsztuka	$2{,}2^{cm}$	$2{,}06^{cm}$	$1{,}92^{cm}$

379. Smoczek czyli Inżektor Giffarda. Ostatniemi czasy pomiędzy przyrządami do zasilania kotłów służącymi, czyli pomiędzy pompami zasilającemi, ukazał się Smoczek czyli Inżektor Giffarda. Skład i działanie tego dowcipnego a zarazem użytecznego przyrządu, są następujące:

Cylinder (Fig. 328) zewnętrzny, opatrzony jest z jednéj strony rurą parową *A*, z drugiéj zaś rurą ssącą *F*. Tłok *B* dzieli cylinder wewnętrzny (*N*) na dwa przedziały, z których jeden *a* stanowi przestrzeń parową, zaś drugi *C* przestrzeń wodną. Tłokiem *B* wchodzi para wewnątrz do cylindra, przez znaczną liczbę otworków, przy *a* widzialnych. Tłok ten zakończony jest dyzą, mogącą się otwierać albo zamykać za pomocą czopa, korbą *M* poruszanego. Korba *O* wraz z śrubą, na któréj jest umocowaną, służą do przesuwania tłoka, a tém samém do regulowania dyzy. Cienkie wrzeciono, czyli stożek *N* znajdujący się wewnątrz tłoka, przy pomocy korby *M* może rzeczoną dyzę mniéj albo więcéj przymykać, a tém samém przypływ pary regulować.

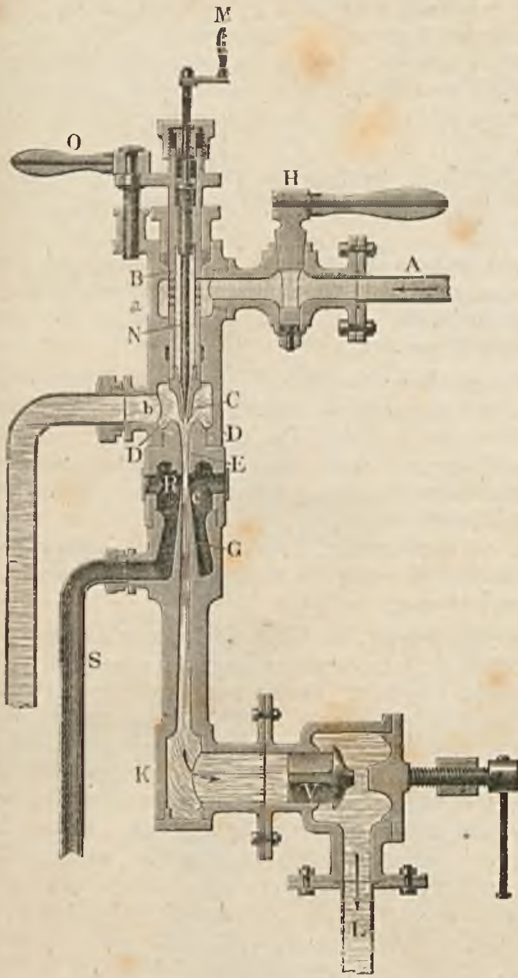


Fig. 328.

Aby przyrząd uruchomić, ustawia się regulator za pomocą korby *O* w taki sposób, aby para rurą *A* przypływająca, napełniać mogła cylinder wewnętrzny; następnie przy pomocy korby *M* otwiera się cokolwiek dyzę; tym sposobem wpływać może para do przestrzeni *C* i do rury ssącéj *F*, gdzie zabiera z sobą znajdujące się tamże powietrze i gdzie tworzy próżnię, która w téj chwili napełnia się wodą. Jak tylko rozpoczęło się ssanie, wyciąga się w górę stożek *N* coraz to więcéj, aby coraz więcéj pary przypływać mogło. Para ta skondensowana, zamienia się na wodę gorącą, która wpływa do rury *K*, otwiera wentyl *V* i wchodzi do kotła rurą *L* jako woda zasilająca.

Główny warunek téj metody zasilania polega na tém, aby ilość wpływającéj wody, wystarczała do zupełnéj kondensacyi wpływającéj ilości pary. Zupełna kondensacya pary, potrzebną jest do utrzymania ciągłéj próżni wewnątrz owego przyrządu, gdyż tym sposobem odbywa się ciągłe ssanie wody. Niedostateczna, albo opóźniona kondensacya, pociąga za sobą niedostateczne zasilanie kotła, albo też zupełną przerwę w zasilaniu. Im ciśnienie pary jest wyższe, tym stosunek zużytej pary do zasilającej wody, bywa niekorzystniéjszym. Okoliczność ta ma także miéjsce, przy wszystkich pompach parowych. Przy ciśnieniu 10 atmosfer, smoczek Giffarda z zimną wodą, działa jeszcze dobrze, co stwierdzoném zostało licznemi doświadczeniami. Ponieważ zaś wyższego ciśnienia pary nad 10 atmosfer, do dnia dzisiejszego w praktyce nie używa się nigdzie, można więc z wszelką utrzymywać słusznością, że ze względu na wysokie ciśnienie pary, smoczek Giffarda, wszelkim wymaganiom praktyki zadosyć czyni.

Temperatura wody wciąganéj do smoczka, nie powinna pewnych granic przekraczać, to jest, nie powinna być do tego stopnia ogrzaną, aby kondensacya nie mogła się już odbywać.

Następująca tablica przedstawia dla różnych wartości ciśnienia pary, najwyższą możliwą temperaturę wody, przed rozpoczęciem zasilania kotła.

Ciśnienie względne pary w atmosferach	$^1/_2$	1	$1\,^1/_2$	2	3	6.
Temp. wody ssanéj w stopniach Réaumura	52^0	47^0	43^0	41^0	40^0	35^0.

Przy maszynach parowych kondensacyjnych, niedogodne jest użycie tego przyrządu, gdyż woda w kondensatorze posiada bardzo wysoką temperaturę, a woda gorąca w ogólności daje się ssać tylko z wielką trudnością. Przy bardzo nizkiém ciśnieniu pary, wysokość ssania bywa bardzo małą, mianowicie na początku działania smoczka. Od 3 atmosfer dopiero, można ustawiać aparat o $3{,}5^m$ głębiéj od wody znajdującéj się w kotle, tak, że między poziomem wody znajdującéj się w zbiorniku, a poziomem wody kotłowéj, dopuszczalna jest różnica 5 metrów. W ogólności można przyjąć za zasadę, iż niedogodnie jest ustawiać aparat niżéj od kotła.

Co się zaś skutku smoczka dotyczy, to ten w porównaniu z pompą nie bardzo jest wielki; kiedy bowiem przy zwyczajnych pompach parowych, 1 funt pary wystarcza do wypompowania 100 do 200 funtów wody, to smoczek Giffarda w tych samych warunkach, jednym funtem pary, zaledwie 10 do 20 funt. wody dostarczyć może. Ale choćby smoczek Giffarda, żadnéj oszczędności w materyale opałowym nie dawał, to przecież ma inne bardzo wielkie zalety. Przyrząd ten daje się ustawić w dowolnym kierunku, niezależnie od maszyny, tańszym jest od pompy, a koszta jego utrzymania, prawie za żadne uważać można. Mechanizm maszyny parowéj, przez usunięcie pomp zasilających, nadzwyczajnie się upraszcza; zasilanie kotła odbywać się może przy słabém ciśnieniu pary, któreby do uruchomienia maszyny nie wystarczało. Na parowozach dróg żelaznych, smoczek Giffarda zastępuje całkiem pompy zasilające zwyczajne i pompę parową, a działanie jego jest zupełnie od maszyny niezależne. Tym sposobem za pomocą smoczka, usuwa się wielką liczbę przeszkód w ruchu, spowodowanych w zimie, zamarzaniem lub uszkadzaniem się pomp zasilających. Następnie przez ciągłe zasilanie kotła ciepłą wodą, oszczędza się bardzo kocioł, zmniéjsza się cieknięcie rur i łatwiéjszém jest do utrzymania jednostajne ciśnienie pary.

Na pokładzie statku parowego, smoczek Giffarda znajduje bardzo korzystne zastósowanie, bo zajmując bardzo mało miéjsca i będąc bardzo lekkim, w porównaniu z pompami, oprócz zasilania kotła wodą przy maszynach pracujących bez kondensacyi, może jeszcze pompować wodę zbierającą się na dnie parostatku i zarazem służyć jako sikawka parowa, na przypadek pożaru.

Wszędzie, gdzie tylko mamy ciepłą wodę do pompowania, smoczek Giffarda z wielką korzyścią daje się użyć, jak np. w łazienkach, pralniach, farbierniach i t. p. przemysłowych zakładach. W takich okolicach, gdzie paliwo niema prawie żadnéj ceny, a utrzymanie maszyn jest bardzo kosztowne, jak w kopalniach węgla, tam smoczek Giffarda może również wielkie oddawać usługi przy pompowaniu wody z kopalni.

Pierwotna konstrukcya smoczka Giffarda, uległa dotychczas bardzo licznym zmianom i poprawkom, jak to widzimy dokładnie z broszury Aleksandra Friedmana, wydanéj w Wiedniu 1870 r. pod tytułem: *Abhandlungen über die stufenweise Entwickelung der Dampfstrahlpumpen*, które to ulepszenia uskutecznili: *Schau*, *Friedmann*, *Turck*, *Krauss* i inni technicy, lecz my zastanowimy się głównie nad smoczkiem *Kraussa*, używanym na kolejach żelaznych.

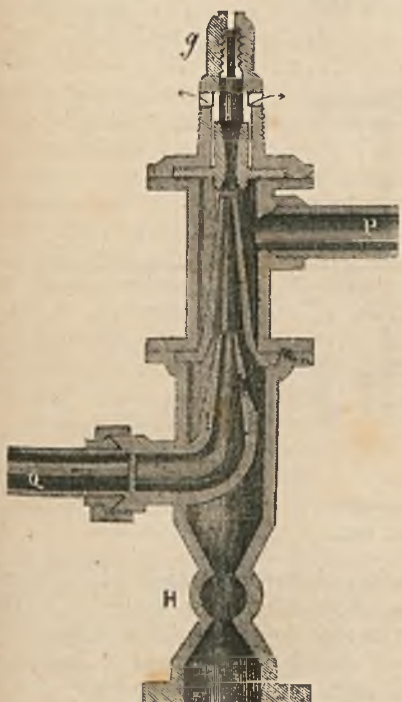


Fig. 329.

Smoczek systemu Kraussa (Figura 329) odznacza się szczególniéj swoją prostotą, używany téż bywa powszechnie na parowozach. Woda przypływa do niego z tendra. Nie posiada żadnych pakunków, ani wrzeciona parowego i z tego powodu zsać wody z dołu nie może. Dyzy, wodna i parowa, oraz komin pod wentylem, mają względem siebie stanowisko niezmienne. Para wchodzi rurą *Q*, a woda kranem *H*. Przyrząd ten raz uregulowany, nie odmawia już swojéj usługi, albowiem zepsuć się nie może. Smoczek ten ustawia się zwykle pod pokładem maszynisty, jak Fig. 330 wskazuje i wkręca się gwintem *g* do kotła pod paleniskiem. Puszczając w ruch przyrząd, otwiera się najprzód kran wodny *H*, za pomocą korby nad pokład wystającéj, a następnie wpuszcza się powoli parę. Regulowanie odbywa się kranem wodnym dotąd, dopóki zbyteczna woda nie przestanie odpływać rurą *P* do tego przeznaczoną.

Prawo, na zasadzie którego odbywa się działanie tego aparatu jest nader ciekawe, a przytém nadzwyczaj proste.

Przypuśćmy, że ciśnienie pary w kotle równa się 4 atmosferom; zatém wysokość kolumny wody równającéj się temu ciśnieniu, będzie wynosić $4 \times 10{,}33^{m}$, czyli że chyżość z jakąby woda z kotła wypływała pod tém ciśnieniem, będzie równą: $V = \sqrt{2.g\,h.}$, gdzie g oznacza przyśpieszenie ciężkości ziemskiéj po pierwszéj sekundzie czasu. Z doświadczenia wiadomo, że g w rozmaitych miéjscach na ziemi jest różne, a w naszych okolicach wynosi około 9,81 metrów. h oznacza tutaj ciśnienie pary pod jakiém woda wypływa, czyli wysokość kolumny równą cztérem atmosferom, czyli $4 \times 10{,}33$ metrów (albo w stopach francuzkich $4 \times 31{,}8$); wstawiwszy wartości liczebne w powyższą formułę i wyciągnąwszy pierwiastek kwadratowy z całego tego iloczynu, otrzymamy: $\sqrt{2 \times 9{,}81 \times 4 \times 10{,}33} = 28$ metrów, to jest, że woda wypływa z kotła do smoczka z chyżością 28 metrów w jednéj sekundzie czasu.

Para wodna pod ciśnieniem 1 atmosfery, wpływa do przestrzeni próżnéj z chyżością 580 metrów w jednéj sekundzie czasu, a pod ciśnieniem cztérech atmosfer, teoretycznie rzecz biorąc, wypływa do przestrzeni próżnéj smoczka, z chyżością 615 metrów, gdzie się zagęszcza czyli kondensuje.

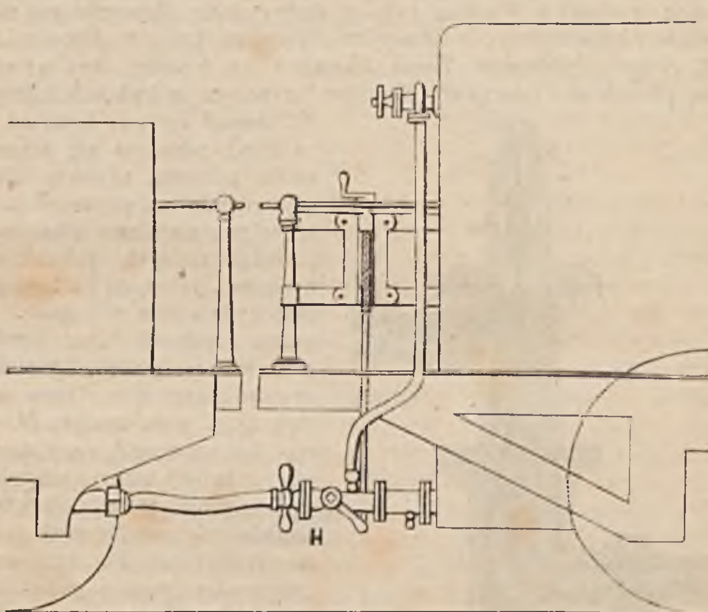


Fig. 330.

Przypuśćmy, że para z taką właśnie chyżością płynąca uderza o wodę w smoczku. Kiedy woda będzie zimną, 6 jéj kilogramów wystarczy do skondensowania 1 kilogramu pary; całkowita więc ilość chyżości w massie 1 zawarta, rozdzieli się teraz na $6 + 1 = 7$ części; czyli że massa 7, złożona z 6 części wody i 1 części skondensowanéj pary, będzie teraz posiadała chyżość równą $\frac{1}{7}$ pierwotnéj chyżości pary, czyli $\frac{615}{7} = 87{,}9$ metrów na sekundę; co znaczy, że woda z kondensacyi powstała, wypływająca ze smoczka do kotła, płynie z chyżością 87,9 metrów na sekundę, zaś woda płynąca z kotła na jéj spotkanie, a zatém stawiająca opór, pod ciśnieniem 4-ch atmosfer, płynie z chyżością 28 metrów na sekundę; przewyżka więc chyżości $87{,}9 - 28 = 59{,}9$ metrów na sekundę, stanowi przyczynę działania smoczka Giffarda, to jest: ponieważ chyżość skondensowanéj wody w smoczku, jest większa od chyżości wody wypływającéj do smoczka z kotła parowego, zatém woda skondensowana, pokonawszy opór wody kotła i straciwszy w skutek owego oporu 28 metrów ze swojéj chyżości, płynąć będzie do kotła z resztą chyżości 59,9 metrów w sekundzie czasu. Znając przekrój wentyla którym woda wpływa do kotła, łatwo jest obliczyć ile smoczek dostarcza wody do kotła w sekundzie czasu.

380. Prasy hydrauliczne. 1) *Prasa hydrauliczna*, składa się z małéj pompki tłoczącéj, za pomocą któréj woda cienką rurką wtłacza się do wielkiego cylindra prasy hydraulicznéj opatrzonego tłokiem, za pomocą którego otrzymuje się wielkie żądane ciśnienie. Prasy hydrauliczne mają swoje zastósowanie w cukrowniach przy wytłaczaniu soku z buraków, w olejarniach, na drogach żelaznych przy naciąganiu i zdejmowaniu kół z osi i t. p.

Działanie prasy hydraulicznéj (którą w r. 1796 w Anglii pierwszy zastósował w praktyce Bramah) polega na własności wody (wspólnéj wszystkim płynom), że ciśnienie działające na nią, rozchodzi się jednostajnie we wszystkich jéj kierunkach. Są to zwykle dwa cylindry o nie jednakich średnicach, komunikujące z sobą, w których tłoki poruszają się wodotrwale, zaś przestrzenie pod nimi będące, napełnione są wodą. Jeżeli tłoczek małego cylindra posuwać się będzie na dół, to tłok większego cylindra poruszać się będzie w górę, ale z siłą w odwrotnym stosunku tyle razy większą, ile razy jego przekrój większy jest od przekroju małego tłoczka. Jeżeli np. mały tłoczek, równa się jednemu calowi, zaś większy ma 12 cali średnicy, to ich przekroje mają się do siebie jak $(1^2 : 12^2) = 1 : 144$, czyli że tłok prasy podniesie się o $^1/_{144}$ część cala, gdy tłoczek pompy zniży się o 1 cal; ale za to siła większego tłoka działająca w górę będzie 144 razy większa od siły małego tłoczka działającéj na dół. Przy takim stosunku średnic, jak to już Pascal w roku 1664 objaśnił, siła jednego człowieka cisnąc na mały stępelek, może zrównoważyć siłę 144 ludzi cisnących na tłok większy. Gdyby na jednocalowy tłoczek pompy hydraulicznéj, działała siła maszyny parowéj wynosząca 3000 funtów, to ciśnienie tłoka 12-calowego w górę, będzie wynosić $3000 \times 144 = 432000$ funtów. Gdyby zaś tłoki miały się do siebie w stosunku jak $1'' : 14''$, a zatém przekroje jak $1 : 196$, to taż sama siła działając na tłoczek mniéjszy, poruszałaby tłok prasy do góry z siłą $3000 \times 196 = 588000$ funtów. Dla podniesienia siły prasy hydraulicznéj, należy albo tłok prasy powiększyć, lub tłoczek pompy zmniéjszyć; ponieważ jednak tłoczek pompy nie może być bardzo cienki, ale owszem winien mieć zawsze odpowiednią średnicę ze względu na wytrzymałość, zawsze przeto będzie lepiéj średnicę tłoka prasy powiększyć. Wielkich rozmiarów tłok prasy, pociąga jednak za sobą nie małe koszta, gdyż cylinder musi być odpowiednio gruby, aby ciśnieniu wewnętrznemu podołał. Na str. 281 podaliśmy już teoryą tłoczni hydrostatycznéj, na którą czytelnik zwrócić zechce uwagę.

Rozdział o Olejarniach obejmować będzie rysunek pompki i prasy hydraulicznéj horyzontalnéj w przecięciu pionowém, podobnéj do wszelkich pras i pomp jakkolwiek takowe skomplikowane być mogą, gdyż istota rzeczy we wszystkich tego rodzaju przyrządach pozostaje ta sama. Gdy tłoczek podnosi się w górę, tworzy się pod nim próżnia, wentyl unosi się również w górę i woda z rezerwoaru koszem dziurkowanym podnosi się aż pod dno samego stempla i zapełnia całą przestrzeń pustą nad wentylem. Kiedy znowu tłoczek opuszcza się na dół, zamyka wentyl, ale za to otwiera wentyl tłoczący, a woda za pośrednictwem rurki dostaje się do cylindra prasy, pod tłok tójże prasy, który natychmiast podnosi się do góry, jak tylko cała przestrzeń pusta, napełniona będzie wodą. Cofanie się wody z prasy do cylindra pompy nie może mieć miejsca, gdyż jak tylko tłoczek wraca znowu na dół, wentyl natychmiast się zamyka i wody nie puszcza.

Przykład. Niechaj średnice tłoków wynoszą 2^{cm} i 25^{cm}, długość ramion drążka 5^{cm} i 60^{cm}; jaką należy przyczepić siłę na końcu drążka, aby otrzymać ciśnienie na tłok prasy 100000 kilogramów?

Stosunek tłoków $25^2 : 2^2 = 156{,}25$

Zatém ciśnienie na mały tłok . . . . $\frac{100000}{156{,}25} = 640$ kil.

Stosunek drążka . $60 : 5 = 12$

Zatém siła na końcu drążka . . . . . $640 : 12 = 53{,}3$ kil.

Całkowity więc stosunek $12 \times 156{,}25 = 1875$,

t. j. że jednostką siły na końcu drążka, można wywrzeć ciśnienie $= 1875$ razy większe na tłok cylindra prasy. Siła zatém na końcu drążka opisuje 1875 razy większą drogę aniżeli tłok prasy.

2) *Tarcie*, jakie sprawia obrączka skórzana. Podług doświadczeń Hicka, stosunek tego tarcia do całkowitego ciśnienia, jakie sprawia tłok cylindra prasy w centymetrach wynosi:

$$\frac{0{,}20}{\text{Średnica tłoka}}$$

Przykład. Tarcie, jakie sprawia pakunek wyż rzeczonéj prasy, wynosi:

$$0{,}20 : 25 = 0{,}08.$$

3) *Grubość ścian cylindra prasowego*, można znaleźć podług następującéj formuły:

$$\text{Grubość ściany } e = \frac{D.\ p}{2.\ m}, \text{ gdzie}$$

D oznacza wewnętrzną średnicę cylindra w cent., p ciśnienie płynu na $1^{cm}\square$ powierzchni cylindra i tłoka, m spółczynnik wytrzymałości, na $1^{cm}\square$ przekroju.

Jeżeli cylinder ma być wtedy rozsadzony, gdy $p = m$, to wtedy musi być $e = \frac{D}{2}$. Wielu też rzeczywiście konstruktorów dają grubość ścian cylindra prasowego równą połowie średnicy wewnętrznéj tegoż cylindra. Jeżeli spółczynnik wytrzymałości $= 1200$ kil., to takie cylindry mogą wytrzymać ciśnienie $1200 : 1{,}033 = 1161$ atmosfer, nim ulegną rozsadzeniu. Ciśnienie p nigdy nie powinno być większe od m czyli od spółczynnika wytrzymałości materyału.

4) Zastósowanie tych formuł do pras hydraulicznych, używanych do podnoszenia rur przy budowie mostu Britannia.

Wewnętrzna średnica cylindra prasy . . . . $= 56^{cm}$

Średnica tłoka prasy . $= 51^{cm}$

Przekrój . . . . . . $= 2043^{cm}\square$

Ciężar jaki taką prasą podnoszono . . . $= 1161500$ kil.

Zatém wywarte ciśnienie na $1^{cm}\square$ $P = \frac{1161500}{2043} = 568$ kil.

Biorąc spółczynnika wytrzymałości bardzo dobrego żelaza lanego na centymetr $\square$ przekroju $= 1250$ kilogr. to grubość ścian opierających się rozerwaniu, obliczona podług powyższéj formuły, będzie:

$$e = \frac{568^k \times 56}{2 \times 1250} = 12{,}6 \text{ centymetrów.}$$

Że zaś grubość ścian cylindrów wynosiła $15{,}3^{cm}$, przeto wytrzymałość ich posunięto aż do 83 procentów.

ROZDZIAŁ XV.

MACHINY WIATROWE.

---

381. **Miechy.** Wiadomości o narzędziach i aparatach używanych do topienia metali za pomocą ściśnionego powietrza, znajdujemy u najstarożytniéjszych narodów. Wilkinson utrzymuje, że miech skórzany ręczny, znany był już Grekom. Że i Rzymianie używali tego narzędzia przy organach za czasów Vitruwiusza, nie ulega najmniéjszéj wątpliwości.

Że w 16 stuleciu nie tylko zwyczajne spiczaste miechy przy topieniu i kuciu żelaza, ale i miechy cylindrowe były używane, przekonywa nas o tém dzieło Agricoli, sławnego uczonego saskiego w r. 1550 wydane, pod tytułem: „De Re Metallica" gdzie nie tylko znajdują się rysunki tych miechów, ale i ich budowa dokładnie jest opisana.

Pomijając konstrukcyą miechów zwyczajnych skórzanych mających formę trójkąta równoramiennego, używanych dotąd przez kowali i ślusarzy, przejdziemy do konstrukcyi miechów cylindrowych i wentylatorów, będących dzisiaj w powszechném użyciu. Miechy te i wentylatory mają przeznaczenie ssać powietrze i wtłaczać go pod pewném ciśnieniem, do pieców wielkich, kopułowych, do ognisk kowalskich i t. p.

Oznaczenie ciśnienia wiatru. Do tego celu służy manometr, już wyżéj przez nas opisany. Jedno jego ramię połączone jest z powietrzem ściśnioném, a drugie od góry otwarte z powietrzem atmosferyczném. Napełnia się go wodą lub merkuryuszem. Odległość pionowa między zwierciadłami płynu w obudwu ramionach, nazywa się *stanem manometru.* Ciśnieniu jednéj atmosfery odpowiada wysokość kolumny wody $10{,}33^m$ lub wysokość merkuryuszu $0{,}76^m$.

Potrzebna ilość wiatru dla wielkich pieców. Jeden kilogram węgla drewnianego lub koksu potrzebuje do spalenia około 8 metrów sześciennych zimnego powietrza. Przy użyciu takiéj ilości powietrza dla rud średniéj topliwości (przy 35 do 40 procentów żelaza), potrzeba jest 140 do 180 kilogramów węgla drzewnego lub 210 do 260 kil. koksu, dla otrzymania 100 kil. surowcu.

Powietrze powinno największy przekrój pieca przebiegać z chyżością 4 metrów na sekundę. Powietrze w stanie ogrzanym, ma 6,5 razy większą objętość, niż w stanie zimnym; przekrój zaś pieca w skutek skupionych cząstek materyału palnego i rudy, redukuje się do $^1/_6$ swojéj powierzchni. Zatém ilość zimnego powietrza potrzebna na $1^m\square$ największego przekroju, wynosi:

$$\frac{1}{6,5} \times \frac{1}{6} \times 4 = \frac{4}{39} \text{ metrów sześciennych,}$$

co czyni w minucie czasu 6,15 metrów sześciennych. Używając gorącego wiatru temperatury 300^0 C. zyskuje się 25 procentów materyału opałowego.

Ciśnienie wiatru przy dyzie winno być, jak następująca tabelka wskazuje:

	Słupek merkur.	Słup wody.
dla węgla z lekkiéj sośniny .	0,02 — $0,03^m$	0,27 — $0,41^m$
dla węgla ze zbitéj sośniny .	0,03 — 0,04	0,41 — 0,54
dla węgla z drzewa twardego .	0,04 — 0,06	0,54 — 0,82
dla koksu lekkiego	0,08 — 0,12	1,08 — 1,62
dla koksu twardego	0,13 — 0,19	1,76 — 2,68.

Nizki stan manometru służy dla nizkich pieców, zaś wyższy stan manometru dla wielkich pieców.

Ilość powietrza dla kopulaków. Piece tego rodzaju służą do przetapiania surowcu lub żelaza lanego. Przyczém 100 kilogramów surowcu dają 90 do 95 kilogramów żelaza lanego i potrzebują 12 do 14 lub średnio 13 kilogramów koksu, a tém samém 13×8 lub blizko 100 metrów sześciennych powietrza, ciśnienia atmosferycznego.

Odpowiednie wartości są następujące:

Topienie żelaza w godzinie	= 1000	1500	2000	2500	kilogr.
Ilość wiatru na sekundę	= 0,278	0,417	0,555	0,694	m. kub.
Manometr wodny przy dyzie	= 0,18	0,20	0,22	0,24	metr.

Ilość wiatru dla kuźni kowalskich.

Odpowiednie wartości są następujące:

	Mały ogień	Średni ogień	Wielki ogień
Ilość wiatru na sekundę	0,060	0,010	0,014 m. kub.
Manometr wodny przy dyzie . . .	0,04	0,05	0,06 metr.

Chyżość wiatru pod dyzą. Chyżość u z jaką powietrze z jednéj do drugiéj przestrzeni przepływa, oblicza się w miarach metrycznych, w sposób następujący:

$$(1) \quad u = \sqrt{\frac{2 \times 9,81\ (h - h')}{m}}.$$

h wysokość słupa wodnego, mierzącego ciśnienie wypływającego wiatru.

h' wysokość słupa wodnego, mierzącego ciśnienie gazu w przestrzeni, do któréj wiatr wpływa,

m ciężar gatunkowy odpływającego wiatru.

Wysokość słupa wodnego temperatury 0^0 mierzącego ciśnienie wiatru rozprężliwości 1 atmosfery $= 10,33^m$; ciężar gatunkowy tego wiatru $=$ 0,001293, zatém wartość na m dla wiatru temperatury t^0 będzie:

$$(2) \quad m = \frac{0,001293\ h}{10,33\ (1 + 0,0038\ t)}.$$

Z powodu wilgoci zawartéj w powietrzu wzięliśmy spółczynnik 0,0038 zamiast 0,003665.

Z powyższych formuł otrzymujemy następującą tablicę:

Stan manometru		Chyżość wiatru na sek. pod dyzą temperatury			Stan manometru		Chyżość wiatru na sek. pod dyzą temperatury		
Merk.	Woda	0° C.	150° C.	300° C.	Merk.	Woda	0° C.	150° C.	300° C.
—	0,04^m	24^m	30^m	35^m	0,04^m	0,54^m	88^m	109^m	128^m
—	0,07	32	40	47	0,07	0,95	114	143	166
—	0,10	38	48	56	0,10	1,36	135	168	195
—	0,15	47	59	68	0,14	1,90	155	194	226
—	0,20	54	68	79	0,18	2,45	173	215	251
0,02^m	0,27	63	78	91					

Przekrój dyz wynajduje się tym sposobem, że ilość powietrza przepływającą przez otwór w sekundzie czasu, dzieli się przez chyżość u powietrza.

Z powodu ściśnienia żyły powietrza, należy ten otwór powiększyć $^{10}/_9$ do $^{10}/_7$ razy.

Przykład. Jeżeli miech cylindrowy dostarcza wielkiemu piecu w sekundzie czasu 0,5 metrów sześciennych powietrza temperatury 0^0, a ciśnienia 0,76^m, a manometr przed dyzą pokazuje 0,07^m.

To sprężystość ciśnionego powietrza . $0,76 + 0,07 = 0,83^m$

Objętość tegoż powietrza 0^0 . . . $0,5 \times \frac{0,76}{0,83} = 0,458$ m. kub.

Chyżość tegoż powietrza . . . . $= 114^m$

Przekrój dyz (ściśnienie 0,80) . . $\frac{1}{0,80} \times \frac{0,458}{114} = 0,00502^m$ □.

Jeżeli to samo powietrze, przy tym samym stanie manometru zostanie do 300^0 ogrzane, to objętość powietrza będzie $0,458\ (1 + 0,0038 \times 300)$. $= 0,980$ m. kub.

Chyżość tego wiatru . . . . $= 166^m$

Przekrój dyz . . . . $\frac{1}{0,80} \times \frac{0,980}{166} = 0,00738^m$ □.

Przekrój kanałów wiatrowych. Chyżość wiatru w kanałach wynosi zwykle 20 metrów. Dzieląc objętość wiatru w sekundzie czasu przez chyżość wiatru w kanałach, otrzymamy przekrój kanałów. Wiatr przebiegając kanałem, traci w części swoją sprężystość, w skutek tarcia o ściany kanału. Ta strata sprężystości wiatru zwiększa się proporcyonalnie z długością kanału i kwadratem z chyżości. Ztąd długie kanały, powinny mieć odpowiednio wielką średnicę.

382. Miechy cylindrowe. *Ilość wiatru jaką dostarcza miech cylindrowy podwójnie działający.* Otrzymamy teoretyczną ilość wiatru na sekundę, mnożąc powierzchnię tłoka przez chyżość tegoż tłoka. Z powodu strat w skrzynkach wentylowych, w kanałach wiatrowych etc. bierze się na rzeczywistą ilość wiatru $^3/_4$ ilości teoretycznéj.

Chyżość tłoka. Dla małych miechów powinna wynosić 0,6^m, a dla wielkich miechów 0,9^m.

Przekrój wentyli. Przekrój wentyli ssących powinien przynajmniéj równać się $^1/_{10}$, zaś wentyli tłoczących $^1/_{20}$ przekroju cylindra.

Jednostajność wiatru. Dzwon powietrzny powinien być przynajmniéj 30 razy, zaś regulator wodny przynajmniéj 10 razy większy od miecha cylindrowego.

Siła poruszająca. Jeżeli przekrój wentyli ssących jest wielki i jeżeli takowe otwierają się przy małym wydatku siły, wtedy różnica ciśnienia przed tłokiem i za tłokiem równa się prawie stanowi manometru, znajdującego się w blizkości cylindra. Wystawiwszy sobie nad tłokiem słup wody walcowy, którego podstawa równa się powierzchni tłoka, a wysokość wysokości słupa wody w manometrze, to ciężar tego słupa wody przedstawia różnicę ciśnień na tłok. Iloczyn z tego ciężaru przez chyżość tłoka, równa się ilości wykonanéj pracy. Z powodu tarcia, straty w sile żywéj etc. rzeczywista praca będzie większa od teoretycznéj.

Niechaj s oznacza powierzchnię tłoka, v chyżość tłoka w sekundzie czasu h stan manometru wodnego (wszystkie miary metryczne), a k stosunek między pracą teoretyczną a rzeczywistą, to będzie

$$(3)\quad \text{rzeczywista praca} = \frac{1000.\ s.\ v.\ h.}{75\ k.}.$$

Wartości na k znajdują się między 0,6 a 0,7.[1])

383. Wentylatory. *Urządzenie.* Wentylatory stanowią koło opatrzone 3 lub 6-ma łopatkami d (Fig. 331) obracające się w pudle. W skutek owego obrotu tworzy się próżnia w pobliżu otworów a a, przez co powietrze atmosferyczne wchodzi wewnątrz koła. Powietrze to nabywa chyżości obrotowéj skrzydeł (łopatek), a w skutek siły odśrodkowéj udaje się otworem e do kanału wiatrowego. Powstają tutaj ruchy szarpiące i hałas. Dla zmniéjszenia tego hałasu, obija się skrzydła z obydwóch stron lejkowatemi płaszczyznami blaszanemi b c, a otwory c c zewnętrzne dają się mniéjsze od wewnętrznych.

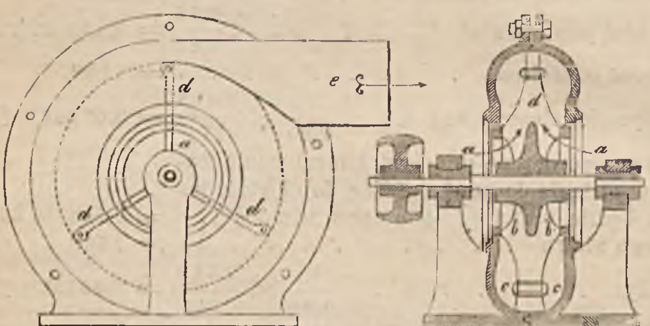


Fig. 331.

Niechaj h wyraża stan manometru wodnego powietrza w kanale,
u chyżość wypływu, odpowiadającą stanowi manometru,
r promień otworu wchodowego przy a,
v chyżość z jaką wiatr przez te otwory dostaje się do wentylatora,
M objętość wiatru, jaką powinien wentylator dostarczyć w sekundzie czasu,
k stosunek pomiędzy teoretyczną a rzeczywistą pracą, potrzebną do nadania ruchu wentylatorowi.

[1]) Obacz artykuł: „Wielki piec w Inowłodzu“ w Tygodniku illustrowanym warszawskim, z r. 1869, Nr. 87, gdzie znajduje się opis i rysunki miecha cylindrowego, zbudowanego w fabryce machin Andrzeja hr. Zamoyskiego i Wsp.

Chyżość obwodowa skrzydeł (łopatek). Chyżość z jaką wiatr z wentylatora wpada do kanału wiatrowego, musi być tak wielką, ażeby pokonała prężenie h powietrza znajdującego się tamże. Podług tabelki w § 381 zamieszczonéj, otrzymujemy następujące wartości:

Stan manometru h =	0,04	0,07	0,10	0,15	0,20	0,27	$0{,}54^m$
Chyżość . . u =	24	32	38	47	54	63	88^m.

Chyżość obwodowa w łopatek, powinna być stosunkowo jak 1 do 1,1 aż do 1,3 być większą od chyżości u.

Chyżość przy wchodzeniu. Chyżość v z jaką wentylator wciąga powietrze otworami kołowymi $r^2 \pi$, bierze się zwykle 4 do 8^m.

Ilość wiatru i kanał wchodowy. Pomnożywszy przekrój $2 r^2 \pi$ obydwóch otworów wchodowych przez chyżość v, otrzymamy ilość wiatru M. Zatém będziemy mieli:

(4) Ilość wiatru $M = 2 r^2 \pi v$.

(5) Otwór wchodowy $r^2 \pi = \dfrac{M}{2 v}$.

Z tego ostatniego wzoru otrzymuje się promień r.

Wewnętrzna szerokość łopatek. Przekrój $2 r^2 \pi$ powinien się równać powierzchni cylindra, którego obwód równa się $2 r \pi$, zaś szerokość $b b$ (Fig. 331), aby uniknąć uderzeń przy wchodzeniu wiatru. Ztąd wypływa, że szerokość łopatek $b b$ robi się równą promieniowi r.

Promień koła. Daje się mu $= 2 r$ do $3 r$.

Liczba obrotów w minucie. Znajdziemy takową, jeżeli drogę $60 . w$ obwodu koła przez tenże obwód podzielimy.

Siła poruszająca. Jeżeli we wzorze (3) uczynimy wielkość $M = s v$, to otrzymamy tak dla wentylatorów, jako i dla miechów cylindrowych:

(6) rzeczywistą pracę $= \dfrac{1000 . M . h}{75 . k}$ koni parowych.

Wartości na k leżą między 0,35 a 0,60.

Przykład. Mamy zbudować piec kopulowy, zużywający w sekundzie czasu 0,4 metrów kub. wiatru, przy stanie manometru $0{,}020^m$. Jakie należy dać wymiary wentylatorowi?

Przypuśćmy, że od wentylatora aż do pieca traci się ciśnienia $= 0{,}07^m$
To stan manometru przy wentylatorze będzie . . . . $h = 0{,}27^m$
A chyżość odpowiadająca temu ciśnieniu . . . . . . $= 63^m$
Zatém chyżość na obwodzie . . . . . . $1{,}15 \times 63^m = 72{,}4^m$
Chyżość przy wchodzeniu wiatru (w przypuszczeniu) . $v = 4^m$
Przekrój otworu wchodowego . . . . . $r^2 \pi = \dfrac{0{,}40}{2 \times 4} = 0{,}05^m \square$
Ztąd promień wewnętrzny . . . . $r = 0{,}13^m$
Promień zewnętrzny koła łopatkowego . . . $3 \times 0{,}13 = 0{,}39^m$
Wewnętrzna szerokość wentylatora . . . . $r = 0{,}13^m$
Liczba obrotów w minucie . . . . $\dfrac{60 \times 72{,}4}{2 \times 0{,}39 \times 3{,}14} = 1773.$
Potrzebna siła (dla $k = 0{,}45$). . . . $\dfrac{1000 \times 0{,}4 \times 0{,}27}{75 \times 0{,}45} = 3{,}2$ koni par.

ROZDZIAŁ XVI.

MASZYNY PAROWE.

---

384. Historya maszyny parowéj. Wynalazek maszyny parowéj, tak samo jak i drukarstwa, stanowi nowy rozdział w historyi oświaty ludzkości, a z jéj wprowadzeniem w użycie, nastąpił kolosalny rozwój w przemyśle, handlu i komunikacyach, którego daleko sięgające skutki, nie dadzą się obliczyć. Rozszerzenie się komunikacyj, mogło tylko nastąpić, przez użycie siły większéj, od siły ludzkiéj lub zwierząt; siła pary wodnéj zastąpiła dotąd używaną siłę motorów żyjących. Ale siła pary nie tylko zastósowaną została do wykonywania pracy, która wielkiéj wymagała siły, ale i do prac subtelnych, wymagających wielkiéj dokładności. Używamy dzisiaj maszyny parowéj, nie tylko do przenoszenia i przewożenia wielkich ciężarów, wagonów na drogach żelaznych, do poruszania okrętów na morzu, statków na jeziorach, kanałach i rzekach; nie tylko do pompowania wody, do poruszania młynów, w kuźnicach, kopalniach, browarach i w innych wielkich zakładach przemysłowych, gdzie innego rodzaju siła byłaby niedostateczną, ale użyto jéj także w mennicach do wybijania monety, przy tokarniach, wiertarniach, przędzalniach, tkalniach, drukarniach i t.p., wymagających wprawdzie nie wielkiéj siły, ale wielkiéj regularności. Sądzimy więc, że nie będzie obojętną rzeczą, zwłaszcza dla młodego czytelnika, poznanie historyi tego wielkiego wynalazku, ośmnastego stulecia.

Wiadomość o parze, sięga pierwszych czasów ludzkości, gdyż koniecznie musiała być dostrzeżoną przez człowieka, który pierwszy swój garnek z wodą postawił na ogniu i takową zagotował. Para więc nie potrzebowała mieć osobnego wynalazcy, lecz tylko jéj zastósowania. Najdawniéjszym uczonym, któremu przypisują zastósowania siły pary, był *Archimedes*, na 287 lat przed Chrystusem żyjący. Jego wynalazek, była to armata parowa, jak o tém *Leonardo da Vinci* pisze. Miała ona przeznaczenie wyrzucać kule przez wpuszczanie do niéj pary, w inném naczyniu przygotowanéj. Zdaje się jednak, że ten wynalazek ani za czasów Archimedesa, ani za czasów Leonarda da Vinci, nie miał praktycznego zastósowania. W owych bowiem wiekach, silono się na rozmaite idealne wynalazki i wielkie do nich przywiązywano znaczenie, chociaż te żadnéj praktycznéj wartości nie posiadały. W każdym jednak razie widzimy, że wiadomość o sile pary, znaną już była u starożytnych. *Phylon* powiada, że *Ktesobius* już na dwa wieki przed Chrystusem, używał ściśnionego powietrza do wyrzucania kul z armat, a przyrząd swój nazywał: *grzmotnikiem powietrznym.* Z trzech ksiąg *Herona* Aleksandryjskiego (na 120 lat przed Chrystusem) dowiadujemy się o rozmaitych aparatach, które służyły do poruszania różnych przedmiotów, za pomocą pary. Ale wszystkie te przyrządy przez Herona cytowane, mają jedynie charakter zabawki, bez żadnego praktycznego znaczenia, co zdaje się przekonywać, że starożytni natury pary nie znali, uważając takową za rodzaj powietrza wytworzonego z wody za pomocą ognia. Uwikłani takim fałszywym poglądem, gorliwie zresztą rozwijanym przez ówczesną filozofię Arystotelesa, nie mogli téż starożytni pod względem użyteczności pary, przekroczyć za granicę jéj najpierwszych początków.

Kula Herona, zwana także kulą Eola lub Eolipilą, była to kula metalowa, wewnątrz pusta, opatrzona małym otworkiem, którym po rozgrzaniu jéj nad ogniem, w skutek rozcieńczonego powietrza woda do niéj wchodziła, a zamieniwszy się w parę, znowu tym otworkiem z wielkim hałasem napowrót wypływała. Kula Eola przechowała się aż do średnich wieków i była zawsze ulubioną zabawką uczonych. *Cardanus* (1557 r.) starał się ją zastósować do wciągania i wypychania płynów; Philibert *Delorme* (1567) proponował ją jako środek do usuwania dymu z kominów. Dopiéro Jakób *Besson* (1569) i Jan Chrzciciel *Porta* (1601), podają w swoich pismach metody oznaczania objętości pary. Salomon de *Caus*, urodzony w Diéppe w Normandyi około r. 1576, był architektą i posiadał według ówczesnego zwyczaju, znajomość wszelkich sztuk wyzwolonych. W podróży swéj po Anglii, przybył na dwór księcia Walii, gdzie pomieszczony został jako nauczyciel rysunku, młodéj księżniczki Elżbiety. Gdy ta w r. 1615 wyszła za kurfirsta Fryderyka V, przybył także z nią i de Caus do Heidelberga, gdzie mu poruczono ogród zamkowy powiększyć i podług nowego gustu urządzić. Ze zlecenia tego wywiązał się jak najświetniej, ogród bowiem nie tylko powiększył, ale i wspaniale ozdobił; zbudował oprócz tego taras, będący dla podróżnych do dziś dnia, przedmiotem podziwienia.

De Caus w r. 1615 wydał w Heidelbergu broszurkę pod tytułem: *Przyczyny sił ruchu* (Les raisons des forces mouvantes), a w r. 1619, t. j. w chwili rozpoczęcia się w Niemczech 30-letniéj wojny, wrócił do Francyi gdzie otrzymał miejsce inżyniera i architekta na dworze Ludwika XIII, lecz późniéj za swoje zgubne *teorye o maszynie parowéj* (!) osadzony został w Bicétre w domu obłąkanych przez wszechwładnego naówczas ministra kardynała Richelieu, i gdzie zmarł r. 1626, jak świadczą Baille i Arago.

Zasługuje tu także na wzmiankę włoch Giovanni *Branca*, który w roku 1629 wydał w Rzymie zbiorowe dzieło pod tytułem: „Le machine volume nuovo etc.“ Opisana jest w tém dziele następująca machina: W kuli do pewnéj wysokości napełnionéj wodą i ustawionéj nad ogniem, wytwarza się para. Po otwarciu kurka, rurką odpowiednio zakrzywioną wypuszcza się para na łopatki kółka, któréj siłę można zużytkować, za pomocą korby i trzona korbowego, lub za pomocą kół zębatych, przenosząc ją na przyrządy wykonywujące pewną pracę mechaniczną. Że jednak maszyna Branca zużywała bardzo wiele paliwa w stosunku do wykonywanéj pracy, starano się późniéj projekt de Causa wydoskonalić. Jezuita *Kircher* i ksiądz *Dobrzański* zajmowali się owym przedmiotem. Należy tu również wymienić margrabiego *Worcester*, któremu ziomkowie Anglicy, długi czas przypisywali wynalazek maszyny parowéj. W książce jego pod tytułem: „Sto wynalazków" (A century of Inventions), wydanéj w r. 1663, znajduje się opis machiny parowéj, do podnoszenia wody służyć mającéj. Ale aparat ten dotąd przez nikogo nie był zrozumianym, z wyjątkiem może samego szanownego margrabiego. Oglądając się bacznie na ubiegłe czasy, daremnie szukalibyśmy tam postępu w ideach, odnoszących się do użyteczności pary. Przez 20 wieków ciągnie się jednostajnie ta sama myśl nie rozwikłana, bez żadnego praktycznego użytku. Z powolnością starożytnym uczonym właściwą, wypadek nie mający żadnego znaczenia, sukcessyjnie z wytrwałością rozważany, zaczyna się i kończy zawsze na Eolipilach Herona, a czczony jak relikwia, przechowuje się nie naruszony, aż do XVII stulecia. Przyczyną tego zastoju idei, jest zupełny brak nauk przyrodzonych, czém głównie odznaczały się nauki scholastyczne. Ponieważ zaś nauki przyrodzone, oparte dziś na doświadczeniu i na pewnikach matematycznych, nie mogły się wydobyć przed wiekiem XVII ze swojéj kolebki, było więc podówczas zupełném niepodobieństwem wynaleźć maszynę parową, któréj główną podstawą jest poznanie sił, przyjmujących udział w zjawiskach przyrody. Właściwa zatém era maszyny parowéj, liczy się dopiero od chwili, kiedy powstała dzisiejsza nauka. Widzimy, jak jéj rozwój postępuje krok za krokiem z rozwojem nauk fizycznych, a najnowsze odkrycia poczynione w nauce o cieple, nadadzą jeszcze korzystniéjsze warunki maszynie parowéj i na nowe ją koleje wprowadzą.

Nauki przyrodzone, datują się dopiero od schyłku XVI i początku XVII stulecia, gdzie tacy mężowie, jak Deskartes, Galileusz i Kepler z nowymi poglądami wystąpili, które w początkach zostawały tylko w sprzeczności z nauką Arystotelesa, ale które potém wyrodziły się w prawdziwą walkę, obalającą z czasem zupełnie jego naukę. Najwybitniéjszém odkryciem owego czasu, jest ciężkość atmosferycznego powietrza, które zawdzięczamy *Toricellemu* (1630). Toricelli kształcił się w naukach matematycznych w Rzymie, a poznawszy całą naukę Galileusza, znalazł się przypadkiem w potrzebie urządzenia pompy (około r. 1639) we Florencyi w ogrodzie wielko-książęcym, która miała ciągnąć wodę z głębokości stóp 50, a woda wzniosła się w rurze ssącéj, tylko do wysokości stóp 32. Ta okoliczność poprowadziła go do bardzo ważnego odkrycia. Dawna teorya *natura niecierpi próżni* (horror vacui) nie mogła tu już wystarczyć, a Toricelli przez rozumowanie doszedł, że przyczyną wznoszenia się wody w górę, musi być ciężkość powietrza, i że ta wysokość wzniesienia musi tylko być taką, na jaką ciśnienie powietrza pozwala. Wyprowadził także wniosek, że rtęć jako 14 razy od wody cięższa, zajmie tylko $^{1}/_{14}$ część wysokości kolumny wody. Doświadczenie zrobione na rurce szklanéj, potwierdziło jego rozumowanie które my dzisiaj na barometrze widzimy. Dopiero *Mersenne* w podróży swéj naukowéj w r. 1646 zaczerpnął o tém wielkiém odkryciu wiadomość we Włoszech i przywiózł ją ziomkom swoim do Francyi, a próba powtórzona w Rouen przez *Pascala*, zrobiła zeń zwolennika teoryi Toricellego.

Po tych doświadczeniach Pascala, starano się robić próżnię w inny sposób niż wskazał Toricelli. Otto *Guericke* burmistrz magdeburski (ur. 1602 r. w Magdeburgu, zmarł 1686 w Hamburgu), robił doświadczenia z pompą powietrzną. Odbywał on także doświadczenia na dwóch półkulach, z których wypompował powietrze, a których z dwóch stron po 8 zaprzężonych koni, nie mogło od siebie oderwać. Powierzchnia całej kuli wynosiła $2827\frac{1}{2}$ cali kwadratowych, zatém ciśnienie powietrza na zewnętrzną jéj powierzchnię, wynosiło $42412\frac{1}{2}$ funtów czyli centnarów 424, funtów $12\frac{1}{2}$, licząc po 15 funtów na cal kwadratowy. Pomiędzy wieloma innemi doświadczeniami, zrobił on jedno bardzo ważne na sejmie w Regensburgu, w obec cesarza Ferdynanda III, z cylindrem opatrzonym tłokiem, z którego wypompował powietrze, a przyczepiwszy do tłoka linę, podniósł na niéj 20 ludzi do góry. Z podziwem i ze zdumieniem, ujrzano te osobliwe skutki ciśnienia powietrza i odtąd to, skierowały się usiłowania uczonych do tego jednego zadania, aby urządzić próżnię w sposób prostszy jak Guericke, gdyż jego metoda nie mogła być zastósowana w praktyce, z tego powodu, iż potrzebowała tyle, a nawet i więcéj siły do zrobienia próżni, ile jéj potém próżnia mogła dostarczyć. Widzimy rozmaite sposoby, mające to zadanie rozwiązać, wszystkie jednak pozostały bez żadnego rezultatu, dopóki *Papin* nie wynalazł klucza do rozwiązania téj wielkiéj zagadki, którą my dzisiaj *kondensacyą* czyli *zgęszczeniem pary* zowiemy.

Dyonizy *Papin* urodzony w r. 1647 w Blois we Francyi, wykształcił się na lekarza; popychany jednak wielkiém upodobaniem do nauk fizycznych i matematycznych i zachęcony jeszcze przez *Huyghensa*, który robił podówczas swoje sławne doświadczenia z pendułem w Paryżu, a przy którym Papin jako asystent pracował, przerzucił się zupełnie do tychże nauk. Lecz w r. 1665 opuścił Francyę udając się do Anglii, gdzie zabrał znajomość z Robertem *Boyle* założycielem królewskiego towarzystwa nauk i sztuk (Royal Society). W skutek rozmaitych znakomitych prac fizycznych jakie w Anglii dokonał, mianowany został w r. 1680 członkiem towarzystwa i w tymże samym czasie ogłosił swój sławny wynalazek *gotowania w garnku ściśnioną parą*, zwanym do dnia dzisiejszego digestorem czyli *garnkiem Papina*. W tymże czasie wynalazł i *klapę bezpieczeństwa*, którą do swojego digestora zastósował.

Ale tym znakomitym uczonym, kierował widocznie jakiś duch niestałości, gdyż pod wpływem téj saméj chęci wędrowania, która go rozłączyła z Huyghensem i zawiodła do Anglii, widzimy go znowu opuszczającego w r. 1681 swoje chlubne stanowisko w Londynie i na wezwanie Sarrotiego spieszącego do Wenecyi, dla założenia tam Akademii nauk. Lecz tu odwróciło się od niego szczęście. Już po dwóch latach pobytu swego w Wenecyi, rozczarowany i zubożały, powrócił znowu do Londynu, gdzie przez Towarzystwo królewskie bardzo oziębłe przyjęty został, a lubo dano mu posadę, ale ta była źle płaconą i używano go odtąd tylko do podrzędnych czynności. Teraz począł się znowu zajmować wynalazkiem Guerickiego, ale nieszczęście nie chciało się z nim już rozłączyć. Bardzo wiele doświadczeń Towarzystwu okazanych, zupełnie się nie powiodło. Niepowodzeniami temi dotknięty i poprzedniemi nieszczęściami skołatany, umysł Papina już począł w melancholię zapadać, kiedy Karol landgraf heski, wielki zwolennik nauk, powołał go w r. 1687 na opróżnioną katedrę matematyki w uniwersytecie Marburgskim, a którą Papin z największą ochotą przyjął. Po niejakim czasie pobytu swego w Marburgu, wziął się znów Papin do porzuconych przez siebie chwilowo robót, gdzie także zajmował się zupełnie nową ideą, właśnie podówczas na porządku będącą, robienia próżni w cylindrze, przez palenie prochu strzelniczego. Ale maszyna prochowa, jako łącząca w sobie wiele niebezpieczeństw, wkrótce przezeń porzuconą została, a Papin rozmyślał znowu nad robieniem próżni za pomocą kondensacyi pary, przez oziębianie cylindra i rezultaty swoich poszukiwań w roku 1690 w *Rozprawach uczonych* (Actis eruditorum) publicznie w Lipsku ogłosił. Prace jego dały myśl do zbudowania maszyny atmosferycznéj, którą usiłowano zastósować w przemyśle. Papin więc uchodzić musi jako prawdziwy wynalazca maszyn nizkiego ciśnienia i bardzo téż sprawiedliwie wdzięczni rodacy, wystawili mu pomnik w r. 1859 w Blois, miéjscu jego urodzenia.

Tymczasem i zwolennicy scholastycznego zapatrywania się na parę wodną, zwrócili uwagę na jéj zużytkowanie, t. j. aby jéj siły prężenia pożytecznie użyć było można. Znaleźli oni ku temu sposobność w maszynie Saverego. Ponieważ Savery w skutek zarzutów fizyka Roberta Hooke, przekonany był o nieużyteczności maszyny Papina, nie starał się jéj przeto poprawić, ale zbudował inny rodzaj maszyny parowéj, która w r. 1698 patentowaną, a w następnym roku w obec królewskiego towarzystwa, wypróbowaną została. Savery jednak najważniéjszą część wynalazku do swéj maszyny użył, a mianowicie jego kondensacyą; ale użył dwóch cylindrów, przez co ruch jego maszyny stał się regularniejszym, skutek jéj jednak był bardzo mały, i z tego powodu jego maszyna tylko do wodotrysków używaną być mogła.

W r. 1705, za pośrednictwem Leibnitza (z rodziny polskiéj *Lubienieckich* pochodzącego), otrzymał Papin bliższą wiadomość o maszynie Saverego, a zwątpiwszy jak się zdaje, o skutku swoich usiłowań, wziął jego maszynę za przedmiot swych badań, którą podług swojego pomysłu przerobił i nową jéj formę nadał. Maszynę tak poprawioną do ruchu statku zastosował, z którym robił dość udatne próby w r. 1707 na rzece Fuldzie.

Lecz znowu opanowała Papina podróżomania. Aby swój wynalazek lepiéj spieniężyć, postanowił jeszcze raz szukać przyjęcia, w gościnnéj zawsze dla niego Anglii. Popłynął więc swoim statkiem 27 września 1707 roku rzeką Fuldą, aby go przeprowadzić do Anglii i tam jako członek „Royal Society" przedstawić go królowéj Annie; dopłynąwszy jednak do Münden, wzbroniono mu wstępu na Wezerę. Wszczęła się z téj przyczyny bójka, a rubaszni majtkowie niemieccy statków pod żaglem płynących, nie pojmując doniosłości zbrodni, rozbili jego parostatek. Przywiedziony tym sposobem do zupełnéj nędzy i moralnemi nieszczęściami będąc zgniecony, przybył jeszcze wprawdzie po raz trzeci Papin do Anglii ze swoją rodziną, ale w r. 1714, ubolewając nad nie spełnioną nadzieją, życia w prawdziwéj nędzy dokonał [1]).

Ale za to inni ludzie praktyczni i energiczni jego genialną myśl podjęli i do skutku przywiedli. Ślusarz *Newcomen* i szklarz *Cowley* w Darmouth, zastanawiając się nad wadami i niedokładnościami „pompy ogniowéj" Saverego (jak ją nazywano), napisali o tém do matematyka Hooke, który im udzielił książkę Papina w r. 1690 wydaną, ale zarazem dołączył i swoje uwagi, o nieużyteczności jego maszyny. Pomimo to, próbowali oni na modelu maszynę

---

[1]) Szczegóły o tém zajściu na Wezerze, znajdzie czytelnik w dziele Rühlmana: „Allgemeine Maschinenlehre", tom 4, str. 72, gdzie cytowana jest korespondencya w tym przedmiocie między Leibnitzem a Papinem prowadzona, dotąd nigdzie nie drukowana, znajdująca się w archiwum hanowerskiem.

jego poprawić, przez użycie szybszéj kondensacyi pary, oblewając cylinder parowy od zewnątrz. Skutek okazał się jak najlepszy, a Newcomen i Cowley wraz z Saverym otrzymali w Anglii patent i maszyna parowa można powiedzieć w życie wprowadzoną została.

Urządzenie maszyny Newcomena, albo inaczéj „maszyny atmosferycznéj,“ nie tylko przedstawiało korzyść, że można było nią wodę pompować, a para nie miała już z nią żadnego zetknięcia, lecz tylko służyła do nadawania dowolnych ruchów maszynie i dla tego wszystkie maszyny parowe z tłokami do dnia dzisiejszego budowane, jako od niéj początek wiodące, uważane być muszą. Maszyna ta poprawioną została przez chłopca Henryka *Pottera*, który otwierał kurki i zamykał dla wpuszczania pary do cylindra i dla wypuszczania jéj ztamtąd, w taki sposób, że tę obsługę sama już maszyna wykonywała.

Mimo tych ulepszeń, maszyna Newcomena była jeszcze pod wielu względami bardzo niedokładną, a szczególniéj pod tym, że kondensacya pary odbywała się w cylindrze, przez co traciło się nie tylko bardzo wiele cieplika, ale również z powodu rozgrzewania się cylindra, nie można było dokładnéj kondensacyi osiągnąć. Wszelkie usiłowania jakich używano, dla usunięcia téj niedogodności, pozostały przez lat 70 bez skutku.

W r. 1764 zbudował genialny Jakób *Watt* (1736 urodzony w Greenok w Szkocyi) model machiny Newcomena, dodał jednak do niéj osobny kondensator. Odtąd datuje się rzeczywiste udoskonalenie maszyny parowéj, tak, że do dnia dzisiejszego, nie ma już co w głównych częściach składowych maszyny do poprawienia. Z całą przeto słusznością, należy uważać Watta, jako drugiego wynalazcę, a raczéj twórcę maszyny parowéj, jakiéj dziś we wszystkich gałęziach przemysłu używają.

Główne ulepszenia Watta, są następujące:

1) Zastósował do maszyny kondensator i pompę powietrzną.

2) Dotąd otwarty cylinder od góry, zamknął szczelnie pokrywą, a dla przejścia trzona tłokowego zrobił w téj pokrywie otwór i opatrzył go szczelnym stopfbuksem; tym sposobem więc usunął na tłok ciśnienie powietrza zewnętrznego.

3) Wynalazł korbę i krążek mimośrodkowy, przez co ruch prostolinijny maszyny, zamienił na ruch obrotowy. On także wprowadził koło zamachowe.

4) Zaprowadził równoległościan (parallelogram), przez co nadał ruch trzonowi tłokowemu możliwie pionowy.

5) Zaprowadził regulator odśrodkowy, dla regulowania przypływu pary z kotła do maszyny, manometr i inne indykatory (siłomierze), aby w każdéj chwili, w kotle, cylindrze i kondensatorze widzieć było można, ciśnienie pary.

6) Ulepszył kocioł i obmurowanie onego, przez co odtąd daleko korzystniéj zużytkować było można materyał opałowy.

Oprócz tych ulepszeń, zwrócił także Watt uwagę na korzyść jakąby osiągnąć było można przez zamknięcie przypływu pary do cylindra wprzódy, nim tłok całkowitą drogę w cylindrze odbędzie; a więc można go także uważać jako wynalazcę maszyn ekspansyjnych. Pierwotne maszyny Watta pojedyńczego działania były w taki sposób budowane, że para uskuteczniała tylko opadanie tłoka na dół; podnoszenie się zaś tłoka do góry odbywało się w ten sposób: kiedy tłok dosięgnął już dna cylindra, zamykał się przypływ pary, a parę w cylindrze będącą wprowadzano pod tłok i nad tłok, przez co ciśnienie pary po obu stronach tłoka znoszono. Zawieszony przeciwciężar na drugim końcu wahadła oraz sztangi pomp do pompowania wody służące podnosiły tłok do góry.

Jakkolwiek odpowiadają swemu przeznaczeniu maszyny Watta pojedyńczego działania, używane dotąd w kopalniach do pompowania wody, zastósowanie ich jednak do innéj pracy, byłoby nieużyteczne. Maszyny używane po zakładach przemysłowych, posiadają urządzenie, iż ruch prostolinijny tłoka zamienia się na kołowy, co przy maszynach pojedyńczego działania jest wprawdzie możliwe, ale jeżeli ten ruch ma być jednostajnym, można takowy osiągnąć, jeżeli bardzo wielką massę martwą wprawimy w ruch obrotowy. Lecz aby tak wielką massę w ruch wprawić, trzeba poświęcić wielką ilość siły, którą korzystniéj jest do innego celu użyć.

Geniusz Watta dostrzegł wkrótce te niedogodności, i one skłoniły go do wynalezienia maszyny o podwójnym skutku. Przy maszynach tego rodzaju para sama nadaje ruch tłokowi na dół i do góry, przeciwciężar na wahadle staje się już niepotrzebny, a koło zamachowe do regulowania ruchu maszyny służące, może być daleko lżejsze. W r. 1782 otrzymał Watt patent na machinę podwójnego działania i od tego to czasu, maszyna parowa, stała się rzeczywiście użyteczną w przemyśle. Po wynalezieniu maszyny o podwójnym skutku, łatwo już wpadnięto na myśl, aby także tego rodzaju maszyny budować, gdzieby się para nie kondensowała, ale wypuszczaną była w powietrze, lub téż do innych celów technicznych zastósowaną być mogła. Ponieważ jednak przy takich maszynach, para jeżeli ma wykonać mechaniczny skutek, musi oczywiście wyższe ciśnienie posiadać, niż ciśnienie powietrza atmosferycznego, maszyny zaś Watta rzadko posiadają ciśnienie wyższe nad jedną atmosferę, przeto maszyny działające bez kondensacyi, nazywają się zwykle maszynami *wysokiego ciśnienia*. Następnie starano się znowu, maszyny wysokiego ciśnienia, połączyć z maszynami nizkiego ciśnienia, czyli z maszynami kondensacyjnemi, i oprócz tego urządzić w nich ekspansyę. Artur *Woolf* inżynier angielski, myśl tę w r. 1804 do skutku doprowadził i zastósował w praktyce i on téż w mechanice za przedstawiciela systemu ekspansyjnego uchodzić musi.

Do nowych ulepszeń w maszynach parowych należy taka konstrukcya, gdzie w czasie ruchu tłoka, cały cylinder parowy odbywa ruch wahadłowy, i dla tego maszyny takie, nazywają się maszynami *oscyllacyjnemi*. Maszyny takie są nadzwyczaj proste, zajmują mało miejsca i nie potrzebują tak częstych reparacyj, jak inne maszyny. Używają ich najczęściéj na parostatkach rzecznych, dla niewielkiéj swojéj wagi. Wynalazek maszyn oscyllacyjnych, przypisują jedni *Manbyemu* a drudzy *Cavemu*. W ostatnich czasach dokonano rozmaitych zmian, ulepszeń i przekształceń w maszynach parowych, historya których zajęłaby wiele miejsca, a na co granice naszéj książki nie pozwalają.

385. Jakim sposobem para wykonywa skutek mechaniczny? Przyrząd za pomocą którego para może wykonywać pracę jest to prawie zawsze *tłok* poruszający się w cylindrze (Fig. 332).

Cylinder B jest to rura żelazna lana wewnątrz wytoczona o pewnéj średnicy i długości, które to wymiary są nadzwyczaj zmienne.

Tłok A tak dokładnie przystaje do wnętrza cylindra, że para nie może się dostać z jednéj jego strony na drugą, ale znów nie siedzi tak mocno, aby się z wielką trudnością poruszał.

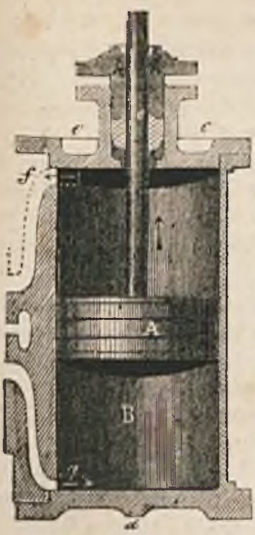


Fig. 332.

Końce cylindra *c* i *d* są szczelnie pokrywami zamknięte. Jedna z owych pokryw jest razem z cylindrem odlana i stanowi część jego stałą; druga zaś pokrywa przymocowana jest śrubami do kołnierza cylindra, aby para przez otwory na zewnątrz wydobyć się nie mogła. Z każdego końca cylindra znajduje się mały otwór *f* i *g* opatrzony klapą, któremi wpuszcza się parę do cylindra, albo też wypuszcza. Teraz można sobie wyobrazić, że jeżeli z jednego końca wpuścimy parę do cylindra, to takowa pchać będzie tłok ku drugiemu końcowi cylindra; a teraz wpuściwszy parę z drugiego końca cylindra (pierwszą parę jednocześnie wypuściwszy), to tłok do pierwotnego swego stanowiska powróci. Jeżeli zatem urządzimy na obudwóch końcach cylindra jednostajny przypływ i odpływ pary, to otrzymamy ciągły ruch tłoka odbywający się od jednego do drugiego końca cylindra. Siła z jaką się ten ruch tłoka odbywa, zależną jest od siły pary.

Ten ruch przemienny tłoka z jednego końca cylindra do drugiego odbywający się z pewną siłą, nie przyniósłby najmniéjszéj korzyści, gdyby się jedynie na cylindrze ograniczył, powinien on komunikować się z jakimś przedmiotem zewnętrznym, któremu chcemy ruch nadać.

To uskutecznia się za pomocą *trzona tłokowego e*. Jest to żelazny lub stalowy dobrze otoczony drążek, jednym końcem połączony z środkiem tłoka i przechodzący otworem przez środek pokrywy, na zewnątrz cylindra, o któréj mówiliśmy wyżéj, że jest śrubami do kołnierza cylindra przymocowana. Ten trzon winien tak samo szczelnie w otworze pokrywy chodzić, jak i tłok w cylindrze, ażeby para na zewnątrz wydobywać się nie mogła, a jednak aby trzon nie poruszał się z trudnością. Łatwo pojąć, iż aby ten ruch mógł się odbywać swobodnie, powierzchnia wewnętrzna cylindra i powierzchnia trzona, muszą być zupełnie gładkie. Cylinder jest żelazny lany z wszelką dokładnością na wiertarni (bormaszynie) wytoczony, aby w całéj swojéj długości posiadał jednaką średnicę. Trzon zaś tłokowy z taką samą dokładnością otacza się na tokarni. W otworze pokrywy, przez który przechodzi trzon tłoka, znajduje się obłoga bawełniana lub konopna (pakunek) nasycona łojem i przyciskana do trzona za pomocą tak zwanego sztopfbuksa. Tym sposobem para nie może się na zewnątrz wydobyć, chociaż ruch trzona odbywa się swobodnie. W taki to sposób trzon korbowy bierze udział w ruchu tłoka i oddaje ten ruch każdemu zewnętrznemu przedmiotowi, z nim połączonemu.

Ruch pierwotny sprawiony przez parę jest ruchem prostolinijnym tam i nazad lub w górę i na dół. Za pomocą rozmaitych przyrządów znanych w mechanice, można ten ruch prostolinijny zamienić na obrotowy, t. j. koło wprawić w ruch obrotowy, podnosić ciężary w upodobanym kierunku, i t. p.

386. Zamiana wody na parę i pary na wodę. Jeżeli wodę wystawimy na działanie ciepła, to woda po pewnym przeciągu czasu stanie się gorącą, ale usunąwszy źródło ciepła, znów woda staje się zimną. Przez ciągłe ogrzewanie wody takowa będzie coraz bardziéj zmniéjszać swą objętość, aż nareszcie zupełnie zniknie. To zniknięcie wody nastąpiło z téj przyczyny, iż woda przez ogrzanie zamieniała się w parę, która połączyła się z otaczającém ją powietrzem. Jednakże temu uciekaniu pary można zapobiedz. Daje się pokrywę i szczelnie się ją mocuje z naczyniem w którém się woda znajduje; tym sposobem usuwa się komunikacyę między parą a powietrzem.

Jedną z najważniejszych zmian jakim woda ulega, przechodząc w stan pary, jest nadzwyczajna zmiana objętości, czyli przestrzeni w której się znajduje. Przekonano się, że pod zwykłymi warunkami wyparowana kwarta czyli litr wody, daje około 1700 kwart czyli litrów pary. Ten stosunek zmienia się jednak stósownie do okoliczności.

Fig. 333.

Wystawmy sobie że na dnie rury *D* (Fig. 333) o przekroju jednego cala □ znajduje się jeden cal kub. wody *W* a nad tą wodą znajduje się tłok *C* z trzonem *S* szczelnie do boków rury przylegający. Wyobraźmy sobie, że ten tłok nie posiada żadnego ciężaru, że tylko na jego powierzchnię jeden cal □ wynoszącą ciśnie słup powietrza atmosferycznego ważący 15 funtów. Wystawmy sobie podstawioną lampę pod dno téj rury, która wodę w rurze będącą ogrzewa; gdy temperatura wody dojdzie do 100^0 C., zaczyna tłok w rurze podnosić się w górę, zostawiając pomiędzy wodą i sobą pozorną próżnię. Jednocześnie zmniéjsza się objętość wody, a jeżeli lampa ciągle się pali, tłok coraz wyżéj podnosić się będzie, dopóki woda z dna rury całkiem nie zniknie. Jeżeli teraz zmierzymy objętość pod tłokiem, przekonamy się, iż ta jest 1700 razy większą od przestrzeni, jaką woda na początku zajmowała. Gdybyśmy mogli jak przez szkło zajrzéć w ową przestrzeń, przedstawiałaby się nam zupełnie pustą, w rzeczywistości zaś napełniona jest parą wodną, niewidzialną jak i powietrze. Otrzymaliśmy więc parę pod ciśnieniem 15 funtów ciśnienia. Wyobraźmy sobie teraz znowu jeden cal kub. wody na dnie cylindra, uciskany tłokiem ważącym 15 funtów i powietrzem atmosferyczném ważącém również 15 funtów, czyli razem 30 funtów. Jeżeli teraz podstawimy lampę, to tłok zacznie się podnosić nie przy temperaturze 100^0 C. jak poprzednio, ale wtedy gdy woda ogrzaną zostanie do 121^0 C. i posuwać się będzie w górę dotąd, dopóki całkiem woda z pod tłoka nie zniknie; ale przestrzeń pomiędzy wodą a tłokiem już teraz nie będzie zajmować 1700 cali kub. jak poprzednio, ale zaledwie połowę t. j. 850 razy większą od objętości jaką woda zajmowała.

Jednćm słowem tłok może być mniéjszym albo większym ciężarem obciążony; ale przy mniéjszym ciężarze czyli ciśnieniu para wyprodukowana zajmie większą przestrzeń niż pod ciśnieniem większém. Co się zaś wody dotyczé, to pod mniéjszém ciśnieniem zacznie się gotować w niższéj, zaś pod wyższém ciśnieniem, w wyższéj temperaturze. Co do gęstości pary, to ta jest prawie proporcyonalna ciśnieniu, pod jakiém się wytworzyła; t. j. pod ciśnieniem 2, 3, 4 razy większém, posiada gęstość 2, 3, 4 razy większą. Wielce pożyteczną jest rzeczą pamiętać, wiele jednostek pary, wytwarza się z jednostki wody. Otóż wiadomo że 1 stopa sześcienna obejmuje 1728 cali sześciennych, można więc powiedzieć, nie popełniając wielkiego błędu, że 1 cal sześcienny wody pod ciśnieniem 15 funtów, daje pary 1 stopę sześcienną. Ta zasada jest tak prostą, że trudno przypuścić, aby wyszła komu z pamięci. Znając ilość pary wyprodukowanéj pod pewném ciśnieniem z pewnéj ilości wody, to z dostateczną dokładnością obliczyć można, ile ta sama ilość wody ale pod innèm ciśnieniem może dać pary. Pod podwójném ciśnieniem, objętość będzie o połowę mniéjsza, gęstość więc i rozprężliwość dwa razy większa; pod połowicznèm ciśnieniem, ilość pary będzie dwa razy większa, ale za to gęstość i rozprężliwość o połowę mniéjsza. Jeżeli woda wre pod ciśnieniem 30 funtów, to z każdego cala sześciennego wody tworzy się tylko pół stopy sześciennéj pary; jeżeli woda wre pod ciśnieniem 45 funtów ciśnienia na cal kwadratowy, to jeden cal sześcienny, daje tylko $^1/_3$ część stopy sześciennéj pary; i odwrotnie jeden cal sześcienny wody pod ciśnieniem 7 $^1/_2$ funtów daje 2 stopy sześcienne pary i t. d.

Ten stosunek byłby zupełnie rzetelnym, gdyby nie różnica temperatur, w jakich woda wre w takich wypadkach, ale na błąd ztąd powstały możemy zupełnie nie zważać. Należy pamiętać, że woda gotuje się zwykle pod ciśnieniem 15 funtów na cal kwadratowy, to jest pod ciśnieniem powietrza. Pod ciśnieniem zaś 7 $^1/_2$ albo 5 funtów, może się wtedy gotować, gdy usuniemy ciśnienie powietrza, lub gdy na tłok działa siła 7 $^1/_2$ albo 10 funtów na cal □, podnosząca ten tłok do góry.

Opisawszy już jakim sposobem woda zamienia się w parę, wypada nam na odwrót wyjaśnić, jak znowu para zamienia się na wodę.

Para wytworzona z wody w sposób wyżéj przywiedziony, posiada tę samą temperaturę co i woda z któréj powstała. Ta temperatura jest jéj koniecznie potrzebną, gdyż w chwili, kiedy parze odbierzemy pewną część cieplika, natychmiast zamienia się pewna jéj część na wodę; a powtarzając to oziębianie pary coraz daléj, całkowita ilość wytworzonéj pary, zamieni się znowu na wodę. Wyobraźmy sobie, że w rurze (Fig. 333) wszystka woda zamieniła się w parę, a tłok podniósł się do saméj góry. Usuńmy obecnie lampę i otoczmy rurę jakim zimnym środkiem, np. zimnem powietrzem lub zimną wodą, to na wewnętrznych ścianach rury natychmiast tworzyć się będzie rosa, a tłok zacznie posuwać się na dół. Ta rosa niczém innèm nie jest, jak tylko wodą skroploną. Tłok posuwając się na dół pcha przed sobą owe kropelki wody — a gdy oziębianie rury nie ustaje, tłok wróci znowu do pierwotnego swego stanowiska, mając pod sobą tę samą ilość wody, z któréj się wytworzyła para. Para więc zamieniła się znowu na wodę. Jakeśmy przeto wodę zamienili na parę ogrzewając takową, tak znowu na odwrót możemy parę zamienić na wodę, oziębiając parę. I to jest najważniéjsza własność, jaka odróżnia parę od powietrza. Żaden dotychczas znany stopień zimna, nie był w możności powietrza na płyn zamienić. Przez wtłaczanie pary do mniéjszéj przestrzeni, można ją także w wodę zamienić; któréj to własności powietrze i pod największém ciśnieniem dotąd nie okazało. Wyobraźmy sobie 1700 cali sześciennych pary 15 funtów prężenia, obciążonych 30 funtami na cal □, to owe 1700 cali pary, zajmą natychmiast przestrzeń 850 cali sześciennych, ale temperatura pary podniesie się wtedy do 121^0 C. Jeżeli teraz część cieplika ujdzie na zewnątrz przez ściany naczynia, a temperatura pary spadnie znów na 100^0 C. to połowa jéj zamieni się w wodę, a reszta pary wywierać będzie tylko ciśnienie 15 funtów na cal kwadratowy, a zatém uciskana daléj tłokiem ważącym 30 funtów zamieniać się będzie w wodę, aż nareszcie para zupełnie zniknie. Ta zatém własność pary, że ją możemy według upodobania na wodę zamieniać, stawia nas w możności zastósowania pary do rozmaitych celów technicznych, gdy tymczasem powietrze takiéj własności nie posiadając, nie przedstawia podobnych mechanicznych korzyści.

387. Skutek mechaniczny podczas zamiany wody na parę. Najogólniejszy i najpospolitszy sposób określenia skutku mechanicznego czyli mechanicznéj pracy jest ten, gdy jesteśmy w możności powiedzieć, *jaka siła jest potrzebna do podniesienia w górę pewnego ciężaru, lub do jakiéj wysokości pewien ciężar podniesie.* Jeżeli się zatém mówi, że taki lub owaki mechaniczny czynnik (t. j. ta lub owa mechaniczna siła) jest w możności podnieść 200 centnarów do 1 stopy wysokości, to mamy o jego mechanicznym skutku dokładne wyobrażenie Nie bierzemy tutaj w rachunek czasu; czy praca ta wykonaną została w jednéj minucie, czy w jednéj godzinie, to skutek będzie jeden i ten sam. Późniéj jednak weźmiemy i czas w rachunek. Zbadajmy wprzódy dwa następujące pytania.

Jak wielki będzie mechaniczny skutek, przy zamianie pewnéj danéj ilości wody np. jednego cala sześciennego na parę?

Jaki wpływ wywiera ciśnienie na ten mechaniczny skutek, pod którém odbywa się parowanie?

Wróćmy się do naszéj Fig. 333. Niechaj na dnie rury o wielkiéj długości, znajduje się jeden cal sześcienny wody, pod tłokiem szczelnie zamykającym tę rurę, cisnącym z siłą 15 funtów na wodę i zawierającym 1 cal □ w przekroju. Tłok o ile wiemy, w miarę tworzenia się pary będzie się w górę posuwał, aż nareszcie podniesie się do wysokości 1700 cali, jeżeli woda zawierała jeden cal sześcienny, a przekrój cylindra 1 cal □. Zatém ciężar 15 funtów podniesionym został do wysokości 1700 cali czyli prawie 142 stóp. Skutek zatém mechaniczny czyli praca jednego cala sześciennego wyparowanéj wody, równa się 15 funtom podniesionym do wysokości 142 stóp. Że zaś 15 funtów, podniesione do 142 stóp wysokości, równają się 142 razy 15 funtów czyli 2130 funt. podniesionym do wysokości jednéj stopy, gdyż jeżeli rurze damy przekrój 142 cali □ i tłok obciążymy 142 razy po 15 funtów, to na każdy cal kwadratowy cisnąć będzie po 15 funtów, i pod każdym znajdować się będzie 142 część 1700 cali sześciennych pary, t. j. 12 cali sześciennych; tłok więc podniesie się w górę o 12 cali czyli o 1 stopę. Ciężar 2130 funtów równa się prawie jednéj tonnie czyli 20 cent.; można więc powiedzieć: że jeden cal sześcienny wody zamieniony w parę, daje mechaniczny skutek czyli poruszającą siłę, która wystarcza do podniesienia jednéj tonny czyli 20 cent. do wysokości jednéj stopy.

Możnaby tutaj zrobić uwagę, żeśmy wodę parowali pod pewném danéni ciśnieniem i w pewnéj danéj temperaturze; ale jeżeli to parowanie odbywać się będzie pod inném ciśnieniem i w innéj temperaturze, czy siła poruszająca będzie przez to mniéjsza lub większa?

Aby to pytanie wytłómaczyć, wyobraźmy sobie tłok obciążony 30 lub 45 funtami zamiast 15. W tym wypadku, jakeśmy to już widzieli, przy 30 funtowém ciśnieniu, tłok wzniesie się do góry tylko o połowę czyli na 71 stóp; przy ciśnieniu 45 funtów, tylko o $^1/_3$ część czyli do wysokości $47\,^1/_3$ stóp; wytworzona para pod ciśnieniem 30 funtów, będzie miała ciśnienie podwójne, a pod ciśnieniem 45 funtów potrójne, i t. d. Widzimy tutaj że 30 funtów podniesione do wysokości 71 lub 45 funtów do wysokości $47\,^1/_3$ stóp zupełnie tyle wynosi, co 15 funtów podniesione do wysokości 142 stóp i to samo będzie, gdy jakiekolwiek inne ciśnienie weźmiemy.

Powyższe więc twierdzenie ma znaczenie ogólne, gdyż skutek mechaniczny pary, nie jest zależny od ciśnienia pod jakiém się tworzy, lecz wynosi zawsze 20 centnarów podniesionych do wysokości jednéj stopy, na każdy cal sześcienny wyparowanéj wody. Wszelako należy tutaj nadmienić, że to jest całkowita siła poruszająca, nie należy więc przypuszczać, że każdy cal sześcienny wyparowanéj wody w kotle parowym, daje rzeczywiście skutek 20 centnarów podniesionych do wysokości jednéj stopy, gdyż bardzo znaczną część otrzymanéj siły pochłania wprzódy tarcie (tłoka w cylindrze i innych części maszyny) i inne opory, nim się otrzyma rzeczywisty skutek pożyteczny.

388. Skutek mechaniczny przy zamianie pary na wodę. Wyobraźmy sobie znowu rurę (Fig. 333) napełnioną 1700 calami pary. Przez oziębienie para zamieni się w wodę, czyli *skropli się* albo *skondensuje*. Ale niechaj tłok jakąkolwiekbądź siłą zewnętrzną utrzyma się w górze, to po pewnym przeciągu czasu, utworzy się pod tłokiem na dnie naczynia jeden cal sześcienny wody i oprócz tego pozostanie przestrzeń 1699 cali sześciennych mająca, w któréj nie będzie ani pary ani wody; czyli utworzy się *czczość* czyli *próżnia* (Vacuum).

A zatém za pomocą pary i zmiany temperatury, możemy osiągnąć to, co za pomocą pompy powietrznéj przychodzi nam z trudnością. Należy jednak pamiętać, że tak samo za pomocą pary, jak i za pomocą pompy nie otrzymamy zupełnie doskonałéj próżni; gdyż po oziębieniu cylindra, jeszcze pomiędzy wodą a tłokiem znajduje się trochę pary, ale bardzo małego prężenia; pary téj będzie tém mniejsza ilość im cylinder będzie zimniejszy; nareszcie będzie jéj tak mała ilość, że ją za żadną uważać można. Opuściwszy tłok na dół, kiedy już para zupełnie się skondensowała, to ów tłok poruszać się będzie na dół pod ciśnieniem 15 funtów na cal □; siła wprawdzie będzie tutaj działać w odwrotnym kierunku, ale będzie tak samo wielką, jak gdyby powstała z wytworzonéj pary. Można więc powiedzieć, że skutek mechaniczny czyli siła poruszająca powstała z kondensacyi jednéj stopy sześciennéj pary, równa się skutkowi mechanicznemu, czyli mechanicznéj pracy powstałéj z wytworzenia się jednéj stopy sześciennéj pary z jednego cala sześciennego wody.

389. Ilość potrzebnego cieplika do zamiany wody na parę. Każdemu wiadomo, iż parowanie tém prędzéj odbywać się będzie, im więcéj cieplika w pewnym czasie oddaje lampa dnu rury. Wyobraźmy sobie, że nasza lampa pali się pod dnem rury zawsze jednostajnie, że więc tym sposobem wodzie w równych chwilkach czasu, udziela równą ilość cieplika. Wyobraźmy sobie daléj, że cal sześcienny wody jest tak oziębiony, że może w téj chwili zamarznąć. Teraz więc musimy sobie czas oznaczyć, od chwili podstawienia lampy, aż do czasu, kiedy woda parować zacznie, t. j. kiedy tłok podnosić się zacznie, niechaj to będzie jedna godzina lub jedna minuta. Następnie obserwujmy czas kiedy woda zupełnie wyparowaną zostanie; znajdziemy, że ten czas wynosić będzie $5\frac{1}{2}$ godzin, lub $5\frac{1}{2}$ minut.

Z tego wypływa, że potrzeba jest $5\frac{1}{2}$ razy więcéj czasu, aby pewną ilość wrzącéj wody zamienić na parę, niż aby ją od punktu marznięcia do punktu wrzenia ogrzać. Jest to fakt mający niezmierną doniosłość w praktyce, że go należy w pamięci zachować. Z tego pokazuje się także, że dla zmiany wrzącéj wody na parę, potrzeba jest $5\frac{1}{2}$ razy tyle materyału opałowego, ile go potrzeba do doprowadzenia wody od temperatury 0^0 do stopnia wrzenia. Z innego także względu jest ten fakt nadzwyczaj ważny i zastanowienia godny.

Jeżeli wstawimy termometr do pary, to takowy pokazywać będzie tę samą temperaturę co i woda z któréj się wytworzyła. Ponieważ woda wrząca pod ciśnieniem 15 funtów na cal kwadratowy posiada temperaturę 100^0 C., i para z niéj wytworzona okazuje tę samą temperaturę. Woda wrząca pod ciśnieniem 30 funtów na cal kwadratowy, posiada temperaturę 121^0 C., para z niéj wytworzona posiada tę samą temperaturę, i t. d. Cóż się więc dzieje z tą niezmierną ilością cieplika oddawaną wrzącéj wodzie przez ognisko bezustannie? Gdyby np. ogień był w stanie w godzinie czasu ogrzać wodę do 100^0 C., to ta woda po upływie $5\,{}^1/_2$ godzin czasu powinnaby mieć temperaturę o 550^0 wyższą, czyli posiadać temperaturę 650^0 C., czyli blizko o 250^0 więcéj jak temperatura roztopionego żelaza; ale tutaj podwyższenie temperatury zupełnie nie nastąpiło, para choć tak wielką ilość cieplika przyjęła, nie jest gorętszą od wody z któréj powstała. Gdzież więc jest ten cieplik i dla czego nie pokazuje go termometr? Na pytanie pierwsze łatwo jest odpowiedzieć, i już na takowe odpowiedzieliśmy. Cieplik znajduje się w parze, jak to zaraz okażemy. Drugie pytanie sięga aż do samych granic nauki, i nie może tutaj być wyjaśnioném. O cieplikú znajdującym się w parze, którego nie pokazuje termometr, mówi się zwykle: że jest *cieplikiem ukrytym* albo *utajonym*. Ale w tych wyrazach nie znajdujemy zasady ani objaśnienia owéj nieczułości cieplika.

Mówiliśmy już że 550^0 cieplika ukrywają się w parze, chociaż ich termometr nie pokazuje. Już tego dowodzi sama okoliczność, że dla wyprodukowania pary z wrzącéj wody, potrzeba jest $5\,{}^1/_2$ razy tyle cieplika, aniżeli do zagotowania wody od 0^0 aż do 100^0. Ale możemy to jeszcze jaśniéj wytłómaczyć. Te 550^0 cieplika, można na powrót z pary otrzymać. Jedna stopa sześcienna pary temperatury 100^0, z jednego cala sześciennego wody wytworzona, niechaj będzie w jakiemś naczyniu zamknięta. Jeżeli $5\,{}^1/_2$ cali sześciennych wody temperatury 0^0 wpuścimy do owéj pary, to para zamieni się w wodę, czyli jak się mówić zwykło językiem technicznym, że się *skondensuje*, a w naczyniu utworzy się teraz $6\,{}^1/_2$ cali sześciennych wody, temperatury 100^0, to jest téj saméj temperatury, jaką posiadała dopiero co skondensowana para.

A zatém para temperatury 100^0, zamieniła $5\,{}^1/_2$ cali sześciennych wody temperatury 0^0 na wodę gorącą temperatury 100^0, czyli podniosła jéj temperaturę od stopnia marznięcia aż do stopnia wrzenia, i sama zamieniwszy się na wodę zachowała tę samą temperaturę t. j. 100^0. Pokazuje się więc z tego, że para aby się z wody wytworzyć potrzebowała $5^1/_2$ razy tyle cieplika, niż do zagrzania jednego cala sześciennego wody od 0^0 do 100^0 C.

Dowiedliśmy przeto, że w parze powstałéj z jednego cala sześciennego wody ukryty cieplik, którego termometr nie pokazuje, jest dostateczny do zagrzania $5\,{}^1/_2$ razy więcéj wody temperatury 0^0 aż do 100^0 C.

Przy obliczaniu kosztów siły pary, jest to bardzo ważny rezultat. Cieplik jaki wydaje pewien materyał stoi z ilością tego materyału w prostym stosunku. Potrzeba więc jest $6\,{}^1/_2$ razy tyle materyału opałowego, aby wodę od temperatury 0^0 ogrzać i zamienić w parę, aniżeli, aby ją tylko zagrzać od 0^0 do 100^0. Jeżeli woda posiada temperaturę 25^0, to do zagotowania należy podnieść jéj temperaturę tylko o 75^0; aby ją zaś wyparować, potrzeba jéj jeszcze dodać 550^0 cieplika, czyli razem 625^0 czyli $8\,{}^1/_2$ razy tyle, ile go potrzeba do zagotowania wody. W całém naszém wyjaśnieniu przypuściliśmy, że woda pod zwyczajném ciśnieniem 15 funtów na cal □ zamieniała się na parę, to jest jak i w naczyniu otwartém, gdyż ciśnienie powietrza tyle wynosi. Można się więc teraz zapytać, co się dzieje, gdy parowanie wody odbywa się pod inném ciśnieniem? Czy to parowanie nie odbywa się czasem z większą oszczędnością cieplika i materyału opałowego? Byłoby to rzeczą niezmiernie ważną w wydatkach na siłę pary. Nie ma jednakże miéjsca taka oszczędność. W skutek licznych doświadczeń wiadomo, że pod jakiémkolwiek ciśnieniem odbywa się parowanie, potrzeba jest zawsze tego samego czasu i téj saméj ilości cieplika, aby tę samą ilość wody w parę zamienić. Wprawdzie potrzeba jest dłuższego czasu i większéj ilości cieplika, aby wodę pod ciśnieniem 30^0 w parę zamienić, gdyż ją potrzeba ogrzać do 121^0 nim zacznie parować, ale za to potém parowanie odbywa się prędzéj, gdyż o tyleż stopni para mniéj w sobie cieplika ukrywa. Ów ukryty czyli utajony cieplik, przy wyższém ciśnieniu, jest o tyleż stopni mniéjszy, o ile potrzeba go więcéj do zagotowania wody. Można to osobliwe zjawisko w taki określić sposób, że summa ukrytego i wolnego (czyli termometrem oznaczonego) cieplika zawsze jest ta sama, to jest około 650^0.

Jeżeli woda paruje pod ciśnieniem 67 funtów na cal □ w temperaturze 150^0, to wtedy ukryty cieplik pary, będzie wynosił 500^0; gdyby parowanie odbywało się w temperaturze 200^0, przy ciśnieniu 203 funtów na cal □, to para ukrywałaby wtedy tylko 450^0 cieplika, i t. d. Jest to osobliwsze zjawisko, ale to jest niezawodném, że zużycie materyału opałowego, jest zawsze jedno i to samo, pod jakiemkolwiek ciśnieniem paruje woda.

390. Siła mechaniczna pary w skutek ekspansyi. Widzieliśmy już że tłok z jednego końca cylindra do drugiego odbywa drogę z pewną siłą, za pomocą pary. Przypuszczamy tutaj, że para dostarczaną jest jednostajnie przez kocioł parowy. Tłok posuwa się wciąż daléj, gdyż przypływająca para, więcéj miejsca potrzebuje i przybywa wreszcie do końca cylindra, gdy już tyle pary weszło, ile jéj cylinder pomieścić może. Ale tu musimy zauważyć, że taki sam skutek każda inna ciecz np. woda sprawićby mogła, gdyby pod tém samém ciśnieniem i w dostatecznéj ilości do cylindra wpływała. Para więc działa tutaj, nie jako ciało płynno-sprężyste, ale jako ciało płynne w ogólności, wychodzące z kotła pod pewném ciśnieniem. Obecnie chcemy się przypatrzyć działaniu pary jako ciała sprężystego, którego to przymiotu woda, ani inne płyny nie posiadają, a którą to własność posiada także powietrze i inne gazy.

Wyobraźmy sobie, że para wpływająca do cylindra, wywiera na tłok pewne ciśnienie np. jednego centnara, a gdy tłok do środka cylindra doszedł, nagle przerywa się przypływ pary; cóż wtedy nastąpi? Tłok nie będzie popychany przez świeżą parę płynącą z kotła; wszelako para ciśnie na tłok z pomocą swéj sprężystości z siłą jednego centnara, musi się więc wciąż poruszać, w przypuszczeniu że z drugiéj strony tłoka żadna siła w przeciwnym kierunku nie działa; że owszem z drugiéj strony tłoka znajduje się próżnia, co daje się uskutecznić za pomocą kondensacyi pary. Jak tylko tłok posunie się daléj, natychmiast zmniéjsza się prężenie pary, która się coraz więcéj rozszerza, będzie więc na tłok cisnęła z siłą mniéjszą od jednego centnara, mianowicie zaś o tyle mniéjszą, o ile przestrzeń powiększyła się w cylindrze. Gdy nakoniec tłok dojdzie do końca cylindra, para cały cylinder wypełnia, gdy z początku napełniła go tylko w połowie, że zaś ciśnienie na tłok z początku jeden centnar wynosiło, będzie teraz tylko pół centnara wynosić. Z tego się więc pokazuje, że tłok poruszany jest przez drugą połowę cylindra z siłą ciągle malejącą, która z początku była równa jednemu centnarowi, a na końcu pół centnara. Gdybyśmy byli w możności, całą ilość poruszającéj siły obliczyć, moglibyśmy z łatwością wykazać mechaniczny skutek, wywołany siłą rozszerzalności czyli ekspansyi pary w drugiéj połowie cylindra. Na pierwszy rzut oka możnaby przypuszczać, że przeciętne ciśnienie stanowi środek pomiędzy pierwotném ciśnieniem jednego centnara, a ciśnieniem końcowém, wynoszącém pół centnara. Ale takie mniemanie byłoby mylném. Byłoby ono wtedy rzetelném, gdyby ciśnienie zmniejszało się w taki sposób, gdyby w $^3/_4$ długości cylindra było ciśnienie $^3/_4$ centnara i t. d. Ale tak nie jest; ponieważ wtedy para ma objętość $1\,^1/_2$ czyli $^3/_2$ pierwotnéj objętości, przeto ciśnienie pary będzie $\frac{1}{1\frac{1}{2}} = {}^2/_3$ centnara, zatém mniéjsze od $^3/_4$ centnara, a zatém nie jest średnią wartością między 1 centnarem a $^1/_2$ centnarem. Wyższa matematyka uczy, jakim sposobem oblicza się przeciętne ciśnienie z wszelką dokładnością i podaje w tym wypadku $69\,^1/_3$ funtów, zamiast 75 funtów, licząc centnar stofuntowy.

Możnaby się teraz zapytać, czy zastósowanie ekspansyi nie posiada pewnych granic. Wiadomo, że ciała gazowe posiadają własność rozszerzania się do nieskończoności, mogłoby się zatém zdawać, że tym sposobem można zwiększać bez granic skutek mechaniczny; ale tak rzeczywiście nie jest, bo zastósowanie ekspansyi, w praktyce znajduje stosunkowo bardzo szczupłe granice. Jeżeli ekspansyę na rozległą skalę chcemy zastósować, to musimy posiadać parę wysokiego ciśnienia i wielkiéj gęstości; taka para może się długo rozszerzać, nim jéj ciśnienie tak spadnie, że się zrównoważy z oporami maszyny. Przy ekspansyi, zmienia się ciśnienie na tłok ustawicznie, a rzadko się trafia, aby i opory, jakie tłok pokonywać musi, zmieniały się proporcyonalnie; z tego powodu, odbywałaby maszyna ruch nie regularny. Z początku, gdy siła poruszająca jest większą od oporów, byłby ruch maszyny przyśpieszony, a na końcu skoku byłby ten ruch opóźniony, gdyż opory byłyby tam większe od siły pary. Aby te nierówności ruchu zregulować, używane są w tym celu różne przyrządy mechaniczne. Jednym z przyrządów najwięcéj używanych, jest *koło zamachowe.* Jest to ciężkie koło metalowe, obracające się z wielkiem tarciem około swéj osi, a zatém nie wymagające wiele siły do swojego ruchu. Zmienny ruch tłoka przenosi się na to koło. Jeżeli siła poruszająca jest większa od siły oporów, to przewyżka siły pary przenosi się w koło zamachowe, które z powodu wielkiéj swojéj massy, nie o wiele ruch swój powiększy. Nie wielki przyrost w chyżości którego dostrzedz nie można, pochłania wielką ilość siły poruszającéj, jak również na odwrót koło zamachowe, może sprawić wielki skutek mechaniczny, nie tracąc widocznie na chyżości.

Maszyny ekspansyjne są różnego rodzaju, ale ekspansya u wszystkich prawie odbywa się w taki sposób, że przypływ pary zamyka się w jakimkolwiek punkcie, przed skończonym skokiem tłoka. Dzieje się to czasami przy połowie skoku, czasami przy $^1/_3$, czasami jeszcze w mniéjszych częściach skoku.

391. Tworzenie próżni bez oziębiania naczynia w którém się para znajduje. Jakakolwiek nie byłaby siła poruszająca tłok w cylindrze parowym, zawsze jéj skutek można tym sposobem zwiększyć, jeżeli z drugiéj strony tłoka, znajdować się będzie próżnia, nie dopuszczająca ciśnienia powietrza na przeciwną stronę tłoka. Jakkolwiek ta próżnia może być niedoskonała, zawsze jednak korzystną jest dla siły maszyny. Jużeśmy to wyżéj widzieli, że to może mieć miéjsce, gdy cylinder napełnimy parą, następnie tę parę oziębimy a tém samém ją skondensujemy. Jedna stopa sześcienna pary ciśnienia 15 funtów, skondensowana, daje jeden cal sześcienny wody, z każdéj więc stopy sześciennéj pary, otrzymamy jedną stopę sześcienną próżni mniéj jednym calem sześciennym. Ale w praktyce napotykamy tu trudność, która długo nie została rozwiązaną. Jeżeli parę zawartą w cylindrze przez oziębianie skraplamy, to oczywiście oziębia się i cylinder, który przy następnym skoku tłoka należałoby wprzód ogrzać, aby się para nie skondensowała. W takim to stanie znajdowała się maszyna, aż dopiéro Watt w r. 1763 niedogodność tę usunął, wynalezieniem kondensatora i pompy powietrznéj. Wtedy już cylindra nie potrzeba było oziębiać. Wynalazek Watta dawał doskonałą próżnię w cylindrze. Watt ustawił obok cylindra inne naczynie otoczone zimną wodą, do którego ustawicznie wpadał strumień zimnéj wody. Produkcya pary odbywała się także w osobném naczyniu. Ile razy para miała być skondensowaną w cylindrze, otwierał Watt kurek albo wentyl pomiędzy owém naczyniem, tym sposobem para mocą swojéj sprężystości wpadała do tego naczynia i natychmiast się kondensowała; gdy w cylindrze tworzyła się doskonała próżnia bez oziębienia onego.

Wspomnione naczynie w zbieralniku zimnéj wody umieszczone, nazwane zostało *kondensatorem* czyli *zgęszczalnikiem*. Przy ciągłém działaniu kondensatora, byłby się w pewnym czasie cały napełnił nie tylko wtryskiwaną ale i kondensacyjną wodą, ale także i powietrzem w wodzie zawartém; to powietrze oddziaływałoby szkodliwie na tłok cylindra i opóźniałoby przepływanie pary z cylindra do kondensatora. Watt zapobiegł tym niedogodnościom, za pomocą pompy, która nie tylko wodę ale i powietrze wydobywała; pompa ta, nazwaną została *pompą powietrzną* (Luftpumpe; p. à air). Woda otaczająca kondensator stałaby się z czasem gorącą, i nie mogłaby wtedy skraplać pary, gdyby zimną wodą zastąpioną nie była. W tym celu urządzono drugą pompę do zimnéj wody. Takiém urządzeniem, osiągnięto 75% oszczędności w materyale opałowym, jaki pożerały dawne machiny parowe. Watt i jego wspólnik Boulton zadowoleni byli $^1/_3$ częścią powyższéj oszczędności jako nagrodą za zrobiony podarunek dla przemysłu; a jednak ta $^1/_3$ część przyniosła im tak wielkie korzyści, że olbrzymie pozostawili majątki.

390. Ocenienie skutku mechanicznego tłoka parowego. W jakichkolwiek warunkach maszyna działa, nigdy ciśnienie pary na tłok przez całą długość cylindra nie będzie jednakie, a tém mniéj próżnia po stronie przeciwnéj tłoka, będzie doskonałą. Jak tylko wentyl odpływowy otworzony został, natychmiast para wchodzi do kondensatora, ale nie zaraz się tam skropli, zostanie więc rozcieńczona para w cylindrze, która sprawia opór tłokowi. Im kondensacya odbywa się prędzéj, tém tłok daje więcéj siły, który jednak przy najlepszém urządzeniu, już pewną część drogi odbył, nim się para o tyle skondensowała, że się przez to otworzyła przybliżona próżnia. Tłok więc porusza się z początku przeciwko parze, stawiającéj pewien opór, a zatém znoszącéj odpowiednią siłę pary z drugiéj strony tłoka. Ten opór zmniejsza się stopniowo aż do minimum, poczém nie ulega już zmianie. Jeżeli zatém chcemy oznaczyć mechaniczny skutek tłoka, musimy przedewszystkiém ten opór ocenić i wziąć go pod rachunek. Ale to jeszcze nie wszystko. Para, która tłok porusza, nie ma jednakowego prężenia, w czasie całego skoku. Szczególniéj to się pokazuje, jeżeli działa z ekspansyą; para w pewnym punkcie skoku przestaje wchodzić do cylindra i wtedy działa z ciągle zmniéjszającém się ciśnieniem; ale chociaż para nie działa nawet z rozszerzaniem, zamyka się jéj przypływ przed ukończeniem skoku.

Jest jeszcze jeden punkt do uważania. Możemy bardzo łatwo oznaczyć ciśnienie pary w kotle; jednak mylilibyśmy się bardzo, gdybyśmy przypuszczali, że para w cylindrze ma takie samo ciśnienie. W skutek przejścia z kotła do cylindra przez kanały bardzo wązkie, traci ona na gęstości, a zatém nie ma takiego samego ciśnienia jak w kotle; chcąc poznać ciśnienie pary w cylindrze, należy go tam osobno za pomocą manometru zmierzyć.

Ponieważ jesteśmy w możności, w każdém stanowisku tłoka oznaczyć prawdziwe ciśnienie pary, jak również ciśnienie pary nieskondensowanéj, przeto należy tylko ciśnienie ostatnie od pierwszego odjąć, a otrzymamy w każdéj chwili rzeczywiste ciśnienie w cylindrze, z czego obliczyć będziemy mogli całkowity mechaniczny skutek czyli całą pracę tłoka.

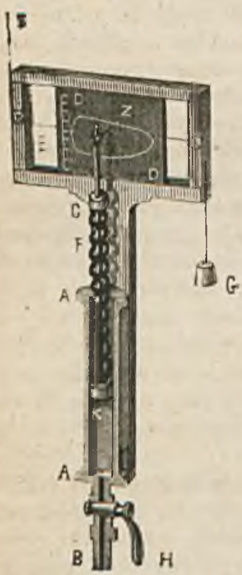


Fig. 334.

Pomiędzy licznymi a genialnymi pomysłami Watta, jest także piękny, mały instrumencik, służący do mierzenia ciśnienia pary w cylindrze, nazwany przezeń *Indykatorem* czyli paromierzem. Figura 334 przedstawia rzeczony indykator. Urządzenie jego jest następujące: AA jest to cylinder dokładnie wewnątrz wytoczony, mający około $1\,{}^1/_2$ cala średnicy i 1 stopę długości, zakończony od spodu wązką rurką B. W cylindrze $A\,A$ posuwa się tłoczek K do góry i na dół. Koniec rurki B jest zagwintowany, i przykręca się do gwintowanego również otworu, w pokrywie cylindra. Za otwarciem kurka H, para wchodzi z cylindra parowego do $A\,A$ i podnosi tłoczek K. Pręt czy trzon tłokowy $K\,C$ suwa się w okrągłym przewodniku C; otoczony jest sprężyną spiralną F służącą do równoważenia ciśnienia pary, na tłoczek K wywartego. Skazówka Z na końcu pręta $K\,C$ umieszczona, kreśli na tabliczce ruchoméj $D\,D$ liniję krzywą zamkniętą zwaną dyagramem. Tabliczka $D\,D$ posuwa się w lewo i w prawo, to jest za pomocą sznurka $E\,S$ pociąganego przez trzon tłoka parowego w jednę stronę, a za pomocą przeciw ciężaru G w drugą stronę. Powierzchnia liniją krzywą zamknięta, jest miarą pracy wykonanéj w czasie jednego posunięcia się tłoka. Podzieliwszy więc tym sposobem oznaczoną pracę przez całkowitą drogę tłoka, otrzymamy tym sposobem średnią siłę, czyli średnie prężenie pary w cylindrze, jak np. przy maszynach ekspansyjnych, gdzie prężenie pary przez cały bieg tłoka jest zmienne.

Przykład 1. Obliczyć skutek maszyny parowéj bez ekspansyi.

Jak nam już wiadomo, praca jaką maszyna parowa wykonać może, zawisłą jest od ciśnienia, z jakiém para tłok porusza, i od drogi przez tłok przebieżonéj. Oznaczywszy przeto powierzchnię tłoka w calach kwadr. przez F, liczbę atmosfer pary w cylindrze przez p, wysokość czyli długość skoku tłoka w stopach przez h, to ciśnienie pary na tłok (ponieważ 1 atmosfera $=$ 15 funtów na cal $\square$), równać się będzie $p.\ 15.\ F$ funtów, a zatém praca tłoka, za każdym skokiem, będzie równa $p.\ 15.\ F.\ h$ stopofuntów, jeżeli przypuścimy, że nie ma żadnego oddziaływania na tłok, ani też, że żadne inne przeszkody, ruchu tego nie tamują.

Ale przy każdéj maszynie parowéj, napotykamy na przeciwopór, który przy maszynach parowych wysokiego ciśnienia bez kondensacyi, kiedy para zużyta wychodzi z cylindrów w powietrze, wynosi 1,25 atmosfery. Jeżeli zaś maszyny parowe działają z kondensacyą, to przeciwopór na tłok jest wcale nieznaczny, równa się bowiem ledwie 0,1 atmosfery.

Ponieważ przeciwopór na tłok wynosi:

a) przy maszynach bez kondensacyi . . . . 1,25. 15. *F*. funtów

b) „ „ z kondensacyą . . . 0,1. 15. *F*. „

Zatém praca oporu przy każdém poruszeniu tłoka będzie:

a) przy maszynach bez kondensacyi . . 1,25. 15. *F*. *h* stopofuntów

b) „ „ z kondensacyą . . 0,1. 15. *F*. *h* „

Odjąwszy tę pracę oporu od powyżéj otrzymanéj pracy tłoka, otrzymamy teoretyczny skutek każdego poruszenia tłoka:

a) przy maszynach bez kondensacyi 15. *F*. *h* $(p - 1{,}25)$ stopofuntów

b) „ „ z kondensacyą . 15. *F*. *h* $(p - 0{,}1)$ „

Jeżeli maszyna daje w minucie *n* obrotów koła zamachowego, to tłok zrobi w tymże samym czasie podwójną liczbę czyli 2 *n* skoków, zatém teoretyczny skutek maszyny w minucie, będzie:

a) bez kondensacyi . . . . . 2*n*. 15. *F*. *h* $(p - 1{,}25)$ stopofuntów

b) z kondensacyą . . . . . . 2*n*. 15. *F*. *h* $(p - 0{,}1)$ „

a ztąd teoretyczny skutek maszyny w sekundzie:

a) bez kondensacyi . . . . $\frac{1}{2} n. F. h\ (p - 1{,}25)$ stopofuntów

b) z kondensacyą . . . . $\frac{1}{2} n. F. h\ (p - 0{,}1)$ „

Podzieliwszy w ten sposób znalezioną liczbę sekundowych stopofuntów przez 480 (funtów pruskich), otrzymamy teoretyczny skutek maszyny w koniach parowych.

Przykład na liczbach dokładniéj to objaśni:

Średnica tłoka niechaj się równa 34 cale, zatém powierzchnia *F* równać się będzie 907,92 cali kwadr.; prężenie pary w cylindrze niechaj będzie 4 atmosfery, długość skoku tłoka $2\frac{1}{2}$ stóp, maszyna niechaj robi 10 obrotów w minucie i niech działa bez kondensacyi. W tym przypadku należy w przedostatnią formułę (*a*) w miéjsce wartości ogólnych powstawiać wartości liczebne, a otrzymamy teoretyczny skutek maszyny w sekundzie:

$$\frac{1}{2}.\ 10.\ 907{,}92.\ \frac{9}{4}\ (4 - 1{,}25) = 28088 \text{ stopofuntów.}$$

Podzieliwszy tę liczbę przez 480, to iloraz da nam teoretyczną siłę maszyny 58,5 koni parowych.

Jeżeli zaś ta sama maszyna, przy tych samych warunkach pracować będzie z kondensacyą, to należy tylko w powyższéj formule, zamiast 1,25 podstawić 0,1, a znajdziemy teoretyczny skutek maszyny w sekundzie 39834,6 stopofuntów czyli 83 koni parowych.

Byłoby bardzo wielkim błędem, gdybyśmy sądzili, że prawdziwa praca użyteczna maszyny parowéj, równa się powyżéj otrzymanym teoretycznym wypadkom. Skutek ten zmniejsza się znacznie przez tarcie tłoka, stawidła i innych części ruchomych maszyny, przez tarcie pary o ściany rur i cylindra parowego. Doświadczenie uczy, że teoretyczny skutek, należy jeszcze pomnożyć przez pewien spółczynnik, jeżeli chcemy otrzymać rzeczywisty skutek maszyny. Ten spółczynnik z doświadczenia wzięty, dla maszyn rozmaitéj siły jest rozmaity i wynosi:

Dla maszyn wysokiego ciśnienia (bez kondensacyi) niżéj

10 koni siły	0,5
od 10 do 20	0,55
od 20 do 30	0,6
od 30 do 40	0,65
od 40 i więcéj	0,7.

Dla maszyn nizkiego ciśnienia (z kondensacyą) niżéj

10 koni siły	0,5
od 10 do 30	0,56
od 30 do 60	0,6
od 60 do 100	0,65.

A zatém w powyższym przykładzie, jeżeli maszyna pracuje bez kondensacyi, to jéj użyteczny skutek nie będzie 58,5 koni parowych, lecz $0{,}7 \cdot 58{,}5 = 40{,}95$ czyli blizko 41 koni; jeżeli zaś pracuje z kondensacyą, jako maszyna nizkiego ciśnienia, to jéj użyteczny skutek wynosić będzie:

$$0{,}65 \cdot 83 = 53{,}95 \text{ czyli blizko } 54 \text{ koni parowych.}$$

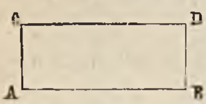


Fig. 335.

Pracę mechaniczną, można także wyrazić sposobem graficznym, jakeśmy to już na indykatorze Watta widzieli.

a) Jeśli siła będzie ciągle stałą, czyli jednostajną w każdéj sekundzie czasu, odciąwszy przebytą drogę na linii pozioméj AB (Fig. 335), a siłę na linii pionowéj AC; powierzchnia $AB \times AC$ prostokąta $ABDC$, będzie miarą pracy.

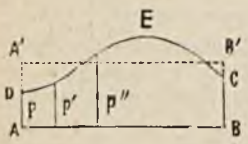


Fig. 336.

b) Jeżeli zaś siła będzie ciągle zmienną, to siły $P\,P'\,P''$.... (Fig. 336) zmienne, odcinam na linijach pionowych w odpowiednich punktach drogi AB, a połączywszy końce owych linij pionowych liniją krzywą DEC, powierzchnia figury $ABCED$ przedstawiać nam będzie pracę.

Przykład 2. Młot parowy wagi 2000 kilogramów, robi w minucie 80 uderzeń przy wysokości skoku $0{,}4^m$. Jakiéj potrzeba siły do jego podniesienia?

Praca przy jednorazowém podniesieniu $2000 \times 0{,}4 = 800$ K. M. Praca w sekundzie:

$$\frac{800 \times 80}{60} = \frac{1067 \text{ K. M.}}{75} = 14{,}2 \text{ koni parowych.}$$

Przykład 3. Pompa pojedynczego działania, robi w 1 minucie 40 uderzeń i na jedno uderzenie daje 25 litrów wody, którą podnosi do wysokości 20^m; jak wielki jest skutek téj pompy, bez względu na tarcie i inne opory?

Ponieważ 1 litr = 1 decimetrowi sześciennemu, a 1 decimetr sześcienny wody = 1 kilogramowi, zatém pompa dawać będzie wody w 1 sekundzie

$\frac{25 \times 40}{60} = 16^2/_3$ kilogramów, czyli skutek albo praca pompy będzie w sekundzie:

$$16\frac{2}{3} \times 20^m = 333,3 \text{ K. M.}$$

co czyni koni parowych $= \frac{333,3}{75} = 4,44.$

Przykład 4. Wóz na drodze pozioméj potrzebuje średniéj siły pociągowéj $=$ 500 kilogr., a ma być ciągniony z chyżością $0,9^m$, jak wielką będzie praca zwierząt do tego wozu zaprzężonych?

Skutek $=$ 500 kilogr. $\times 0,9^m = \frac{450}{75}$ K. M. $=$ 6 koni par.

Przykład 5. Rzemieślnik przerzyna drzewo ręczną piłą. Średnie ciśnienie jakie wywierać musi na piłę, suwając ją tam i nazad wynosi 10 kilogramów. Jeżeli zrobi 70 rzazów (sznitów) w minucie przy chyżości piły $0,33^m$ jaki jest skutek pracy rzemieślnika?

Chyżość piły $\frac{2 \times 0,33 \times 70}{60} = 0,77^m$.

Zatém skutek czyli praca na sekundę $= 10 \times 0,77 = 7,7$ kilogrammetrów, czyli 0,1 konia parowego.

Przykład 6. Praca maszyny parowéj z ekspansyą. Średnica cylindra równa się 36^{cm}, skok tłoka $0,9^m$. Po przebyciu $^1/_3$ drogi tłoka, przerywa się przypływ pary, która odtąd działa z ekspansyą. Prężenie pary przed jéj przerwaniem przypływu wynosi 5 atmosfer, oddziaływanie z drugiéj strony tłoka 1,2 atmosfer; jaką pracę uskutecznia tłok w czasie jednego swojego skoku?

Przekrój cylindra parowego $= 1018^{cm}$ □.

Ciśnienie pary 1 atm. na 1^{cm} □ powierzchni $=$ 1,033 kil.

Zatém ciśnienie pary na 1018^{cm} □ przy 5 atm. ciśnienia $1,033 \times 1018 \times 5 = 5258$ kilogr.

Przeciwopór na tłok $1,033 \times 1018 \times 1,2 = 1262$ kilogr.

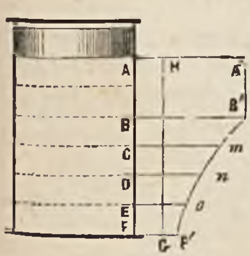


Fig. 337.

Aby znaleźć pracę pary, dzielę przestrzeń cylindra AF (Fig. 337) na 6 równych części. W długości pierwszych dwóch części $AB = 0,3^m$ działa para z całkowitém ciśnieniem 5258 kilogramów. Przeniosłszy to ciśnienie na AA' i dopełniając prostokąta AA' BB', to powierzchnię jego uważać możemy, jako pracę pary, przed przerwaniem jéj przypływu.

Praca więc ta będzie:

$$0,3^m \times 5258 \text{ kil.} = 1577,4 \text{ K. M.}$$

Ponieważ tłok posuwa się daléj od B do C para więc tak się rozszerza, że z przestrzeni 2 do przestrzeni 3 przechodzi. Że zaś ciśnienie pary zmniéjsza się prawie w tym samym stosunku, w jakim rozszerzanie rośnie, zatém ciśnienie pary w C będzie bardzo blizko $^2/_3$ pełnego ciśnienia, a zatém 3505 kilogramów. Tym samym sposobem znajdziemy:

($^2/_4$) Ciśnienie w $D = {}^1/_2 \times 5258 = 2629$ kilogr.
($^2/_5$) Ciśnienie w $E = {}^2/_5 \times 5258 = 2103$ „
($^2/_6$) Ciśnienie w $F = {}^1/_3 \times 5258 = 1752$ „

Odcinając powyższe ciśnienia na odpowiednich linijach i prowadząc przez te punkta krzywą, otrzymamy figurę $B\,B'\,F'\,F$ ograniczoną z jednéj strony krzywą $B'\,F'$, któréj powierzchnia wyobraża pracę wykonaną przez parę w drodze od B do F. Pracę tę bardzo łatwo można obrachować, jeżeli 4 części rzeczonéj powierzchni, uważać będziemy jako trapezy.

Biorąc po szczególe każdą powierzchnię trapezu i dodawszy je do siebie, otrzymamy powierzchnię figury $B\,B'\,F'\,F. = \frac{h}{2}\left\{2\,(Cm + Dn + Eo)\right.$ $\left. + BB' + FF'\right\} = h\left\{\frac{BB' + FF'}{2} + Cm + Dn + Eo\right\}$, gdzie $h = BC$ $= CD = DE = EF = \frac{1}{6}AF = \frac{1}{6} \times 0{,}9^{m} = 0{,}15^{m}$.

Podstawiając w powyższe wyrażenie wartości liczebne otrzymamy:

$$0{,}15\left\{\frac{5258 + 1752}{2} + 3505 + 2629 + 2103\right\}.$$

Wykonawszy naznaczone działanie, otrzymamy:

$$0{,}15 \times 11742 = 1761{,}30 \text{ K. M.}$$

Całkowita więc praca podczas skoku tłoka, nie zważając na opory będzie:

$$1577 + 1761 = 3338 \text{ kilogrammetrów.}$$

Poprowadziwszy GH równolegle od AF w odległości $AH = 1262$ kilogramów, powierzchnia prostokąta $AHGF$ przedstawia nam pracę ciśnienia, oddziałującego szkodliwie, w czasie skoku tłoka.

Praca ta będzie:

$$= 0{,}9^{m} \times 1269^{k} = 1136 \text{ K. M.}$$

Zatém praca pary bez względu na tarcie tłoka, trzona tłokowego w buksie pakunkowym i t. d., przedstawi się nam jak następuje:

$$3338 - 1136 = \text{K.M.}$$

Jeżeli maszyna robi skoków 33 tam i na powrót w jednéj minucie czasu, to praca jéj w jednéj sekundzie czasu będzie wynosić:

$$\frac{2202 \times 2 \times 33}{60} = 2422 \text{ K. M.} = \frac{2422}{75} = 32{,}3 \text{ koni par.}$$

Aby z teoretycznego skutku, otrzymać skutek użyteczny, jaki rzeczywiście maszyna sprawia po pokonaniu tarcia i innych biernych oporów, należy wartość teoretycznego skutku, rozmnożyć jeszcze przez spółczynnik. Spółczynnik ten wynosić będzie, dla maszyn działających z ekspansyą:

od	4	do	10	koni parowych	0,33
od	10	do	20	„	0,42
od	20	do	40	„	0,5
od	40	do	50	„	0,57
od	50	do	60	„	0,62
od	60	do	70	„	0,66
od	70	do	80	„	0,7
od	80	do	100	„	0,82.

W powyższym przeto przykładzie, gdzie teoretyczny skutek maszyny wynosi 32,3 koni par. będzie tylko skutek użyteczny:

$$0{,}5 \times 32{,}3 = 16{,}15 \text{ koni parowych.}$$

Wyrażenie to jednak bardzo jest względne. Jeżeli o maszynie parowéj mówimy, że posiada siłę tylu a tylu koni parowych, wtedy przypuszczamy, że maszyna idzie regularnie, że palenie odbywa się porządnie, a parowanie ani jest za mocne, ani za słabe.

Maszyna np. 100-konna przy mocném paleniu, może mieć daleko większy skutek mechaniczny; przeciwnie zaś przy słabém paleniu, może działać z siłą daleko mniéjszą, niż to jéj nazwa wskazuje.

393. Co należy rozumieć przez maszynę parową. Kotły parowe, jak to widzieliśmy, przeznaczone są do produkowania pary, któréj używa się wprawdzie i do innych celów, ale któréj powiększéj części jest przeznaczeniem: *poruszać maszyny parowe.* Pod nazwą więc maszyny parowéj, rozumiemy taki mechaniczny przyrząd, który za pomocą sprężystości pary wodnéj, wykonywa pewne ruchy, a tém samém pewną mechaniczną pracę. Maszyny parowe doszły dzisiaj można powiedzieć do szczytu swéj doskonałości; mają pierwszeństwo przed wszystkiemi innemi silnikami, z powodu swéj niezależności, od zmiennych wpływów natury. Użycie wiatru jako motora, zależne jest od rozmaitych okoliczności, nie dających się nigdy naprzód przewidzieć, ani obrachować. Użycie wody, tymże samym przypadkom podlega, a nawet w najlepszy sposób urządzone wiatraki, koła wodne i turbiny nie odpowiadają celowi, kiedy powietrze jest zupełnie spokojne, lub gdy wiatr jest za gwałtowny, kiedy nie ma dostatecznéj wody, lub kiedy ta jest za wielką.

Tylko na maszynę parową żadnego nie wywierają wpływu owe elementy: ani zupełny brak wiatru, ani burza, ani susza, ani w końcu wystąpienie wody ze swego koryta, nie przeszkadzają wcale biegowi maszyny parowéj. Jest ona w każdéj chwili ze swoją siłą na nasze usługi, przy niewielkiéj ilości wody i materyału opałowego, które zawsze znajdują się pod ręką.

394. Podział maszyn parowych. Ze względu na większą lub mniéjszą rozprężliwość pary w rozmaitych maszynach, jak również ze względu na tę okoliczność, czy para działa z rozszerzaniem lub téż ze zgęszczeniem, dzielą się maszyny parowe na cztery kategorye:

a) Maszyny parowe nizkiego ciśnienia (działają z kondensacyą czyli ze zgęszczaniem, przy użyciu pary nizkiego ciśnienia).

b) Maszyny parowe średniego ciśnienia.

c) Maszyny parowe wysokiego ciśnienia.

d) Maszyny parowe wysokiego ciśnienia z ekspansyą czyli rozszerzaniem i kondensacyą.

Pomiędzy maszynami średniego i wysokiego ciśnienia należy rozróżnić:

a') Maszyny z całkowitém napełnianiem parą cylindra, i

b') Maszyny ekspansyjne czyli rozszerzalne, kiedy para żywa wchodzi tylko do części cylindra, a następnie się rozszerza.

Ze względu na konstrukcyę, maszyny dzielą się, na:

a a) Maszyny balansierowe czyli wahadłowe.

b b) Maszyny bez balansierowe ze stałymi cylindrami.

c c) Maszyny z cylindrami ruchomymi, czyli oscylującymi.

Ruch tłoka z góry na dół i z dołu do góry, czyli działanie tłoka tam i nazad w maszynach parowych, używa się albo bezpośrednio do wykonywania jakiéjś pracy, albo téż ten ruch posuwisty czyli prostolinijny, zamienia się wprzód na obrotowy i z téj przyczyny dzielimy znowu maszyny parowe na:

a b) Maszyny z ruchem prostolinijnym tam i nazad, np. przy pompach, miechach, tartakach, hamerniach i t. p.

a c) Maszyny z ruchem obrotowym, czyli maszyny korbowe, do których liczą się maszyny: fabryczne, statkowe i lokomotywy.

Podług swego zastósowania do rozmaitych celów, podług ustawienia i miéjscowości, dzielą się na:

b a) Maszyny lądowe czyli stałe.

b c) Maszyny przenośne czyli lokomobile.

b d) Maszyny statkowe czyli okrętowe.

b e) Maszyny używane na drogach żelaznych, czyli lokomotywy albo parowozy.

Oprócz tu wymienionych maszyn parowych, używa się w drobnym przemyśle maszyn dwojakiego rodzaju, a mianowicie:

a a a) Maszyn kalorycznych czyli cieplikowych.

b b b) Maszyn gazowych, poruszanych zapomocą gazu oświetlającego.

395. Maszyny parowe nizkiego ciśnienia. Wszystkie maszyny parowe nizkiego ciśnienia i niektóre wysokiego, działają z kondensacyą, czyli ze zgęszczaniem pary, t. j. że para zużyta w cylindrze, przez wtryśniętą zimną wodę zagęszcza się i w gorącą wodę zamienia; a to dzieje się zaraz po wyjściu pary z cylindra. To skraplanie pary, dokonywa się w osobném naczyniu zwaném *kondensatorem* albo *zgęszczalnikiem*; wtryskiwanie wody zimnéj odbywa się za pomocą kurka wtryskowego (Einspritzhahn; robinet d'injection). Skutkiem zgęszczenia się pary w kondensatorze, tworzyć się powinna zupełna próżnia, jednakowoż z rozmaitych powodów, jak doświadczenie uczy, próżnia ta w praktyce zaledwie $^4/_5$ prawdziwéj próżni wynosi, a zatém przeciwdziałanie powietrza na tłok od strony kondensatora, zawsze jeszcze $^1/_5$ atmosfery czyli 3 funty wynosi. Po zagęszczeniu się pary, woda i powietrze usuwają się z kondensatora, za pomocą pompy ssąco-podnoszącéj, która się *pompą powietrzną* zowie (Luftpumpe; pompe à air).

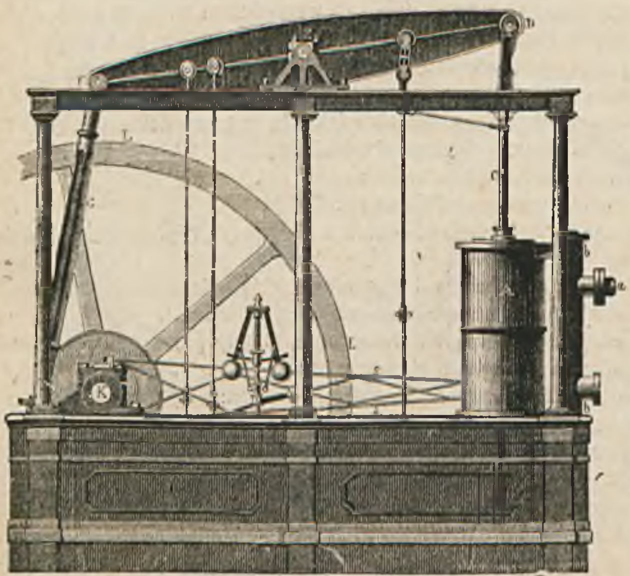


Fig. 338.

Jako właściwość wszystkich maszyn kondensacyjnych, obok nizkiego ciśnienia ($^1/_4$ atmosfery ciśnienia względnego) stanowią: kondensator czyli zgęszczalnik i pompa powietrzna.

Fig. 338 przedstawia nam widok boczny podłużny maszyny parowéj Watta; a Fig 339 przekrój podłużny téjże saméj maszyny na większą skalę, aby szczegóły wyraźniejszymi uczynić, z opuszczeniem balansiera.

A jest to cylinder parowy, w górze i na dole parotrwale pokrywami zamknięty. *B* tłok obwinięty warkoczem konopnym i szczelnie do ścian cylindra przystający. *C* trzon tłokowy (Kolbenstange; tige de piston) przechodzi przez

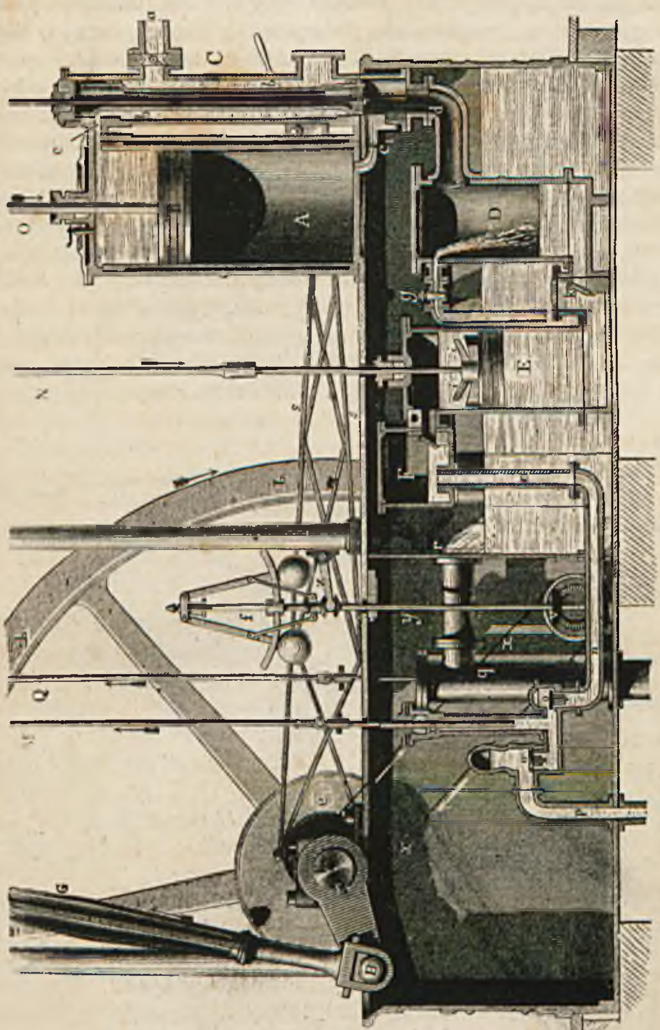


Fig. 339.

buks pakunkowy górnéj pokrywy cylindra i sięga równoległoboku Watta; za pośrednictwem onegoż przenosi się ruch tam i nazad na wahadło *DEF*. *E* jest osią obrotu balansiera. Trzon korbowy *G*, umocowany jest jednym końcem przy *F* do balansiera, a drugim końcem *H*, do czopa osadzonego w korbie, znajdującéj się na głównym wale czyli osi *K*. *L L* oznacza koło zamachowe. Balansier osadzony jest w panwiach na płytach gzymsowych, podpartych sześcioma kolumnami żelaznemi. Kolumny te, stoją znowu na skrzyni żelaznéj lanéj, stanowiącéj fundament dla wszystkich części maszyny, a sama skrzynia spoczywa na mocnym fundamencie murowanym.

Rura parowa *a* (Fig. 339) prowadzi parę z kotła do komory *b*, któréj przypływ reguluje się przepustnicą, umieszczoną między rurą i komorą *b*. W komórce *b* posuwa się stawidło czyli szyber tam i nazad, po upustach drogi parowéj. Stawidłu dodany jest przyrząd mimośrodowy z odpowiednim trzonem mimośrodowym, trójkątnym *S S*. *d* jest to rura łącząca cylinder *A* z kondensatorem *e*; *g* kurek wtryskujący zimną wodę. *h* tłok pompy powietrznéj ze swemi klapami *i i*; *k* kurek między pompą powietrzną a kondensatorem nazwany spodnim wentylem dla tego, że się przy samém dnie znajduje i że się go zwykle nogą otwiera; *l* zbieralnik dla gorącéj wody przy pompie powietrznéj, do którego wchodzi rura ssąca *n* pompy *m* zasilającéj kocioł; *o* i *o'* są to wentyle téj pompy, *p* rura tłocząca, komunikująca z kotłem. Cały przyrząd kondensacyjny znajduje się w skrzynce, wypełnionéj do połowy zimną wodą. Ta zimna woda usuwa się pompą *q* i odlewa przy *r* do skrzyni. *x*, *y*, *z* oznaczają części składowe regulatora i przyrządu trybowego połączonych z wałem *k* za pomocą pasa *x x* i z przepustnicą parową.

Fig. 340.

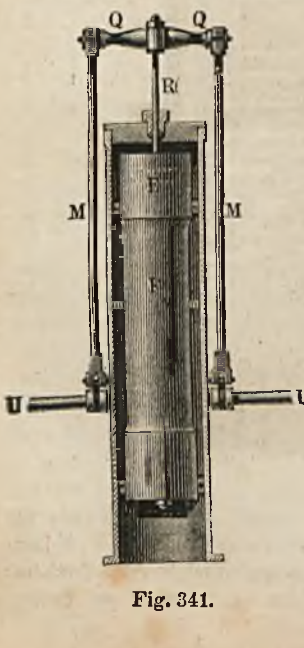


Fig. 341.

Figury 340 i 341 przedstawiają mechanizm do regularnego ruchu stawidła służący. Na figurze 341, *F* oznacza stawidło kiedy na niego z tyłu patrzymy, *m m* komorę czyli przestrzeń parową, przy *E* jest punktowany górny otwór prowadzący do cylindra. *R* trzon stawidłowy, umocowany na poprzecznym wałku *Q Q*. Z tym wałkiem oraz drążkiem *U U* na wale *U* połączone są dwie kierownice *M M* przenoszące ruch oscylacyjny tych drążków na wałek *Q*, odbywający ruch prostolinijny i nadający go stawidłu *F*. Drążek *Ut* (Fig. 340) osadzony jest na *U* pod kątem prostym do *U U*, na którego czopie osadzony jest jednym końcem trzon trójkątny mimośrodkowy *Q s s t*. Ten trzon wzmocniony krzyżującymi się prętami, drugim swoim końcem, za pomocą odpowiedniego z dwóch części złożonego pierścienia (Colier d'excentrique), obejmuje tarczę mimośrodową *P* dość silnie, a jednakże w taki sposób, aby ta w swoim pierścieniu, mogła się swobodnie obracać.

Aby trzon mimośrodowy mógł wykonywać ruchy tam i nazad, środek tarczy P znajduje się zewnątrz środka wału K, a mianowicie w odległości 71 millimetrów, co pomnożone przez 2, daje całkowity ruch trzona 142 millimetry. Ruch ten z powodu nierówności drążków Ut i Uv redukuje się do 100 millimetrów czyli 5 cali ang. Położenie punktowane ekscentryka Q i przyrządu drążkowego, ma miéjsce wtedy, kiedy wał K zrobi pół obrotu, wyrównywające jednemu posunięciu się tłoka. Na figurze 338 widzimy dokładnie, że tarcza mimośrodowa i korba, znajdują się w odwrotnych kierunkach. Na walcu U widzimy drążek połączony z rękojeścią (Figura 340), z pomocą którego, można stawidło od ręki nastawić; wprzód jednakowoż, należy trzon stawidłowy z Ut zluzować. Aby tę czynność ułatwić i zrównoważyć ciężar stawidła, znajduje się jeszcze jeden drążek, przeciwny drążkowi Uv, na którym zawiesza się przeciwciężar, równy ciężarowi stawidła i jego trzona.

Aby maszynę w ruch puścić, potrzeba wprzód ogrzać parą cylinder i kondensator, a znajdujące się tam powietrze wypędzić. Uskutecznia się to ręcznie wpuszczając naprzemian parę nad tłok i pod tłok, jak również ustawiając kilkakrotnie stawidło tak głęboko, że z komory parowéj $m\,m$ (Fig. 341) wypędza się parę wprost przy c (Fig. 339) do kondensatora. Powietrze znajdujące się w kondensatorze, wypuszcza się właściwym wentylem, otwierającym się na zewnątrz. Kondensator e jest to cylindrowy zbiornik, do którego wpływają: rurą d zużyta para, a drugą rurą zimna woda ze skrzyni, któréj przypływ reguluje się kranikiem wtryskowym g. Klapa spodnia czyli denna k, nie pozwala wracać się z pompy powietrznéj wodzie i powietrzu. Kiedy na fig. 339 tłok pompy powietrznéj posuwa się na dół, woda i powietrze zapełniają tworzące się nad nim miéjsce; podnosząc się do góry, wpycha do komory l znajdującą się nad sobą wodę i powietrze. Ponieważ pompa powietrzna, przy każdym obrocie maszyny, jeden tylko krok wykonywa, przyczém cylinder podwójną swoją objętość pary spotrzebował, winna być przeto dostatecznie wielką, aby za każdym krokiem swego tłoka, tyle wody skondensowanéj usunąć, ile tego dwa napełnienia cylindra potrzebują. Zwyczajnie powierzchnia tłoka pompy powietrznéj, stanowi połowę powierzchni tłoka cylindra parowego.

Ażeby bieg maszyny dokładnie można było obserwować, używa się narzędzia do mierzenia próżni w kondensatorze. Przyrząd ten nazywa się *próżniomierzem* (Vacuummetr; indicateur du vide), na którym odczytać można stopień rozrzedzonego powietrza, czyli stopień próżni.

Wszystkie maszyny parowe jednocylindrowe, mające wykonywać ruchy jednostajnie obrotowe, muszą posiadać *koła zamachowe* (Schwungrad; volant). Koło to, jak już wiemy (ob. str. 384), spełnia cel bardzo ważny przy maszynie parowéj; nie pozwala ono zatrzymać się korbie w dwóch położeniach, t. j. przy końcach swego przebiegu. Te obadwa punkta korby i tłoka, nazywają się *punktami martwymi* (Todterpunkt; point mort). Zadaniem jest koła zamachowego, obadwa te martwe punkta zniweczyć i ruch maszyny uczynić jednostajnym.

Regulator czyli moderator $x\,y\,z$ (Fig. 339), służy do regulowania przypływu pary i do utrzymania maszyny w ruchu jednostajnym, choć się zmienia prężenie pary i stan kondensacyi (ob. str. 387 i fig. 275). Ruch jego odbywa się za pomocą pasa $x\,x$ komunikującego z wałem koła zamachowego, oraz za pomocą przyrządu trybowego. Drążek z łączy się jednym końcem z regulatorem za pomocą hełży, a drugim końcem z przepustnicą parową. Jeżeli się zwiększy ciśnienie pary, lub jeżeli się praca maszyny pomniéjszy, w skutek czego bieg maszyny staje się szybszy, to kule oddalając się od siebie, pociągają hełżę, a z nią i drążek *z* do góry, który przypływ pary przymyka. W przeciwnym razie, kiedy ruch maszyny słabnie, kule opadając na dół, za pomocą tegoż drążka *z* i klapy parowéj czyli przepustnicy, przypływ pary zwiększają. Regulatory czyli moderatory, budują się w rozmaity sposób; powszechnie jednak, zasadą ich budowy bywa siła odśrodkowa i oscylacye pendułu. Regulowanie maszyny odbywa się albo za pomocą przepustnicy parowéj, lub téż za pomocą przyrządu ekspansyjnego, kiedy ekspansya jest zmienną.

Maszyna posiada dwie pompy wodne: jedną do ciągnięcia zimnéj wody, pompę *ssąco-podnoszącą q*, a drugą pompę *m* do alimentacyi czyli zasilania kotła; ta druga jest *pompą tłoczącą.* Pompa *q* ciągnie wodę ze studni, zbiornika, rzeki lub z kanału; pompa zaś zasilająca *m*, czerpie wodę za pomocą rury *n* ze skrzynki *l* pompy powietrznéj, która to woda z kondensacyi powstała, znacznie już jest ogrzaną. Tłoki obydwóch pomp idą do góry, a zatém są w stanie ssącym, dla tego *o* wentyl ssący pompy zasilającéj, jest otwarty, *o'* zaś zamknięty. Nad *o'* jest *dzwon powietrzny*, do zbierania się powietrza z wodą wciągniętego, a tém samém dla osłabienia uderzeń tłoka.

396. Maszyny parowe działające z ekspansyą. Maszyny tego rodzaju, są *maszynami wysokiego ciśnienia* (Hochdruckmaschine, machine à haute préssion). Prężenie pary, jakiego używa się w maszynach wysokiego ciśnienia, wynosi od 3 do 10 atmosfer. Robiono także próby z maszynami i przy wyższém ciśnieniu pary, ale pokazało się, że wtedy cierpią bardzo kocioł i maszyna; utrzymanie zaś szczelności na spojeniach nadzwyczajnie jest trudne. Dotychczas budują się maszyny najwyżéj do 10 atmosfer ciśnienia i to zwykle parowozy dla dróg żelaznych

Maszynę leżącą wysokiego ciśnienia o sile 12 koni parowych, przedstawia Figura 342.

A cylinder parowy, zabezpieczony płaszczem drewnianym przeciwko stygnięciu; trzon tłokowy *B* utrzymywany jest w biegu prostolinijnym za pomocą krzyżulca *C*, suwającego się w przewodniku *D*. *E* jest to żelazny kuty trzon korbowy, korbę *E* poruszający. Na końcu wału umieszczone jest koło zamachowe *G*. *H* jest to mimośród, poruszający stawidło, umieszczone po drugiéj stronie cylindra, za pomocą trzona *I*. *K* wentyl wpuszczający parę do stawidła, za którym leży przepustnica, miarkowana za pomocą regulatora *L*. *M* mimośród do poruszania pompy zasilającéj *N*. Cylinder, przewodnik, panwie wału głównego, na których osadzone jest koło zamachowe, pompa zasilająca, jako téż podstawa regulatora, przytwierdzone są do jednéj wspólnéj płyty fundamentowéj *O O*, a ta przymocowaną jest do fundamentu murowanego *P P*, z kamienia lub cegły. Mając taką płytę fundamentową, można na niéj wszystkie części składowe maszyny w fabryce upasować, ustawić i umocować i tylko na podmurowaniu do tego celu zrobioném, poziomo ustawić i z fundamentem śrubami związać, a maszyna będzie dobrze funkcyonować.

Maszyny takie, mogą działać z ekspansyą lub bez ekspansyi i budują się zwykle od 3 do 25 koni parowych. Dopiero od 10 koni parowych począwszy, ekspansya przynosi ważniéjsze korzyści; zatém małe maszynki, nie posiadają przyrządu ekspansyjnego.

Ażeby dać pojęcie o korzyściach maszyny parowéj działającéj z ekspansyą, przytoczymy tutaj dwie tabliczki porównawcze, to jest maszyny parowéj pełnego ciśnienia i maszyny takiéj saméj działającé j z ekspansyą. Ciśnienie pary, dla obydwóch maszyn wynosi 37 $^1/_2$ funt. (względ nych) czyli 2 $^1/_2$ atm. na cal kwadratowy. Ekspansya drugiéj maszyny, odbywa się przy $^1/_3$ części skoku tłoka.

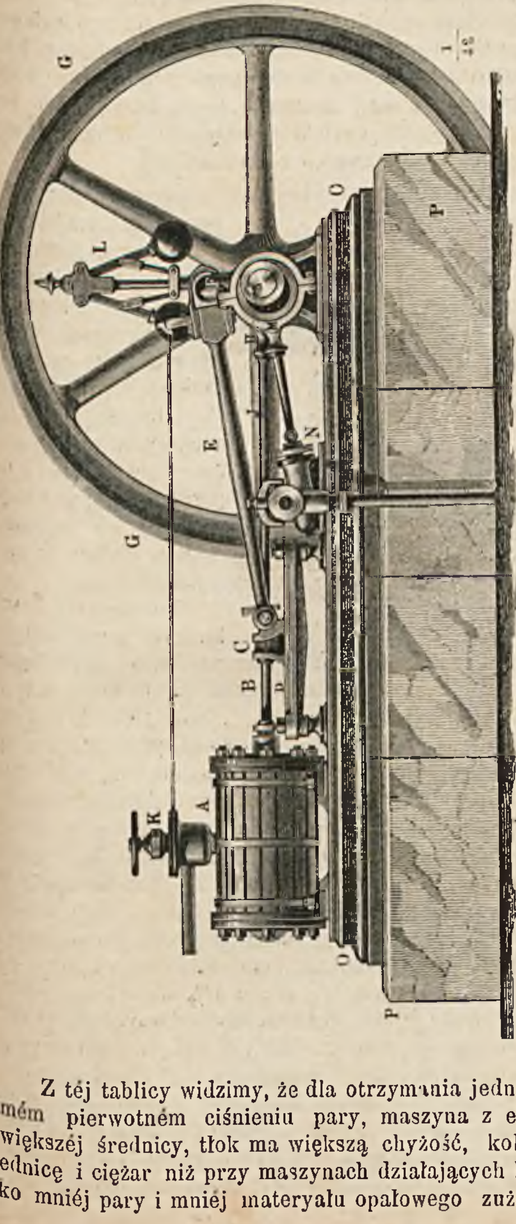


Fig. 342

Średnica cylindra	Powierzchnia tłoka na konia parowego	Liczba skoków w min.	Chyżość tłoka w min.	Zużycie pary w sekun	Zużycie węgla kamiennego w god.	Koło zamachowe Średnica	Koło zamachowe Ciężar
Maszyna bez ekspansyi pełnego ciśnienia.							
8,5 cali	5.674 cali □	50,8	187 stóp	0,214 funt.	115 funt	6,5 stóp	1007 funt.
Maszyna z ekspansyą.							
11,25	10,843	42,9	211	0,147	71	8	1825

Z téj tablicy widzimy, że dla otrzymania jednakiego skutku, przy tém że samém pierwotném ciśnieniu pary, maszyna z ekspansyą wymaga cylindra o większéj średnicy, tłok ma większą chyżość, koło zamachowe ma większą średnicę i ciężar niż przy maszynach działających bez ekspansyi; ale za to daleko mniéj pary i mniéj materyału opałowego zużywa.

397. Maszyna parowa Woolfa działająca z ekspansyą i kondensacyą. Działanie ekspansyjne pary, może się uskuteczniać dwojakim sposobem: 1) W maszynach o jednym cylindrze, przerywa się przypływ pary np. w $^1/_3$ kursu tłoka, za pomocą odpowiednio urządzonego stawidła. 2) W maszynach dwucylindrowych, napełnia się cylinder pierwszy (mniéjszy) całkowicie, albo tylko w części parą całkowitego ciśnienia, t. j. takiego jakie w kotle posiada, a zużytą parę wprowadza się znowu do drugiego 3 lub 5 razy większego cylindra, która rozszerzając się tam, zamienia się na parę bardzo nizkiego ciśnienia, którą można skraplać czyli kondensować. Widzimy więc tutaj, że para działa jednocześnie z ekspansyą i z kondensacyą.

Fig. 343 przedstawia szkic maszyny ekspansyjnéj, zbudowanéj w r. 1804 przez Artura Woolfa.

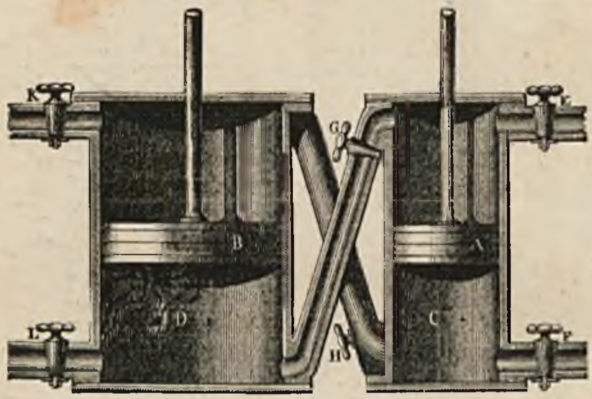


Fig. 343.

Maszyna jego, jest maszyną wysokiego ciśnienia, z ekspansyą i kondensacyą. Posiada ona dwa cylindry, mniéjszy C i większy D. Cylinder D jest o tyle większy od cylindra C, że przestrzenie ich przebieżone przez tłoki, mają się do siebie w stosunku jak 1 : 3 $^1/_2$, a nawet 1 : 5.

Wpuszczanie do cylindrów pary, odbywa się tutaj za pomocą kurków. Jeżeli kurek E wpuszcza świéżą parę wysokiego ciśnienia na tłok A, to jednocześnie jest i kurek H otwarty, tak że tłok C doznaje z dołu tego samego ciśnienia na cal □, co i tłok B z góry. Jednocześnie jest i kurek L otwarty, w skutek czego w dolnéj przestrzeni tłoka B, jest mniéjsze ciśnienie, zależne od kondensatora. Teraz na tłok A od góry działa świéża para, posuwa się więc takowy na dół, skutkiem działania pary, wychodzącéj z przestrzeni C. Para znajdująca się w przestrzeni pomiędzy A i B, ciśnie jednocześnie na tłok A od spodu, a na tłok B z wierzchu. Ale ponieważ B większe od A, ciśnienie przeto na spód tłoka A, jest mniéjsze od ciśnienia na wierzch tłoka B, w stosunku powierzchni obu tłoków. Gdy obadwa tłoki dostały się na dół, cylinder C napełnia się świeżą parą, zaś D napełnia się parą, która cylinder C opuściła. Para ta jednakże, ponieważ D ma 3 $^1/_2$ do 5 razy większą objętość od cylindra C, rozszerzyła się w nim 3 $^1/_2$ do 5 razy. Przy zmianie ruchu tłoków, obadwa kanały, które przedtém były otwartymi, zostały zamknięte, w miéjsce ich otwierają się znów kurki F, G i K, a tłoki wznoszą się do góry w tych samych warunkach, jak i opadały na dół. Widzimy tutaj, że świéża para, działa wciąż całem prężeniem, na jednę ze ścian tłoka w cylindrze mniéjszym, gdy jedna ze ścian cylindra większego, komunikuje się z kondensatorem. Przeciwnie zaś, powierzchnie tłoków w tymże samym czasie, doznają coraz mniéjszego ciśnienia, w miarę jak ekspansya pary postępuje.

Przy maszynach Woolfa, można ekspansyę rozpoczynać już w małym cylindrze (nawet do $^1/_5$ pierwotnego prężenia), a tém samém całkowitą ekspansyę można doprowadzić bardzo wysoko; zmiany zaś ciśnienia na korbę, mniéj się daleko dają uczuwać, niż przy maszynach ekspansyjnych, o jednym cylindrze. Maszyny te chętnie są używane, z powodu iż mało opału potrzebują.

Na poparcie tego twierdzenia, inżynier Scholl, podaje w swym *Przewodniku* (Führer des Maschinisten), następującą tablicę porównawczą z maszynami o sile 80 koni parowych przy 4-ch atmosferach ciśnienia.

System maszyny	Dzienna konsumcya pary (12 god.)	Dzienna konsumcya węgla
1. Maszyna bez kondensacyi . .	39,360 funtów	7,160 funtów
2. Maszyna z kondensacyą . .	29,760 „	5,410 „
3. Maszyna systemu Woolfa . .	24,960 „	4,540 „

Tablica ta przedstawia nam bardzo widoczne korzyści maszyny Woolfa.

Maszynę Woolfa o sile 120 koni parowych, przedstawia Fig. 344. Cylindry A i B są po za sobą ustawione, przez co mniéjszy A, ma téż mniéjszy krok od B. Obadwa trzony tłokowe, mają ruch prosty, za pomocą równoległoboku Watta i za jego pośrednictwem, przenoszą siłę pary na balansier C, poruszający się w punkcie D, leżący na pilastrze E i nadający ruch korbie G, za pomocą trzona korbowego F. Na wale H znajduje się koło zamachowe I, które przy maszynach Woolfa może być daleko lżéjsze, aniżeli przy innych maszynach ekspansyjnych o jednym cylindrze. Za pomocą równoległoboku Watta, porusza się także i pompa powietrzna K, w zgęszczalniku L umieszczona. Para mająca się kondensować, udaje się z wielkiego cylindra rurą M do kondensatora. Kierownik, jest tak urządzony, że para rozszerza się już i w małym cylindrze. Dla tego cylinder ten opatrzony jest dwoma stawidłami, jedném *rozdawczém*, a drugiém *rozszerzalném*. Pierwsze stawidło poruszane jest poprzecznicą N, a drugie zaś poprzecznicą O. Obadwa stawidła małego cylindra, jako téż stawidło rozdawcze wielkiego cylindra, z powodu drobnego rysunku są wypuszczone. Skrzynki stawidłowe P i Q pokazane są z pokrywami odjętemi, ażeby upusty pary były widzialne. Ruch regulatora odbywa się za pomocą wału R, otrzymującego znowu swój obrót, za pomocą trybów konicznych, z których jeden osadzony jest na wale głównym H. Wał ten porusza oba stawidła P, a stawidło O cylindra wielkiego, poruszane jest za pomocą trójkąta łukowego przy S. Stawidło ekspansyjne, poruszane bywa za pomocą zwyczajnego mimośrodu na wale R umieszczonego, tu na rysunku rurą parową U zakrytego. Trzon poruszany trójkątem łukowym, od góry i dołu utrzymywany jest w odpowiednich buksach $T\,T$, ażeby ciągle chodził pionowo. Rurą U wchodzi para świéża, wentylem jednak u, może być jéj komunikacya w każdéj chwili przerwaną. Trzon V porusza pompę wodną, dostarczającą wody zbiornikowi kondensatora X za pomocą rury W. Sztanga Y porusza pompę wodną Z, ciągnącą wodę z kondensatora L, do kotła parowego.

Chcąc uruchomić maszynę tego rodzaju, wpuszcza się parę do małego cylindra. Ciśnienie jednak na balansier wywarte, nie wystarcza zwykle do poruszenia maszyny, ponieważ nie ma jeszcze pary w wielkim cylindrze parowym. Ażeby zapobiedz téj niedogodności, można wentylem u_1 wpuścić świeżą parę do cylindra Q, przez co ułatwia się uruchomienie maszyny. Po zrobieniu próżni w kondensatorze, zamyka się u_1 natychmiast. Za pomocą kurka U można jeszcze wpuścić świeżéj pary do kondensatora, dla wypędzenia z tamtąd powietrza i zrobienia próżni. Oba cylindry dla uchronienia ich od straty cieplika, opatrzone są płaszczem drewnianym, który przy *a* i *b* pokazany jest w przekroju.

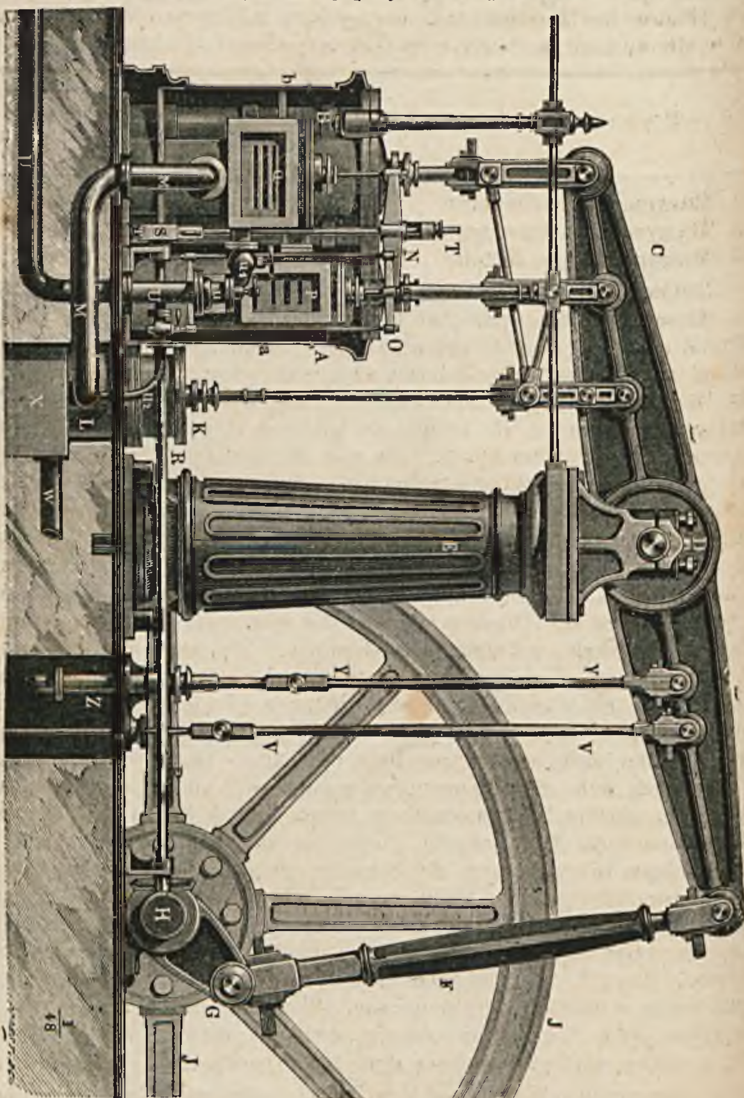
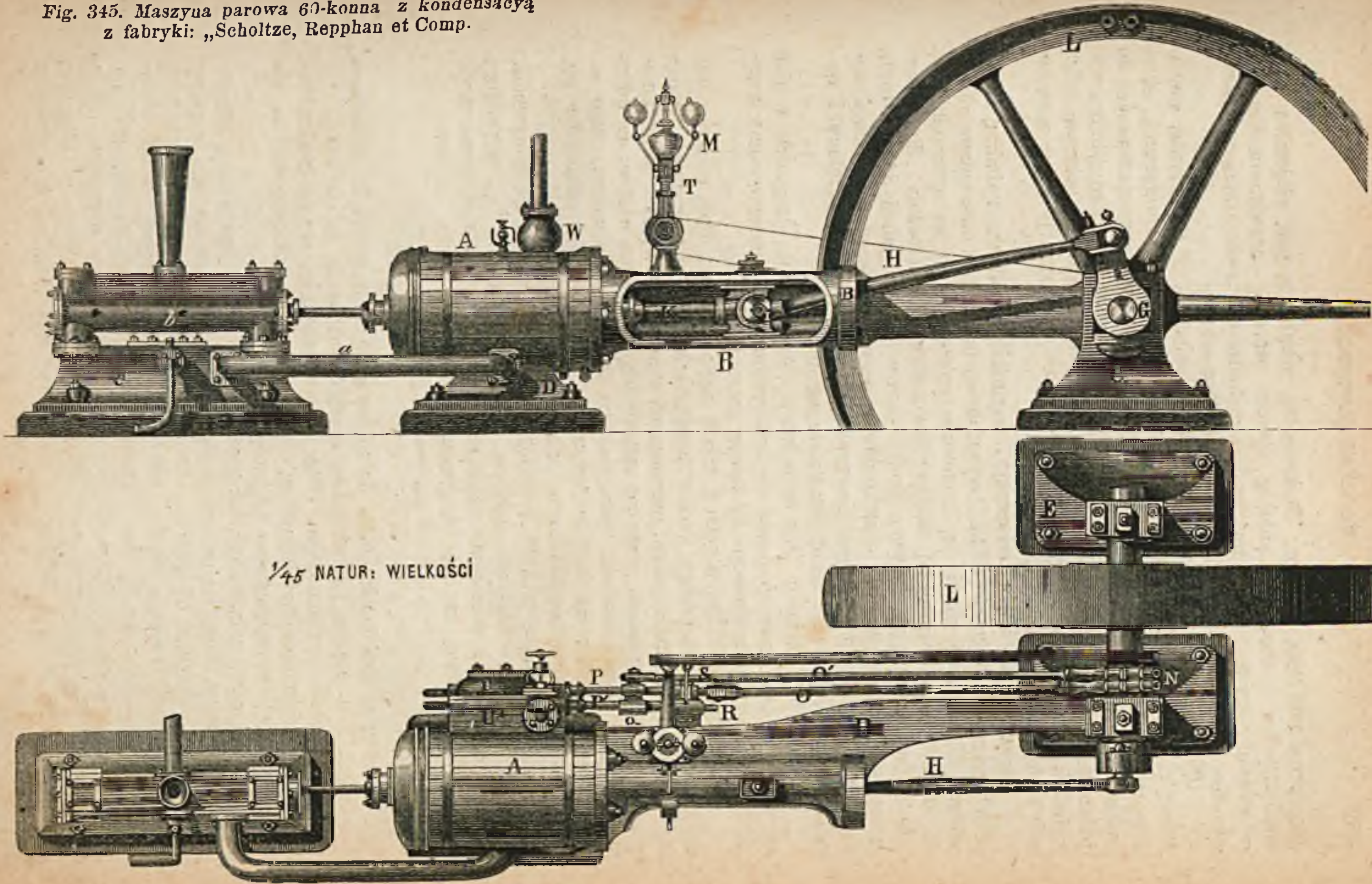


Fig. 344.

398. Maszyna parowa pozioma 60-konna, działająca z ekspansyą i kondensacyą, system fabryki: „Scholtze, Repphan i Comp.“ Z pomiędzy maszyn leżących (horyzontalnych), dziś przeważnie używanych, opisujemy maszynę tak zwaną *Bagnetową*, która przedstawia konstrukcyę typową, przy-

Fig. 345. Maszyna parowa 60-konna z kondensacyą z fabryki: „Scholtze, Repphan et Comp.



jętą przez powyższą fabrykę. Maszynę tę, działającą pod ciśnieniem pary 4-ch atmosfer, z ekspansyą zmienną (system własny), przedstawia Fig. 345 w widoku bocznym i na planie. Średnica cylindra $0{,}5^m$, skok tłoka $0{,}9^m$, ilość obrotów na minutę 50, prędkość tłoka $1{,}5^m$ na sekundę.

Cylinder parowy *A* jest razem odlany z podstawą *D* i skrzynką stawidłową *U'*; nosi na sobie płaszcz chroniący od temperatury zewnętrznéj, składający się jak zwykle z listew drewnianych lub żelaznych przymocowanych do kołnierzy cylindra, przestrzeń pusta między listwami i ścianami cylindra wypełnioną jest złymi przewodnikami ciepła. W tymże samym celu pokrywa tylna cylindra, nosi na sobie drugą wypukłą. Wprost do otoczonéj ściany szczytowéj cylindra, przymocowany jest bagnet.

Bagnet *B* jest z tyłu wytoczony i zachodzi na kołnierz cylindra; mieści w sobie przewodnik krzyżownika *I* wytoczony cylindrycznie, oraz panew główną wałową *C*. Boki téj panwi są heblowane prostopadle do osi przewodników. W skutek tego ustawienie téj maszyny jest nadzwyczaj ułatwione. Po złączeniu bowiem bagnetu z cylindrem, środki tychże leżą na jednéj linii prostéj, prostopadłéj do osi panewki. Jest to główny warunek dobrego ustawienia maszyny parowéj, a co przy innych konstrukcyach stanowi niemałą trudność i wymaga bardzo wiele pracy, tutaj jest prawie usunięte.

Przewodnik bagnetu jest wytoczony cylindrycznie, krzyżulec w nim obracać się daje, przez co usuwa się dość trudna robota dopasowywania krzyżulca podług drąga korbowego założonego na czop korbowy.

Panew główna *C* ma łożysko z trzech części złożone; dwie boczne części są do nastawiania za pomocą klinów żelaznych kutych, umieszczonych pomiędzy łożyskami a ścianami panwi, poruszanych z góry na dół przez śruby umieszczone w pokrywie panwi, przez co zużycie łożyska nie ma wpływu na dobry bieg maszyny. Panew wałowa tylna jest tego kształtu co pierwsza, z tego samego modelu odlana; ma łożysko zwyczajne z dwóch części składające się.

F wał korbowy kuty, *G* korba kuta.

L koło zamachowe $3{,}8^m$ średnicy; waga pierścienia 4600 kilogramów. Przy 50 obrotach w minucie, maszyna daje nieregularność $^1/_{50}$, wypadającą z różnicy prędkości maximum i prędkości minimum, podzielonéj przez prędkość średnią δ liczoną na kole opisywaném promieniem korby, to jest:

$$\frac{C_{\text{max.}} - C_{\text{min.}}}{\delta}$$

jest to nieregularność bardzo mała, bo odpowiadająca maszynom do poruszania przędzalni. (Ob. stopień jednostajności maszyn korbowych, na str. 385).

M regulator systemu *Proela* (Fig. 346) odznaczający się znakomitą czułością przy zmianie prędkości i wielką energią do pokonywania oporu, co jest bardzo ważne przy działaniu na ekspansyą.

Jak już wyżéj nadmieniono, skrzynka stawidłowa *U'* jest odlaną z cylindrem parowym, w któréj się mieści stawidło parowe pierwsze, do tego przyśrubowana jest skrzynka *U* stawidła ekspansyjnego. Wymiary i konstrukcya tychże jest tego rodzaju, że bez żadnych zmian modelowych, można budować maszynę z ekspansyą lub bez. Budując maszynę bez ekspansyi (jak np. dla cukrowni, gdzie nie chodzi o zużytkowanie należyte pary w maszynie) daje się zwyczajne stawidło, a w miéjsce skrzynki *U* zwyczajną pokrywę. Taką maszynę można bez żadnych trudności zmienić na ekspansyjną, przez odrzucenie

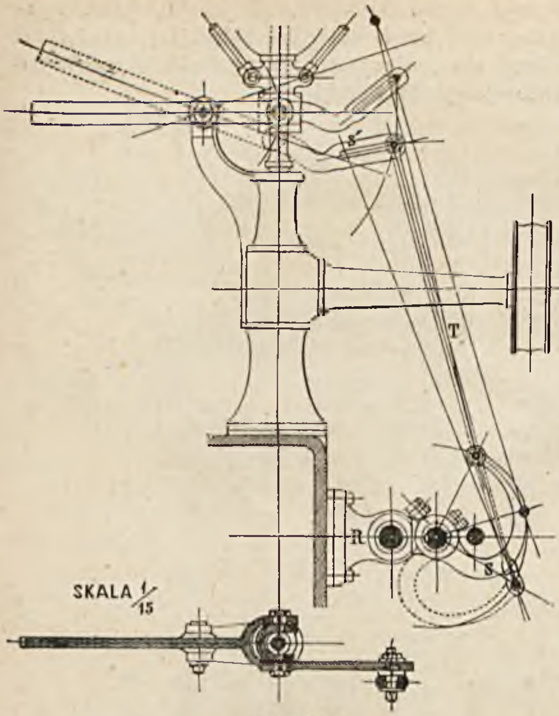


Fig. 346.

pokrywy, dośrubowanie skrzynki *U*, dodanie drugiego mimośrodu (ekscentryka), drążka stawidłowego i ekscentrycznego, oraz odpowiednich stawideł.

Stawidła (szybry) są poruszane przez dwa mimośrody *N*, umieszczone tak, że pierwszy licząc od łożyska wału, porusza wprost stawidło ekspansyjne; a z drugiego za pomocą krzyżulca *Q* przenosi się ruch na stawidło podstawowe pierwsze (Grundschieber). Konstrukcya ta daje możność wykonać kanały parowe cylindra dostatecznie krótkie, by uniknąć zbyt wielkich przestrzeni szkodliwych (schädlicher Raum). Drążki stawidłowe przechodzą przez przewodnik *R* (Fig. 346); w tymże osadzony jest buks spiżowy dający się wykręcać, w nim znajduje się nut, na drążku zaś stawidłowym ekspansyjnym klin. Na buksie tym osadzona jest dźwignia kątowa *S* połączona z regulatorem za pomocą sztangi *T* i dźwigni kątowéj *S'*. W skutek tego przez opadanie lub podnoszenie się regulatora, drążek stawidłowy obraca się na prawo lub na lewo.

Ten prosty mechanizm pozwala tylko na $^1/_4$ obrotu drążka, co jak wiadomo przy zwyczajnych stawidłach Meyera jest niewystarczającém; gdyż drążek stawidła ekspansyjnego, mniéj więcéj trzy razy obrócić potrzeba, chcąc otrzymać dostateczne zmiany w stopniach ekspansyi. Żeby zaś obrót $^1/_4$ uczynić dostatecznym, stawidła zbudowane są jak je Fig. 347 w przecięciu i w planie przedstawia. Stawidło pierwsze podstawowe ma u góry z każdéj strony 5 kanałów $8\frac{m}{m}$ szerokich, przedstawiających razem przekrój potrzebny dla pary wchodowéj; kanałom tym odpowiadają platki stawidła górnego po $24\frac{m}{m}$ szerokie. Skok gwintów drążka stawideł górnych jest $48\frac{m}{m}$, co przy $^1/_4$ obrotu tegoż, daje przesuwanie stawideł o $12\frac{m}{m}$ ze środka. Platki stawideł górnych, przez rozsuwanie tychże regulatorem, dają nakrycia odpowiadające napełnieniu parą cylindra od $^1/_{20}$ do $^5/_8$ skoku. Granice te są wystarczające do bardzo dokładnego regulowania maszyny.

Zamykanie pary przez stawidło ekspansyjne odbywa się szybko w skutek małych kanałów a stosunkowo dużego ruchu względnego stawideł. Rzecz bardzo ważna dla dobrego działania pary w peryodzie ekspansyi. Z tyłu cylindra parowego umieszczony jest zgęszczalnik (kondensator, skraplacz) *c*; na nim stoi pompa powietrzna *b*. Skraplacz ten połączony jest z cylindrem parowym rurą *a*, doprowadzającą do tegoż parę odchodową.

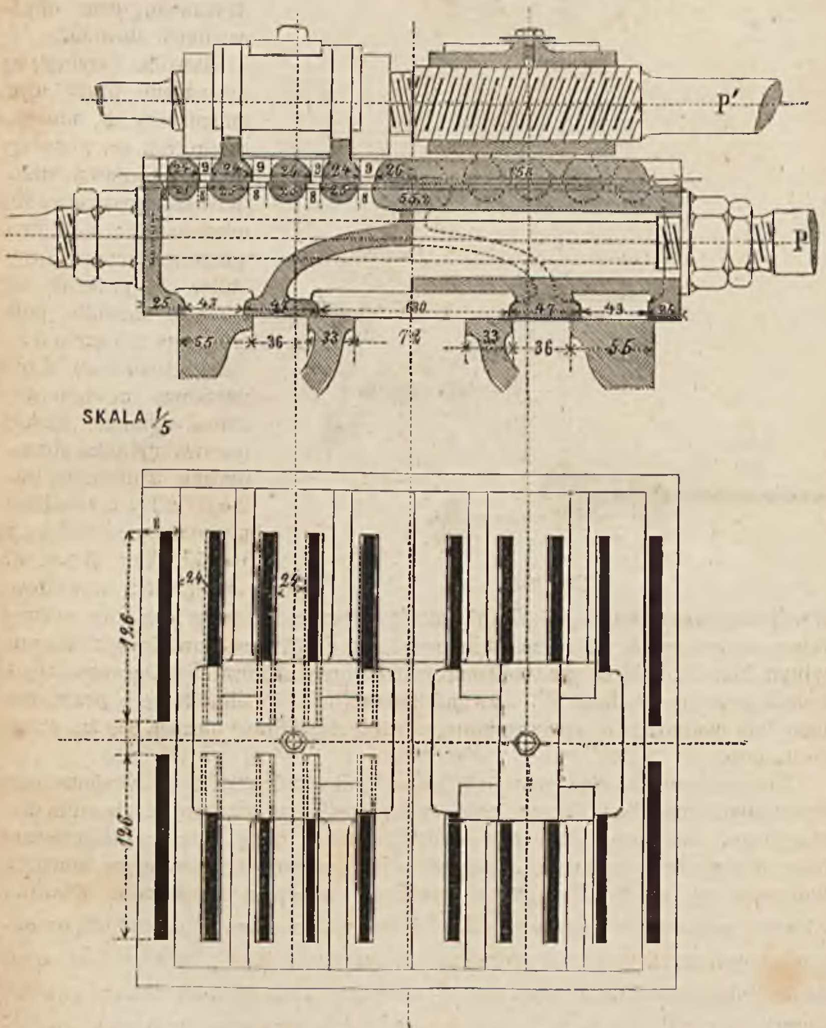


Fig. 347.

Fabryka „Scholtze, Repphan et Comp.“ w Warszawie, posiada modele maszyn tego systemu od siły 4 do 100 koni parowych.

399. Maszyny oscylujące używane w żegludze parowéj. Figury 348 i 349 przedstawiają maszynę parową oscylacyjną w widoku podłużnym i poprzecznym. Dwa cylindry parowe A A posiłkują się nawzajem; kiedy jeden tłok przestaje działać na korbę, to jest, kiedy przechodzi do punktu martwego, drugi wywiera już wtedy największe działanie na drugą korbę, do pierwszéj pod kątem prostym ustawioną, a tym sposobem punkt martwy niwecząc, pomaga w pracy drugiemu cylindrowi; dla téj to wspólności w pracy, maszyny tego rodzaju nazywają niemcy *bliźniakami* (Zwillingsmaschine). Pompa powietrzna i kondensator, wspólnemi są dla obydwóch maszyn.

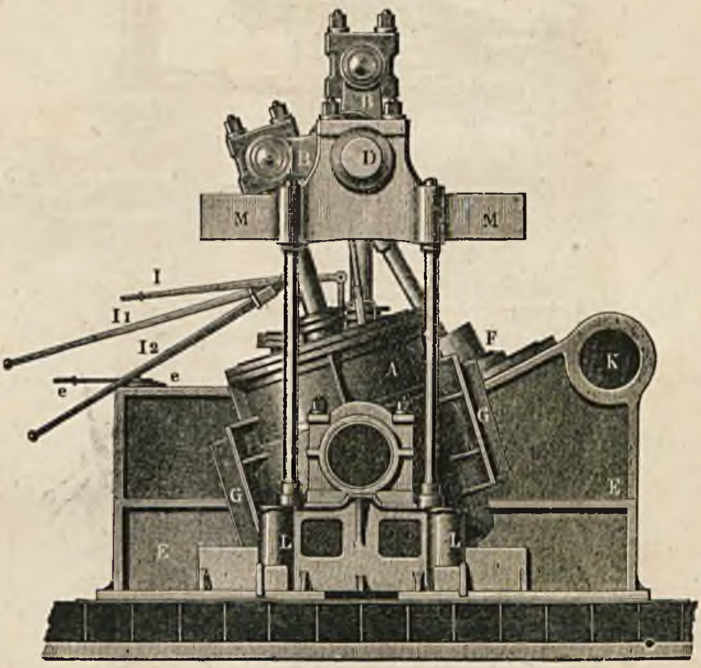


Fig. 348.

Cylinder parowy A otrzymuje parę za pomocą rury a. B B są to korby na wale środkowym, C C korby na wałach D D zewnętrznych czyli łopatkowych. Przy E E znajduje się kondensator, przy F pompa powietrzna. Obadwa cylindry parowe posiadają jednakie skrzynki stawidłowe G, których stawidła, poruszają się za pomocą mimośrodów H H. Drążki I I służą do odczepiania trzonów mimośrodowych, a zaś drążki I_2 I_2 do puszczania maszyny od ręki. Mimośrody są tutaj luźne i mogą się przestawiać. Maszyniści na parostatkach, przy puszczaniu maszyny w ruch i wolném manewrowaniu, puszczają tylko w ruch jeden cylinder parowy, gdyż im to łatwiéj przychodzi, jak puszczać obadwa na raz. Jeżeli zaś maszynista obudwoma cylindrami na raz koniecznie musi manewrować, wtedy przychodzi mu w pomoc podmaszynista.

Przy E znajduje się kran wtryskowy, zawsze pod ręką maszynisty będący, ponieważ jest mu potrzebny tak przy puszczaniu, jak i przy zatrzymywaniu maszyny. *K* jest to rura odpływowa pompy powietrznéj, dość obszerna, ażeby powietrze razem z wodą ciągnione pomieścić mogła. Przy *L L L L* widać cztery pompy, których komunikacya ruchu jest tutaj opuszczona. Dwie pompy służą do zasilania kotła, a dwie do pompowania wody, ze statku na ze-

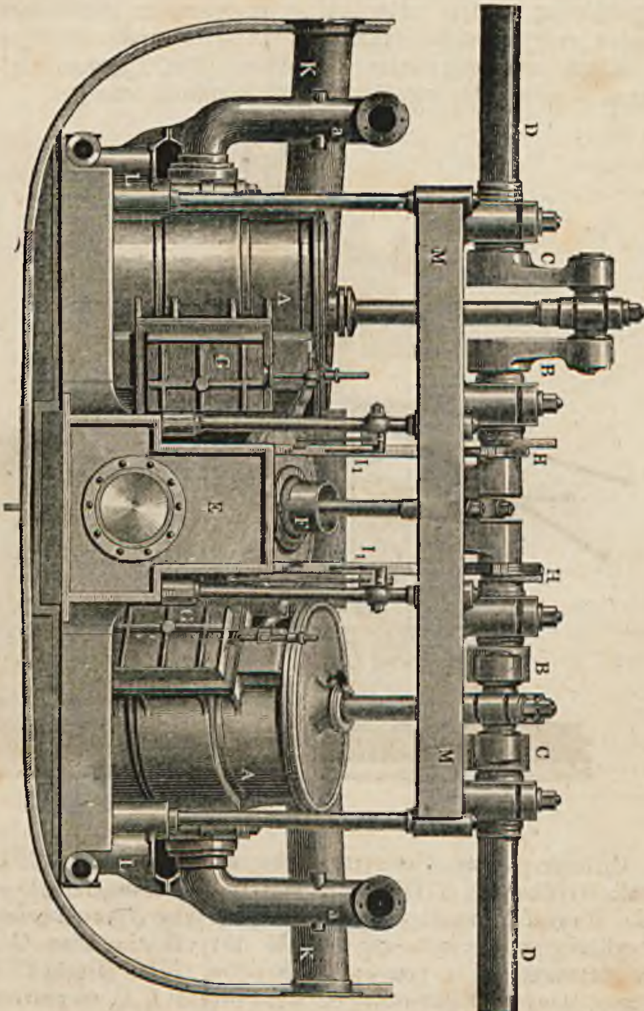


Fig. 349.

wnątrz. Fundament całéj maszyny, stanowią poprzeczne gęsto ustawione żebra (Rippen; cornieres), składające się z żelaza kątowego i grubéj blachy żelaznéj. Ośm filarów żelaznych kutych, łączy dolny fundament maszyny z ramą górną (entablement) *M*, na któréj umieszczone są panwie wału głównego czyli łopatkowego.

400. Maszyny przenośne czyli lokomobile. Maszyny przenośne, są to małych rozmiarów maszyny z kotłami parowymi, z cylindrami leżącymi na wierzchu kotłów umieszczonymi, działające pod ciśnieniem pary wysokiego ciśnienia. Kotły wraz z maszynami osadzone są na wozie opatrzonym cztérema kołami i dyszlem, a zatém dające się łatwo końmi lub wołami przeprowadzać z jednego miejsca na drugie. Używa się ich do poruszania sikawek w czasie pożaru, do poruszania kafarów przy budowie mostów, do poruszania pługów w wielkich gospodarstwach, młocarń, tartaków, młynów, do ładowania statków w przystaniach, do poruszania małych warsztatów mechanicznych, słowem do bardzo rozlicznych użytków.

Figura 350 przedstawia maszynę tego rodzaju. Na podstawie żelaznéj spoczywa kocioł parowy. Na wierzchu kotła umieszczony jest cylinder parowy *A* w zbiorniku parowym *A'* żelaznym lanym, na szczycie którego,

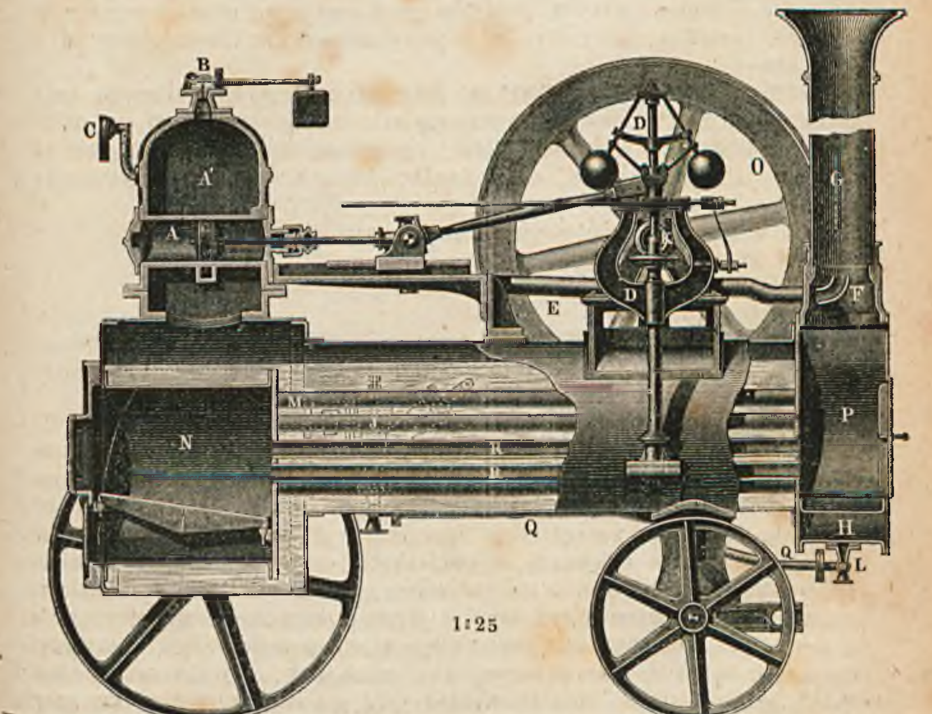


Fig. 350.

znajduje się klapa bezpieczeństwa *B*. *C* jest to manometr sprężynowy. Ruch tłoka parowego, przenosi się tutaj za pomocą trzona korbowego na korbę i wał korbowy; który to ruch znowu za pomocą pasa skórzanego (lub liny drucianéj) na kole zamachowém *O* umieszczonego, przesyła się daléj. *D* jest to regulator czyli moderator, poruszany za pomocą kółka stożkowego, zazębionego, na wale *K* osadzonego. Para zużyta w cylindrze uchodzi rurą *E* do komina *G* przy *F*, dla podniesienia ciągu w ognisku *N*. Kocioł podobny jest bardzo do kotła lokomotywy. *N* jest to wewnętrzne ognisko formy cylindrowéj, opatrzone drzwiczkami, rusztami i popielnikiem. Rury płomienne *R R* wychodzą ze ściany szczytowéj *M*, idą przez wnętrze kotła *Q* i kończą się w drugiéj ścianie szczytowéj, graniczącéj z dymnicą *P*, w któréj gromadzą się wszystkie gazy ze spalenia powstałe i kominem *G* na zewnątrz uchodzą. Zasilanie kotła wodą, które dzisiaj uskutecznia się pospolicie smoczkiem Giffarda, tu odbywa się jeszcze za pomocą pompki alimentacyjnéj, z wiadra pod kotłem ustawionego; takową wprowadza się do ogrzewacza *H* pod dymnicą będącego a następnie do kotła wtłacza. Zewnętrzna postać lokomobil jest bardzo rozmaita, zależy to od gustu konstruktora, od jéj przeznaczenia i od miéjscowych warunków. W ogólności jednak, powinna obok pięknéj formy, być lekka do przeprowadzenia i uruchomienia łatwą, a przytém zalecać się długą trwałością.

Oprócz lokomobil leżących, często dzisiaj napotykamy lokomobile stojące czyli pionowe, do podłogi budynku przymocowane, używane w drobnym przemyśle, posiadające siłę od 3 do 10 koni parowych, a ciśnienie pary od 5 do 6 atmosfer.

401. Parowozy używane na drogach żelaznych. Parowóz czyli lokomotywa, jest to maszyna wysokiego ciśnienia, spoczywająca na osiach i kołach, mogąca nie tylko swój własny ciężar poruszać, ale także ciągnąć za sobą, jako téż i pchać przed sobą: tender i pewną ilość obładowanych wagonów po kolei żelaznéj.

Główne części składowe parowozu są następujące:

1⁰ Wóz.

2⁰ Kocioł parowy z ogniskiem, dymnicą i kominem.

3⁰ Maszyna parowa.

Wóz składa się z prostokątnéj ramy, osi, kół i pewnéj liczby resorów.

Rama zbudowaną jest z dwóch żelaznych belek podłużnych i dwóch poprzecznych, opatrzonych widłami osiowemi, maźnicami i buforami.

Koła są mocno osadzone na osiach i razem z niemi się obracają. Na osiach spoczywają tak zwane widły osiowe, a na nich resory; na końcach resorów, zawieszona jest rama. Maźnice czyli panwie osiowe, są ruchome w widłach osiowych ramy, w kierunku pionowym. Kocioł parowy składa się z cylindra blaszanego zewnętrznego i przyrządu ogniowego znajdującego się wewnątrz. Palenie odbywa się w czworokątnéj skrzyni, pospolicie miedzianéj; w tak nazwaném ognisku albo palenisku; gazy powstałe z procesu palenia, uchodzą ztamtąd rurami płomiennemi do dymnicy, zkąd kominem wydostają się na zewnątrz. Dla obudzenia potrzebnego ciągu, para uchodząca z maszyny, wprowadza się do komina za pomocą rury odchodowéj, czyli tak zwanéj dmuchawki, gdzie skutkiem wielkiéj chyżości jaką posiada, rozrzedza tam gazy i mocny ciąg sprawia.

Główne części składowe maszyny parowéj są następujące:

1) Dwa cylindry z pokrywami, buksami pakunkowymi i skrzynkami stawidłowemi.

2) Tłoki parowe.

3) Trzony tłokowe.

4) Krzyżulce.

5) Przewodniki.

6) Trzony korbowe czyli korbsztangi i trzony łączące.

7) Korby.
8) Osie i koła pociągowe.
9) Mechanizm kierowniczy.

Cylindry mają położenie poziome albo ukośne i przytwierdzone są do ramy z przodu, na zewnątrz albo wewnątrz ramy. Tłok odbiera ciśnienie pary i przesyła takowe korbom za pomocą trzonów tłokowych, korbowych i łączących, przez co uskutecznia się ruch obrotowy osi pociągowych. Maszyna parowa ze względu na swoją budowę, jest maszyną dwucylindrową, wysokiego ciśnienia. Korby, dla osiągnięcia o ile można jednostajnego działania, ustawiają się pod kątem 90°. Rama, kocioł i maszyna stanowią nierozdzielną całość, przy łączeniu których, należy mieć wzgląd na wielkie różnice temperatury, którym podlegają ich pojedyncze części składowe.

Ze względu na wzajemne położenie cylindrów, ramy i kół, parowozy dzielą się jak następuje:

1) Parowozy z wewnętrznymi cylindrami i wewnętrznemi ramami.
2) „ „ „ zewnętrznemi „
3) „ zewnętrznymi „ „ „
4) „ „ „ wewnętrznemi „

Co do siły pociągowéj, dzielą się parowozy jak następuje:

1) Parowozy dla pociągów pośpiesznych i osobowych.
2) Parowozy dla pociągów mieszanych.
3) Parowozy dla pociągów towarowych.

Wymiary tych trzech gatunków parowozów, różnią się pomiędzy sobą liczbą osi pociągowych, rozmaitością stosunków średnicy kół pociągowych do wielkości skoku tłoka i grubością pojedyńczych części. O czém niżéj.

Na drogach równych, maszyny pośpieszne mają tylko jedną oś pociągową; silniejsze zaś osobowe i towarowe, dwie osi; a ciężkie maszyny towarowe 3 osi pociągowe. Inne osi parowozu, nie będące *pociągowemi*, nazywają się *biegowemi.*

402. Części składowe parowozu. Figury 351 i 352 przedstawiają nam lokomotywę z cylindrami zewnątrz leżącymi; mianowicie figura 351 widok zewnętrzny, a figura 352 przecięcie podłużne.

A A (fig. 351) są to dwa cylindry, leżące na zewnątrz dymnicy, umocowane na ramie; są one nieco do poziomu nachylone. Trzon tłokowy *B* każdego cylindra, za pośrednictwem krzyżulca *a* posuwa się w przewodniku, złączony jest następnie z trzonem korbowym *C*, a ten z korbą *D*. Korby te znajdują się na piastach kół pociągowych (rozpędowych) *E* i osadzone są względem siebie jak najdokładniéj pod kątem prostym, tak samo jak przy maszynach statkowych. Oś pociągowa jest prosta, ponieważ korby znajdują się na zewnątrz; jest zatém do odkucia łatwiejszą od osi łamanéj, kiedy cylindry znajdują się wewnątrz ramy.

Stawidła odbierają ruch mimośrodów *F* i *F'* osadzonych na osi pociągowéj, a to za pomocą trzonów *G* i *G'*, z których *F* i *G* do ruchu przodowego, a *F'* i *G'* do ruchu tylnego służą. Oko *b* widełkowate trzona *G* na fig. 352

opiera się na czopie H na fig. 352 widzialnym, i chwyta trzon szybrowy K. Za pomocą więc połączenia między sobą części F, G, b i H stawidło L poruszane jest mimośrodem F; a cały taki sam przyrzyd F' G' b' porusza się wtedy luźno czyli bezużytecznie i dopiero zaczyna działać, kiedy przerwiemy komunikacyę między F G b a H, a oko b' z H połączymy; wtedy to stawidło L posuwa się w tył czyli w odwrotnym kierunku, a zatem i tłok poruszać się będzie w odwrotnym kierunku, albowiem mimośród F' stoi naprzeciwko mimośrodu F. Luzowanie i zahaczanie trzonów G i G' uskutecznia się za pomocą drążka kątowego c d e, którego punkt obrotu znajduje się w d, a którego głowa e

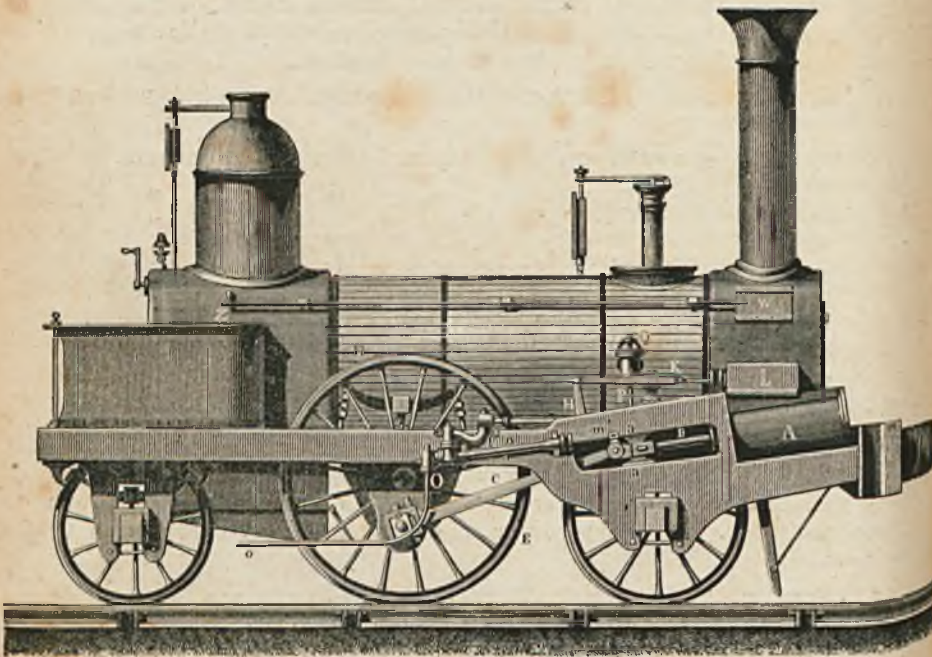


Fig. 351.

złączona jest z oboma trzonami G i G' (figura 352). Od punktu c wychodzi sztanga ff ukośnie i idzie aż na *pokład* maszynisty (Standort), gdzie opatrzona jest silną korbą, czyli lewarem, mogącym się ustawiać w grzebieniu, w miejscu gdzie maszynista za stosowne uważa. Kiedy lewar stoi na środku grzebienia, stawidła są zamknięte i maszyna stoi; kiedy lewar jest na prawym krańcu, maszyna idzie z największą swoją siłą *naprzód*; kiedy lewar stoi na krańcu lewym grzebienia, maszyna idzie z największą swoją siłą *nazad*. Kiedy lewar stoi w środku, dla wszelkiej pewności, należy także regulator parowy T zamknąć.

M *ognisko* zwane także *fajerbuksem*, g drzwi ogniskowe, N kocioł parowy cylindrowy opatrzony 125 rurkami płomiennemi, O zbiornik, albo tum parowy, *P* rura parowa, którą para ze zbiornika udaje się do skrzynek stawidłowych *L*, a następnie upustami do cylindrów parowych. *Q Q* dmuchawka, którą maszynista przymyka albo otwiera za pomocą drążka *Z W*. *R R* dwie klapy bezpieczeństwa z wagami sprężynowemi *S S*. *T U* regulator parowy. *T* korba od regulatora do wypuszczania pary do rury parowéj *P P*. *V* grabka lub zgarniaczka do śniegu i odrzucania wszelkich zawad leżących na szynach. Oprócz tego rysunki przedstawiają widok ramy, na któréj cały mechanizm spoczywa, pompę zasilającą *p*, poruszaną za pomocą krzyżulca w punkcie *m*; cztery koła biegowe, komin i bufory.

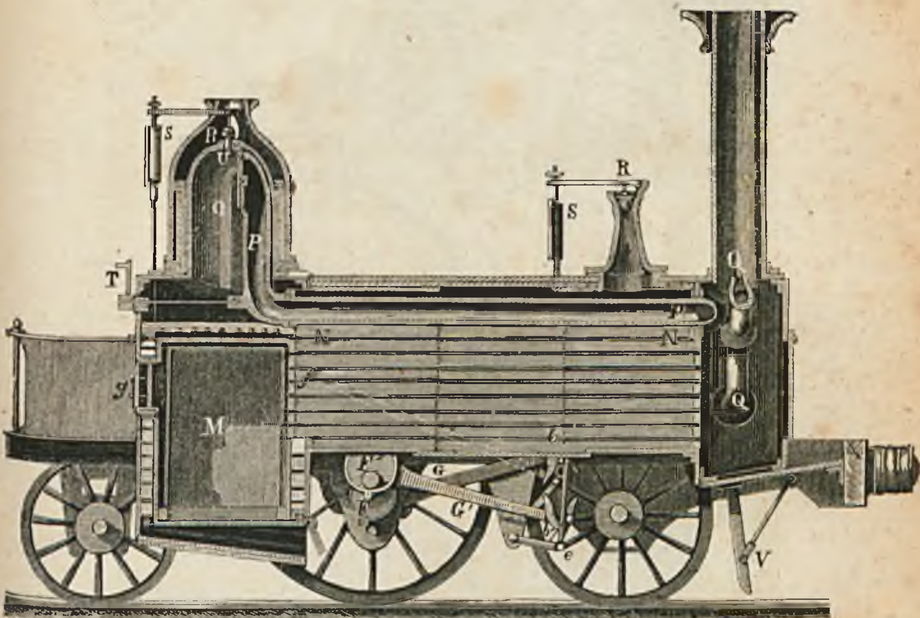


Fig. 352.

403. Parowóz Cramptona. Figura 353 przedstawia parowóz Cramptona, bardzo dziś upowszechnionego. Jest to parowóz pośpieszny; koła jego pociągowe mają 6 do 8 stóp średnicy i umieszczone są zupełnie z tyłu maszyny. Oś tych kół ostatnich, leży za skrzynią ogniową i może być przez podniesienie z łatwością wyjętą, gdyż jéj panewki od góry zupełnie są otwartemi. Cylindry parowe leżą w środku długości kotła i na zewnątrz ramy, jak również i cały kierownik z kulisą Stefensona.

Pompy zasilające *p* są bezpośrednio złączone z trzonami tłokowymi. Cztery przednie koła maszyny wraz ze swojemi osiami spoczywają w zupełnie osobnéj podstawie, mogącéj się cokolwiek obracać. Ta ruchoma przednia podstawa, niezmiernie ułatwia szybki ruch maszyny na ostrych krzywiznach.

Regulator, czyli przepustnica znajduje się przy u; kanałem a dostaje się para do skrzynki stawidłowéj b. Parowozami tego rodzaju, otrzymano nadzwyczajną szybkość jazdy i używa się ich dziś na bardzo wielu drogach żelaznych. Ostatiemi czasy na parowozach Cramptona, Kirchweger urządził pewien rodzaj przyrządu kondensacyjnego.

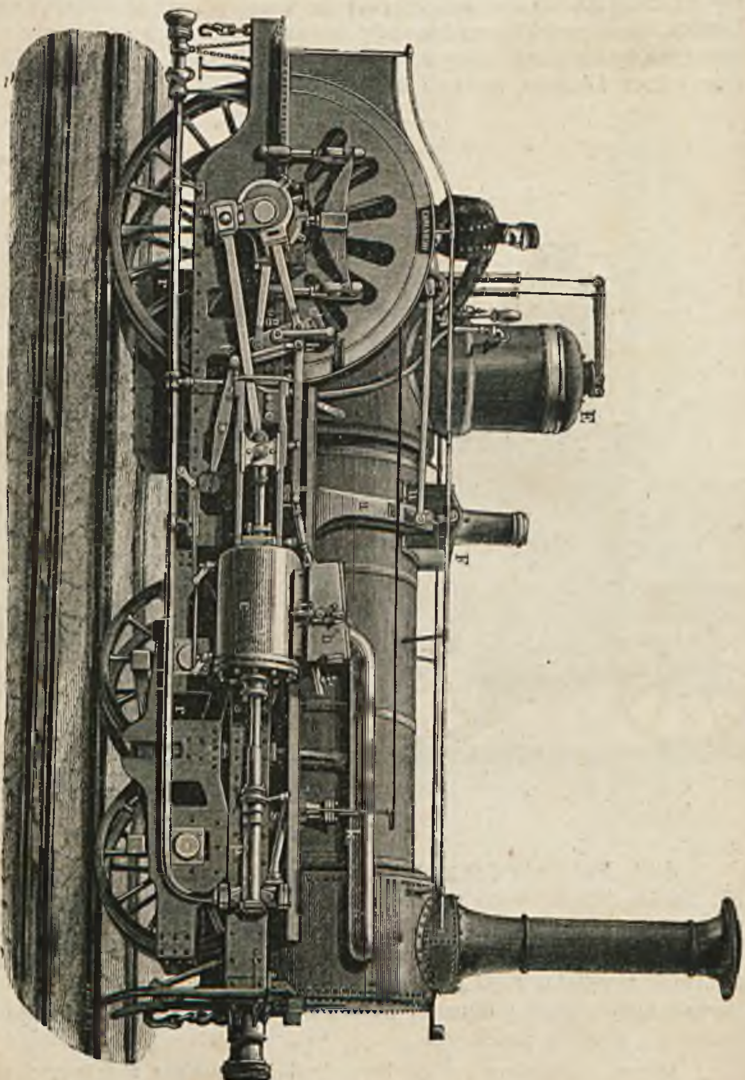


Fig. 353.

404. Maszyna dwutłokowa Wellsa zastósowana do parowozów[1]). Figura 354 przedstawia maszynę dwutłokową. $B\,B_2$ są dwa tłoki

[1]) Przekład z „Railroad Gazette“ wydawanej w Nowym-Yorku. 1875, nr. 23.

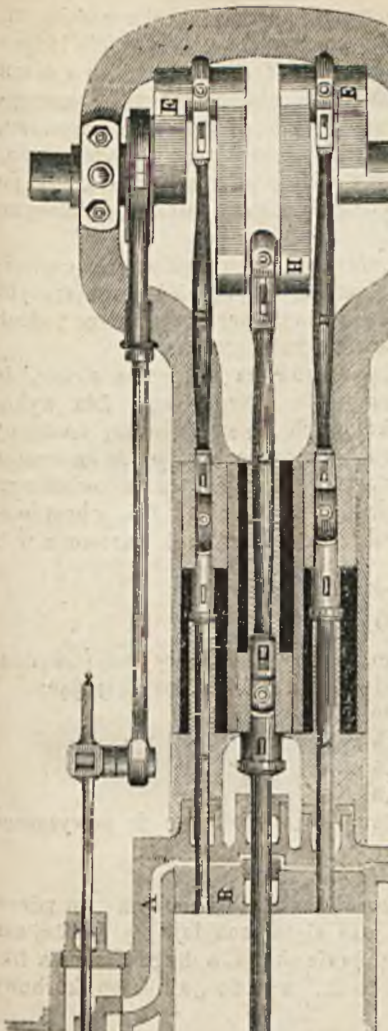


Fig. 354.

działające jednocześnie od końców cylindra do jego środka i odwrotnie. *D D C* są trzony korbowe działające na korby *E E H*. Para wchodzi przez otwory *A* A_2 i popycha oba tłoki w strony przeciwne, następnie zaś przez otwór *G* odpycha je znowu do poprzedniego położenia.

Zalety przypisywane maszynie tego układu, polegają na równoważącym się w zupełności ruchu, który umożebnia nadanie tłokowi daleko większéj chyżości. Gdybyśmy mogli usunąć z parowozu wszelkie wewnętrzne wstrząśnienia, byłoby to niewątpliwie nader ważném i warto zastanowić się, o ile dałoby się to uskutecznić przy pomocy tego wynalazku.

W parowozie działają podczas każdego obrotu cztery siły wstrząsające, które uwydatniają się jako szarpnięcia i które zwracają zarazem parowóz około osi pionowéj od jednéj szyny ku drugiéj, skutkiem czego następuje ruch po krzywéj, przedstawiającéj podczas każdego obrotu dwie części wypukłe i dwie wklęsłe. Pierwszy ruch może być z łatwością dostrzeżonym, obserwując uderzenia parowozu o tender, gdy nie są z sobą ściągnięte, drugi oddziaływa na rodzaj zużycia obręczy i występów kół.

W parowozie będącym w ruchu, środek ciężkości zmienia nieustannie swe położenie w skutek ruchu części odpowiednich sobie, przeciw któremu oddziaływać musi cała maszyna. Można to jeszcze wytłómaczyć w ten sposób: Części odpowiednie sobie wyprowadzane są podczas każdego skoku, ze stanu spoczynku z chyżością przyśpieszoną, która dochodzi do maximum w połowie skoku. Podczas drugiéj połowy skoku następuje opóźnienie ruchu. Jest to możebném wtedy tylko, jeśli opór na czopie korbowym jest w pierwszéj połowie skoku mniéjszym, a w drugiéj większym, niż ciśnienie na tłok; ponieważ zaś para ciśnie jednocześnie na tłok i pokrywę cylindra, przeto ramy i wszystkie połączone z niemi części maszyny, zostają podczas każdego skoku popchnięte naprzód i następnie odrzucone wstecz. Ta sama przyczyna wywołuje kołysanie parowozu, albowiem kiedy części jednego cylindra dochodzą do maximum przyśpieszenia, odpowiednie części drugiego cylindra są w stanie spoczynku, czyli kiedy po jednéj stronie ruch jest przyśpieszonym, po drugiéj stronie jest on opóźnionym; wywołuje to ruch około osi pionowéj.

Kołysanie parowozu stanowi prawdopodobnie jeden z głównych czynników zużywania się obręczy i szyn. Dla pokonania wstrząśnień wewnętrznych w parowozie zastósowano do kół roboczych przeciwciężary, w praktyce jednak wstrząśnienia te, nigdy nie mogą być całkowicie zobojętnione.

W każdym razie zastósowanie przeciwciężarów ma tę ujemną stronę, że obracające się masy tych ciężarów, wytwarzają siłę odśrodkową. Dla wykazania jéj wpływu na przyleganie (obręczy kołowych do szyn) weźmy następny przykład: Jeśli L przedstawia ciężar jednego koła roboczego, p siłę na czopie korbowym, która zwiększa przyleganie w skutek nachylenia trzonu korbowego, W wagę przeciwciężaru, r odległość jego środka ciężkości od osi, g przyśpieszenie ciążenia $= 32$, D średnicę koła roboczego, V chyżość parowozu w 1 sekundzie, a C siłę odśrodkową, to:

$$C = \frac{W}{g} V^2 \left(\frac{2r^2}{D}\right) \frac{1}{r}.$$

Dla zwykłego parowozu pośpiesznego, w którym cylindry mają wymiar 12×24, a średnica kół roboczych wynosi 5 st. 6 cali, możemy przyjąć:

$$\begin{aligned} L &= 10000 \text{ ft.} \\ W &= 175 \text{ „} \\ r &= 1{,}8 \text{ st.} \\ V &= 51{,}3 \text{ „} \end{aligned}$$

co daje prędkość 35 mil na godzinę. Wstawiając wartości te do powyższego wzoru, otrzymujemy:

$$C = 3416 \text{ ft.}$$

Jest to siła odśrodkowa, która działa w kierunku pionowym ku górze, jeśli przeciwciężar jest nad osią, i na dół, jeśli ciężar znajduje się poniżéj osi. Jeśli przystęp pary zamknięty zostanie w połowie skoku, a długość trzona tłokowego wynosi 7 stóp, to p jest równe 2379 ft., w razie jeśli czop korbowy znajduje się nad osią lub pod osią.

W pierwszym przypadku:

$$L + p + C = 15795 \text{ ft.}$$

w drugim

$$L + p - C = 8963 \text{ ft.}$$

co daje różnicę $27{,}6\%$ przeciętnego przylegania; prawdopodobnie nie jest to dostatecznem do wykazania, że obręcze nie zużywają się jednostajnie na całym obwodzie.

Siła odśrodkowa wzrasta w stosunku kwadratów chyżości, wkrótce zatém dojść można do chyżości, przy któréj nie będzie wcale przylegania na kole. Wtedy C powinno być $= L + p$, czyli:

$$V = \sqrt{\left(g \cdot \frac{L+p}{W}\right)\left(\frac{D}{2r}\right)^2 \cdot r}.$$

Po podstawieniu powyższych wartości, będzie:

$$V = 97 \text{ st.},$$

co daje prędkość 66 mil na godzinę.

Z powyższych uwag łatwo wywnioskować, że byłoby niebezpiecznie i niekorzystnie dawać o wiele większą chyżość, niż jaka jest obecnie w użyciu, ponieważ maszyna uledz może wykolejeniu, koła będą się ślizgać skoro tylko przeciwciężar będzie nad osią, a zużycie maszyny i szyn zwiększy się znacznie w skutek wstrząśnień.

Przez zastósowanie do parowozu patentowanéj maszyny Wellsa, wyszczególnione powyżéj niedogodności mogą być pokonane, jak to z łatwością daje się wykazać.

Dwa tłoki téj maszyny chodzą w przeciwne strony; oba dochodzą do maximum chyżości jednocześnie, a działając na korby pod 180^0 równoważą się wzajemnie w zupełności (Ciężar części poruszających się w jedną stronę, powinien być równym ciężarowi części odpowiednich poruszających się w stronę przeciwną). Ponieważ każda maszyna równoważy się niezależnie od drugiéj, przeto nie ma żadnych wstrząśnień, szarpań i kołysań. Pozostaje tylko tak zwane potykanie się parowozu, polegające na kolejném podnoszeniu się i opadaniu w skutek nachylenia trzonu korbowego, a który to ruch może być zobojętniony za pomocą sprężyn.

Za pomocą tego rodzaju maszyn parowych zwiększyć możemy chyżość parowozu, nie obawiając się wykolejenia lub ślizgania się kół i nie zwiększając zużycia wynikającego z wstrząśnień. Wagony będą wtedy posuwały się równiéj, bez szarpnięć i ruchów bocznych, tak nieprzyjemnych dla pasażerów przy szybkiéj jeździe. Pozostanie tylko tarcie obrotowe i uderzenia wynikające z nierówności kolei. Prawdopodobnie osiągniętą być może przytém pewna oszczędność na paliwie, lecz wysokość jéj, określić może dopiéro doświadczenie. Na zasadzie prób odbytych w Anglii z parowozami mającymi koła robocze zrównoważone, i z takimi, koła których robocze nie były zrównoważone, okazało się, że w pierwszym wypadku oszczędność wynosiła $11^0/_0$. Gdyby zrównoważenie było zupełniejszém, oszczędność okazałaby się zapewne jeszcze większą.

Widzimy daléj, że w maszynie Wellsa każdy tłok posuwa się tylko do połowy téj drogi, jaką odbywa tłok w maszynie jednotłokowéj podczas jednego obrotu korby, a zatém przy téjże saméj chyżości tłoka podwajamy liczbę obrotów korby. Tym sposobem ułatwia się ustósunkowanie średnicy kół roboczych i cylindrów i umożebnia zwiększenie liczby obrotów bez podnoszenia prędkości tłoka.

W parowozie z cylindrami Wellsa jedyne natężenie na panewki osi roboczéj (niezależnie od natężenia, które pochodzi od ciężaru spoczywającego na maźnicy), stanowi wyłącznie siła pociągowa, która jest znacznie mniéjszą, niż w zwykłych maszynach, a to dla tego, że para działa raz na obie pokrywy cylindrów, a drugi raz na tłoki tylko i wówczas żadne natężenie nie może być przeniesione z cylindrów na ramę.

W zwykłéj maszynie natężenie panewki wynosi 13333 ft., gdy korba znajduje się nad osią i 6666 ft., kiedy czop korbowy jest niżéj osi; w maszynie zaś takiéj saméj, lecz dwutłokowéj natężenie wynosi tylko 3333 ft., co stanowi samą siłę pociągową. Zmniejszając natężenie, zmniejszamy tarcie.

Umieszczenie cylindrów na zewnątrz ramy parowozu nie powinno przyczynić wiele trudności, a jedyną niedogodność stanowi powiększenie liczby trzonów korbowych, krzyżulców i tłoków. Cylindry Wellsa mogą być także używane z korzyścią do maszyn nieprzenośnych a ponieważ ruchy części przeciwległych równoważą się, przeto prędkość tłoka może być znacznie zwiększoną, a tym sposobem możemy mieć maszynę téjże siły, lecz mniéjszych wymiarów. Cylindry takie wymagają przytém lekkich tylko ram i fundamentów.

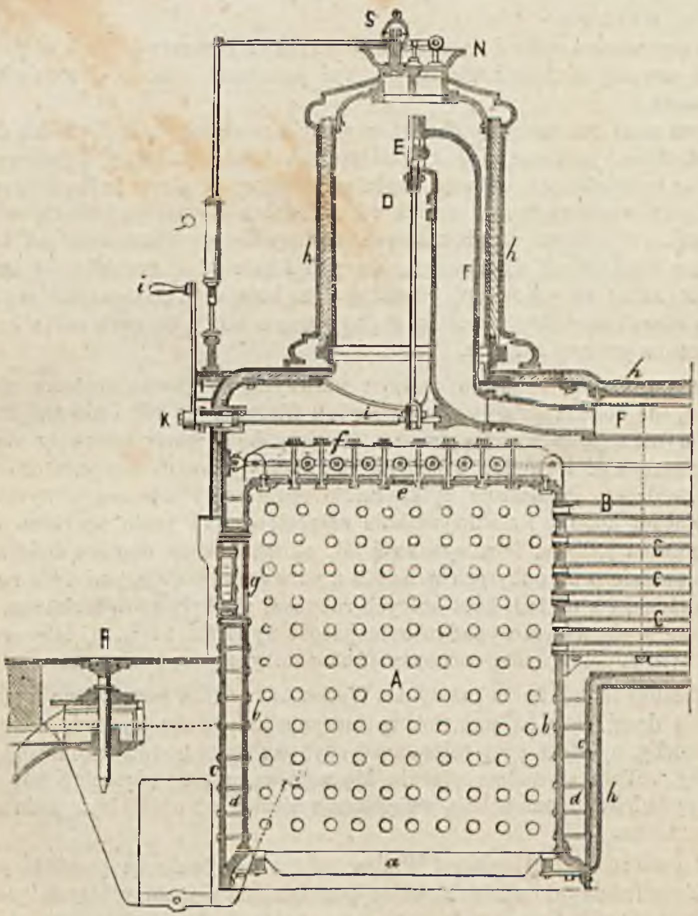


Fig. 355.

405. Forma i urządzenie kotła parowozu. Ponieważ główném zadaniem kotła parowozowego jest produkcya wielkiéj ilości pary w jak najkrótszym czasie i w jak najmniéjszéj przestrzeni, dla tego kotły tego rodzaju przy małych swoich rozmiarach, powinny posiadać bardzo wielką powierzchnię ogrzewalną.

Kocioł parowy składa się z kotła głównego cylindrowego *B B* (Fig. 355 i 356) od 10 do 14 stóp długiego, a 3 do 4 stóp średnicy; z tak zwanéj skrzyni ogniowéj czyli paleniska *A*, z dymnicy *D*, gdzie gromadzi się dym i gorące gazy, oraz z komina *E*, którym dym i gorące gazy wychodzą na zewnątrz.

Ognisko czyli palenisko buduje się z grubéj blachy, pospolicie miedzianéj, w kształcie czworokątnéj skrzyni 3 stopy szerokiéj, 3 do 4 stóp długiéj. Na

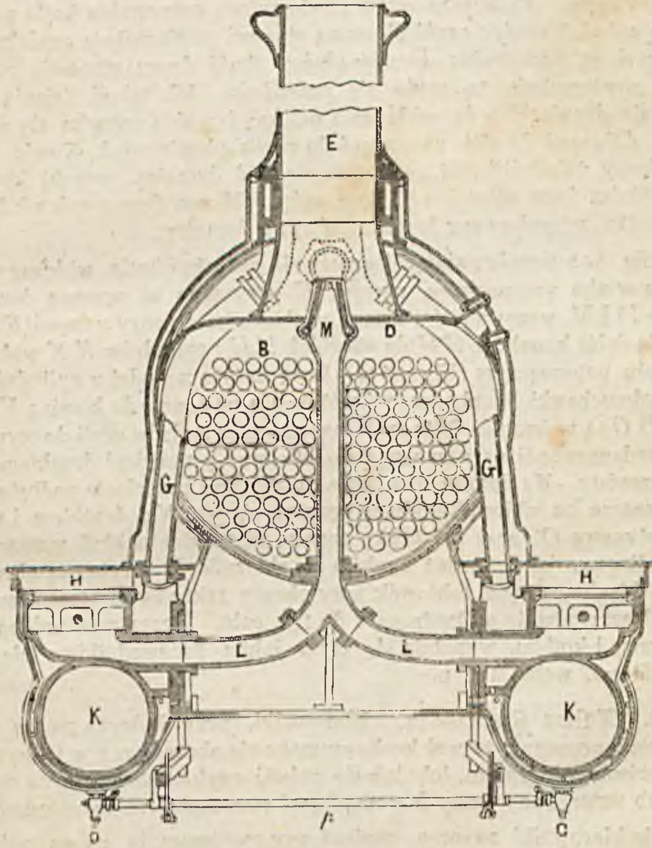


Fig. 356.

dnie owéj skrzyni znajdują się ruszta *a*, na których odbywa się palenie. Ognisko miedziane *b b* okryte jest tak zwanym *płaszczem* z blachy żelaznéj *c c* w odległości 3 cali, połączonym z ogniskiem za pomocą *tybli miedzianych* (Steifbolzen; entre-toises) *d d*, wśrubowanych w ściany płaszcza i ogniska, i oprócz tego od zewnątrz zanitowanych. Ta trzycalowa przestrzeń między ogniskiem a płaszczem, napełniona jest wodą. Podniebienie ogniska *e* wzmocnione ankrami f i pionowymi ściągaczami, pokryte być winno wodą przynajmniéj na 4 cale. Dla powiększenia powierzchni ogrzewalnéj, do skrzynki ogniowéj pionowéj, dopasowany jest kocioł cylindrowy B w kierunku poziomym, zbudowany z blachy żelaznéj albo stalowéj, obejmujący w sobie 100 do 300 rurek C, C, C..... tak zwanych *płomiennych*, mających $1\frac{1}{2}$ do 2 cali średnicy i przechodzących przez całą długość kotła. Rurki płomienne są również wodą oblane i przedstawiają znakomitą część pośredniéj powierzchni ogrzewalnéj kotła. Całkowita zatém powierzchnia ogrzewalna kotła parowego, składa się z dwóch części: część pierwszą stanowi powierzchnia ogniska i zowie się powierzchnią ogrzewalną *bezpośrednia*; część drugą stanowią rurki płomienne i powierzchnia ta zowie się *pośrednia*. W tylnéj ścianie ogniska znajdują się drzwiczki g do nakładania paliwa; dymnica zamyka się wielkiemi drzwiami, dającemi do niéj przystęp i do rurek płomiennych. Komin E znitowany z blachy żelaznéj kutéj. umieszczony nad dymnicą, wysoki jest 4 do 5 stóp, a średnica jego wynosi $1\frac{1}{2}$ do 2 stóp. Miewa formę walca lub odwróconego stożka, przynitowany jest do pokrywy dymnicy.

Na fig. 355 przedstawiającéj przeciecie podłużne kotła, widzimy zbiornik pary D, a w nim przepustnicę parową E' poruszaną za pomocą korby i K, drążków k l i l E', wprowadzającą parę ze zbiornika do rury parowéj F F która prowadzi ją daléj kanałami G G do stawideł H H i cylindrów K K widzialnych na przekroju poprzecznym (Fig. 356). Para zużyta uchodzi z cylindrów rurami L L do dmuchawki M zakończonéj stożkiem, a następnie do komina E i w powietrze. O O są to kraniki służące do parowania cylindrów czyli do wypędzenia z nich skondensowanéj pary, mogące się otwierać i zamykać drążkiem p z pokładu maszynisty. Na figurze 355 przedstawiającéj przeciecie podłużne kotła, widzimy jeszcze na zbiorniku klapę bezpieczeństwa N z drążkiem i przeciwwagą sprężynową Q, oraz świstawkę parową S, tudzież pokład maszynisty R. Kocioł podłużny, jak również ognisko i zbiornik D okryte są płaszczem h z cienkiéj blachy żelaznéj (zbiornik pary okryty także bywa blachą mosiężną), który to płaszcz odstaje od kotła na 1 do $1\frac{1}{2}$ cala. Przestrzeń próżna pomiędzy płaszczem i kotłem, wypełnia się złym jakim przewodnikiem ciepła, np. drzewem, filcem, wełną i t. p.

406. Kulisa Stefensona. Kierowniki, przy których można stawidło w ten sposób poruszać, że wał korbowy może się obracać raz w jednym, drugi raz w przeciwnym kierunku, lub jak się mówić zwykło, że maszyna postępuje naprzód lub wstecz, nazywamy *kierownikami zwrotnymi* (Umsteuerungen).

Takie kierowniki zwrotne, mające swe zastósowanie na wszystkich parowozach i statkach parowych, urządzają się w rozmaity sposób; najważniéjszymi pomiędzy nimi są te, które dają ekspansyą zmienną, to jest takie, za pomocą których można dowolnie przecinać przypływ pary do cylindra, wcześniéj albo późniéj, stósownie do tego, jak nam się podoba, czy maszyna naprzód czy téż wstecz postępuje. We wszystkich takich kierownikach, które w skutek odpowiedniego nastawienia lewaru, działać mogą z ekspansyą zmienną, odbywa się ruch stawidła, za pomocą tak zwanéj *kulisy*, która znowu przy pomocy jednego lub dwóch ekscentryków, robi ruch oscylacyjny. Tego rodzaju kierowniki zmienne, nazywają się *kierownikami kulisowymi*.

Kierowniki kulisowe należą niezaprzeczenie do najdowcipniéjszych mechanizmów ruchowych, jakie w budownictwie machin napotkać można; przez proste bowiem przestawienie drążka (lewaru), i z nim połączonych pojedyńczych części mechanizmu, nader prostego pod względem budowy, otrzymuje się przesunięcie stawidła, przez co maszyna parowa poruszać się może *naprzód* i w *tył*, z upodobanym stopniem ekspansyi. Lecz o ile prostymi są w swém działaniu kierowniki kulisowe dzisiaj używane, o tyle znów z drugiéj strony, biorąc rzecz teoretycznie, prawo podług którego stawidło, swój ruch uskutecznia, jest nadzwyczaj zawiłém [1]).

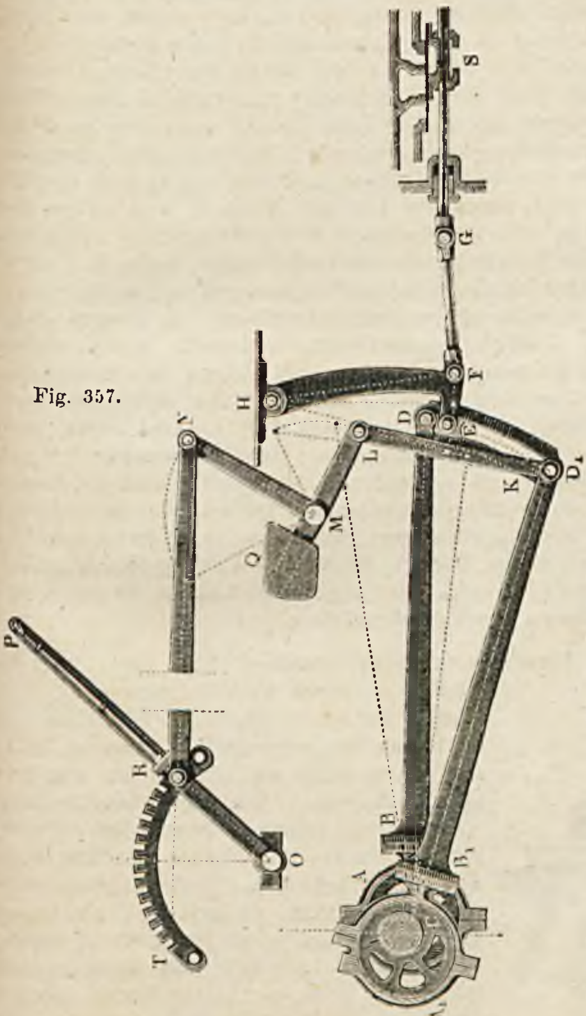


Fig. 357.

Kierownik kulisowy używany jest powszechnie na lokomotywach. Figura 357 przedstawia nam dość dokładnie jego urządzenie. Na wale C osadzone są dwa mimośrody A i A_1 z których wychodzą dwa trzony $B\ D$ i $B'\ D'$ ruchomo z kulisą $D\ D'$ połączone. Kulisa ta opatrzona jest podłużnym otworem łukowym, w którym utwierdzona jest baka czyli kamień E, po którym przesuwać się może łuk w górę i na dół; baka ta połączona jest z trzonem stawidłowym FG. Otwór kulisowy $D\ D'$ posiada kształt łuku zatoczonego promieniem równym długości trzona mimośrodu. Kulisa działa w taki sposób, iż gdy maszynista porusza lewarem PO, w prawo albo w lewo od środka grzebienia, to za pomocą prostego drążka $R\ N$ i złamanego $N\ M\ L$, kulisę $D\ D'$ opuszcza na dół lub podnosi w górę.

[1]) Obacz dzieło Zeunera: „Schiebersteuerungen."

Wtedy kulisa ślizga się po bace E, a maszynista samém tylko przesunięciem lewaru $P\ O$, może korzystać z rozmaitych punktów kulisy do przesunięcia trzona stawidłowego $F\ G$ służącéj. Rękojeść ta czyli lewar $P\ O$ przesuwa się po łuku TR opatrzonym w karby czyli zęby, i dla tego ten łuk (Sektor), nazywają nasi maszyniści *grzebieniem*. Łuk zębaty czyli grzebień, służy do zatrzymywania lewaru, w miejscach dowolnych przy pomocy rygla czyli klamki. Punkt środkowy kulisy nazywa się *punktem martwym*. Jeżeli maszynista ustawi lewar na środku grzebienia, to kulisa podniesioną będzie tak wysoko, że baka E a zatém i koniec trzona stawidłowego, wejdą w punkt środkowy kulisy; wtedy nastąpi osobliwszy ruch stawidła oraz rozdział pary, gdyż maszyna nie porusza się wcale. Jeżeli jednak maszynista opuści cokolwiek kulisę na dół, posuwając lewar w prawo, to maszyna zaraz poruszy się *naprzód*, ponieważ wtedy mimośród przodowy A, skutek swój na ruch stawidła wywierać będzie. Lecz jeżeli maszynista posunie lewar na lewo od punktu środkowego grzebienia i wzniesie tym sposobem kulisę do ostatniéj wysokości, że jéj którykolwiek punkt poniżéj punktu martwego leżący, korbę E a zatém i trzon stawidłowy poruszać będzie, w takim razie maszyna natychmiast przybierze ruch *wsteczny*, albowiem wtedy mimośród wsteczny A_1 wywiera swoje działanie na stawidło S. Pomiędzy stanowiskiem środkowém kulisy i obiema krańcowemi, ruch stawidła uskutecznia ekspansyą słabszą lub mocniejszą. Widzimy tutaj, że skutkiem obrotu wału, kulisa nie tylko wykonywa ruch oscylacyjny czyli wahadłowy, ale także posuwisty tam i nazad. Ten ruch osobliwszy udziela kulisa bace E, a tém samém i stawidłu parowemu S. Ruch kulisy jest tak zawikłany, że go z wszelką matematyczną ścisłością dotąd nie wyśledzono, i dla tego teoretycy poprzestawać tylko zwykli na rachunku przybliżonym. Prócz kierownika kulisowego Stefensona, są jeszcze kierowniki kulisowe: Goocha (Gucza), Allana, Borsiga, Heusingera Waldegg etc., różniące się tylko szczegółami pomiędzy sobą, lecz w główném zadaniu swojem i formie, kierownikowi Stefensona zupełnie odpowiadają.

407. Stawidło. Figura 358 przedstawia nam stawidło, jako téż część cylindra z trzema kanałami parowymi. Oba kanały wchodowe O_1 i O oddzielone są od kanału wychodowego O_0 ścianami $A\,A$; stawidło znajduje się właśnie na stanowisku środkowém. Widzimy tutaj, że łapy stawidłowe w takiém położeniu jak rysunek przedstawia, nie tylko dobrze zamykają oby-dwa kanały parowe, ale jeszcze sięgają po za te kanały częściami swojemi e. Części te $e\,e$ nazywają się *nakryciem zewnętrzném stawidła*. Oprócz tego łapy stawidła zakrywają także część ścian A i A na figurze literą i oznaczone; te ostatnie części nazywają się znowu *nakryciem wewnętrzném stawidła*. Wielkość zewnętrznego i wewnętrznego nakrycia i ich stosunek do szerokości kanałów O_1 O w obliczeniach ruchu stawidła, odgrywają bardzo ważną rolę, gdyż przez

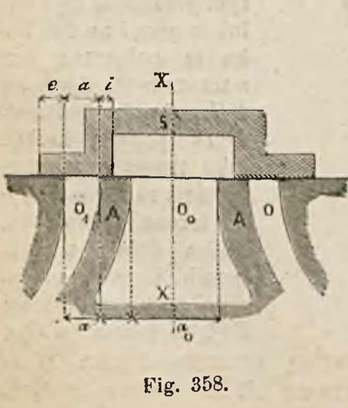


Fig. 358.

trafny wybór tych wielkości, posiadamy możność doprowadzenia ekspansyi pary do pewnéj granicy, to jest zamknięcia przypływu pary do cylindra wtedy, gdy tłok dopiero pewną część swojéj drogi przebiegł.

Przyśpieszenie stawidła w ogólności, i w jaki sposób odbywa się przyśpieszone działanie stawidła rozdawczego. Przyśpieszenie stawidła (Voreilen, avance du tiroir) i w nierozdzielnym związku będącą z niém ekspansyę pary, można otrzymać, zmieniając tylko drogę stawidła, jaką ono wykonywa w czasie biegu tłoka.

Ta zmiana drogi stawidła, wynosi zwykle $^1/_{16}$ do $^1/_4$ cala, to jest: że stawidło otworzyło już upust (kanał) wchodowy na $^1/_{16}$ do $^1/_4$ cala, nim tłok bieg swój ukończył. Pod wyrazem *przyśpieszenie* rozumiemy więc otwór jaki zrobiło stawidło, gdy tłok właśnie co swoją drogę ukończył, jak również tę okoliczność, że stawidło zamyka przypływ pary do cylindra wcześniéj, nim tłok swoją drogę ukończy. Oba te warunki otrzymamy:

1) Ustawiając mimośród na wale korbowym pod kątem rozwartym do kierunku korby, to jest aby linija przechodząca przez środek wału i środek ekscentryczny, czyniła z tą korbą kąt rozwarty, a kąt stanowiący różnicę między kątem rozwartym i prostym nazywa się *kątem przyśpieszenia* (Voreilungswinkel).

2) Tudzież dając stawidłu nakrycie (Deckung; recouvrement) to jest dając mu długość większą od podwójnéj szerokości kanałów, wraz z odległością pomiędzy tymi otworami, i ta większa długość nazywa się znowu długością przyśpieszenia, czyli *przyśpieszeniem linijném* (Voreilungslänge). Daje się zwykle nakrycie wewnętrzne i zewnętrzne, t. j. przedłuża się powierzchnię nakrycia szybra na zewnątrz przez przedłużenie łap, a na wewnątrz przez wzmocnienie grubości ścian w przestrzeni próżnéj, zwanéj także przestrzenią *muszlową* albo *ceową*. Takimi jednak środkami, można tylko otrzymywać ekspansyę stałą, ponieważ raz ustawiony mimośród i stała długość stawidła, zmieniać się więcéj nie dadzą.

Ekspansyę zmienną, otrzymuje się właściwie tylko przez przesuwanie kulisy, za pomocą któréj zmieniać można drogę, oraz stopień przyśpieszenia stawidła parowego; a maszynista ze swego pokładu, posuwając tylko drążek czyli lewar kierownika na grzebieniu naprzód lub w tył, może zmieniać dowolnie, to jest do swego upodobania, ekspansyą w cylindrze parowym.

Ekspansyi zmiennéj, otrzymanéj przyśpieszeniem i nakryciem z pomocą jednego stawidła, używa się zwykle na parowozach pośpiesznych czyli osobowych.

Figura 359 przedstawia nam cztery rozmaite stanowiska stawidła. Na wszystkich stanowiskach, A oznacza wał korbowy, AD korbę, d środek tarczy ekscentrycznéj, poruszającéj stawidło; zatém Ad mimośrodkowość równą podwójnemu skokowi stawidła, df trzon mimośrodowy, połączony w punkcie f z trzonem stawidłowym. Z powodu oszczędności miejsca, tak korba jak i trzon df etc. na rysunku krótszemi są jakby być powinny. Należy sobie wyobrazić, że wał korbowy powinien być równoległym od płaszczyzny przechodzącéj przez liniję pionową yz.

W pozycyi 1-éj korba *D* znajduje się w punkcie martwym, zatém tłok parowy w końcu swego skoku. W takiém położeniu powinno już stawidło wpuszczać świeżą parę otworem *ab* do cylindra, a przeciwną parę otworem *a' b'* z cylindra wpuszczać. Stosunek zachodzący między szerokością tego otworu, a całym otworem, powinien być następujący:

$$\text{dla wpuszczania pary: } \frac{ab}{ac} = {}^1/_{60} \text{ do } {}^1/_{40}.$$

$$\text{dla wypuszczania pary: } \frac{a'b'}{a'c'} = {}^1/_{15} \text{ do } {}^1/_{20}.$$

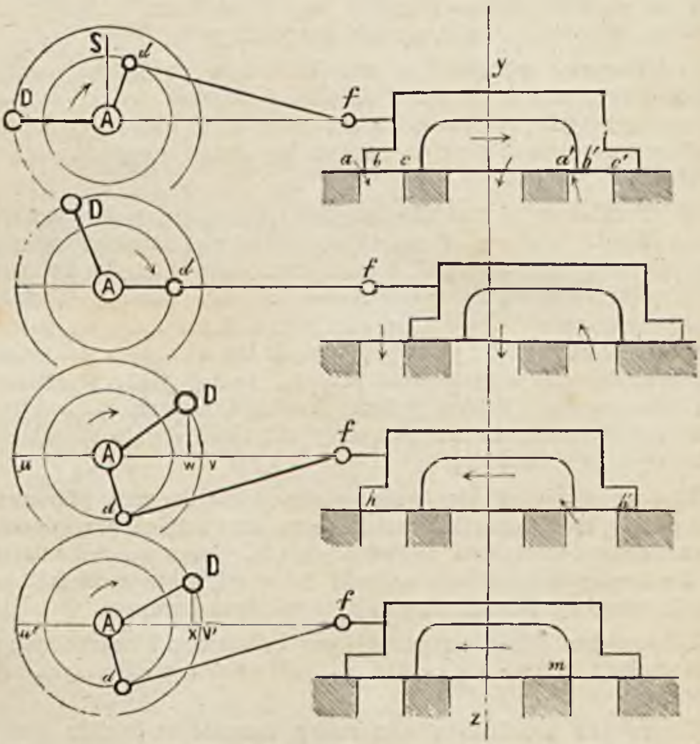


Fig. 359.

Wypadki te osiągniemy wtedy, gdy kąt *D A d* (pozycya pierwsza) jest rozwarty. Jeżeli poprowadzimy linię *S A* prostopadłą do *A D*, to kąt *S A d* będzie *kątem przyśpieszenia*. W miarę jak stawidło upusty parowe *a c* i *a' c'* na zewnątrz mniéj albo więcéj zakrywa, będzie kąt przyśpieszenia większym albo mniéjszym. Zwyczajnie jego wielkość wynosi 10 do 30 stopni.

Obracając korbę, aby przybrała położenie, jak pozycya druga wskazuje, to *d* wchodzi na punkt martwy, a stawidło znajduje się wtedy na prawo w położeniu swojém najdalszém. Widzimy tutaj jak szybko przy tym obrocie otwierają się upusty *a c* i *a' c'*.

Obracając korbę dalej w pozycyą trzecią, to stawidło posuwać się będzie w kierunku przeciwnym zwężając coraz to więcej kanały parowe. Stawidło jest tu przedstawione w takiem położeniu, że para przy *h* przestaje wpływać do kanału. Poprowadźmy prostopadłą *D w* do *u v* i uważajmy *u v* za skok tłoka parowego, to para wpływać będzie do cylindra, kiedy tłok drogę *u w* przebiega. Podczas drogi *w v*, para się rozszerza i działa w skutek ekspansyi. Zatém stosunek *w v* do *u v* jest stosunkiem ekspansyi. W téj pozycyi wynosi on 1 : 11. Można cokolwiek ekspansyą zwiększyć, zwiększając nakrycie zewnętrzne stawidła, to jest odległość *h h'*.

Obracając korbę dalej w położenie czwarte, zamkniemy zupełnie otwór przy *m*. Spuszczając prostopadłą *D x* na *u' v'* i biorąc *u' v'* za skok tłoka, to *x v'* będzie drogą, w której przeciw-para, która z cylindra umknąć nie zdołała, na *ściśnienie* czyli *kompressyą* zostaje wystawioną. Droga ta powinna być zawsze małą, aby prężenie pary w ten sposób ściśnionej nie było wielkiem. W pozycyi téj stosunek tego ściśnienia *x v'* : *u v'*, ma się jak 1 : 17.

Aby się przekonać czy przy pewnéj konstrukcyi stawidła, wpływanie i wypływanie pary odbywa się należycie, nie koniecznie potrzeba rysować wszystkie pozycye stawidła i wału korbowego. Wycina się tylko stawidło z grubego papieru, obraca się korbę z jednego położenia w drugie, posuwa się stawidło cyrklem drążkowym na odpowiednią odległość i uważa się stanowisko stawidła do kanałów parowych. Przy maszynach ekspansyjnych, można w tenże sam sposób próbować stanowiska i ruch stawideł ekspansyjnych.

Z kolei należałoby jeszcze w tym rozdziale opisać maszyny kaloryczne czyli cieplikowe, oraz maszyny gazowe, poruszane gazem oświetlającym (§ 394 str. 480), lecz nie chcąc powiększać objętości książki, już i tak nad program zwiększonej i ze względu że maszyny tego rodzaju mają jeszcze małe zastósowanie w przemyśle, nie opisujemy ich tutaj, ale odsyłamy czytelnika do dzieła *J. Pietraszka* wydanego w Warszawie w r. 1873, pod tytułem: „Przewodnik dla maszynistów na drogach żelaznych“ gdzie maszyny te szczegółowo są traktowane.

408. Tablice potrzebne przy budowie nowych maszyn parowych[1]).

[1]) Obacz: „Resultate für den Maschinenbau“ Redtenbachera, str. 229.

Tablica 1. Maszyny parowe bez ekspansyi.

Liczba koni par.	Chyżość tłoka	Powierz. tłoka na konia p.	Średnica cylindra	Długość skoku	Liczba obrotów w min.	Ilość pary na konia w 1 godz.	Ilość węgla na konia w god.
Ciśnienie w cylindrze 4,5 atmosfer. Bez kondensacyi							
	cent.	cent.□	cent.	cent.		kilogr.	kilogr.
1/2	80	50	5,7	18	133	40,3	5,71
1	80	42	7,3	20	120	32,1	4,60
2	90	37	9,7	25	108	30,0	4,30
3	90	36	11,8	30	90	29,5	4,22
4	100	32	12,5	35	86	29,0	4,15
6	100	30	15,2	35	86	28,5	4,07
8	110	26	16,3	40	82	28,0	4,00
10	110	25	18,0	45	73	27,5	3,93
15	120	23	21,0	50	72	27,0	3,86
20	130	22	23,8	60	65	26,5	3,80
30	140	20	27,7	65	65	26,0	3,72
Ciśnienie w cylindrze 1,1 atm. maszyna Watta z kondensacyą							
25	120	92	54,2	100	36	26,2	3,76
30	120	91	59,0	110	33	26,0	3,72
40	125	87	66,6	125	30	25,8	3,70
50	130	85	73,7	140	28	25,6	3,66
60	130	83	79,7	150	26	25,4	3,63
70	135	82	85,6	160	25	25,2	3,60
80	135	80	90,3	180	23	25,0	3,57
100	140	78	99,8	200	21	24,8	3,55
130	140	76	112,4	220	20	24,5	3,50
160	145	75	123,9	240	18	24,2	3,46
200	145	74	137,2	250	17	24,0	3,44

Tablica 2. Maszyny wysokiego ciśnienia z ekspansyą i kondensacyą.

Liczba koni par.	Chyżość tłoka	Powierz. tłoka na konia p.	Średnica cylindra	Wysok. skoku	Liczba obrotów w min.	Ilość pary na konia par. w g.	Ilość węgla na konia p. w g.
Ciśnienie w cylindrze 4,5 atmosfery; ekspansya 4-krotna.							
	cent.	cent.□	cent.	cent.		kilogr.	kilogr.
0,5	80	100	8	20	120	24,0	3,43
1	80	95	11	24	100	22,0	3,15
2	95	85	14,8	30	95	20,3	2,90
3	100	77	16,8	35	86	19,5	2,80
4	100	75	19,6	40	75	19,0	2,72
6	110	70	23,2	45	73	18,5	2,65
8	110	67	26,0	50	66	18,2	2,60
10	110	65	28,8	60	55	18,0	2,58
12	110	63	30,8	65	51	17,8	2,55
15	115	61	34,2	70	49,3	17,6	2,52
20	115	59	38,8	80	43	17,5	2,50
25	120	57	42,6	85	42	17,4	2,50
30	125	55	45,9	90	41,7	17,3	2,47
35	130	53	48,3	95	41	17,2	2,46
40	130	52	51,5	100	39	17,1	2,45
45	130	50	53,5	100	39	17,0	2,43
50	135	47	54,8	110	37	16,8	2,40
60	135	45	58,7	110	37	16,6	2,38
70	140	44	62,7	120	35	16,4	2,35
80	140	43	66,2	130	32,3	16,2	2,33
90	150	42	69,4	140	32	16,1	2,31
100	150	42	73,2	150	30	16,0	2,30
150	150	42	89,5	160	28	15,8	2,30

Tab. 3. Maszyny średniego ciśnienia z ekspansyą i kondensacyą.

Ciśnienie w cylin. 3,5 atmosfer; ekspansya 6-krotna.

Liczba koni par.	Chyżość tłoka	Powierz. tłoka na konia p.	Średnica cylindra	Wysok. skoku	Liczba obrotów w minucie	Ilość pary na konia w g.	Ilość węgla na konia w g.
	cent.	cent.□	cent.	cent.		kilogr.	kilogr.
4	90	110	23,7	45	60	14,0	2,10
6	100	100	27,7	50	60	13,7	2,05
8	100	95	31,1	55	54,5	13,5	2,00
10	110	85	32,9	60	55	13,3	1,95
12	110	84	33,2	70	47,1	13,2	1,92
14	110	82	37,0	70	47,1	13,0	1,90
16	120	76	39,3	80	45	12,8	1,88
18	120	74	41,2	80	45	12,6	1,85
20	120	72	42,3	85	42,4	12,4	1,82
24	125	68	45,6	90	41,6	12,2	1,80
28	125	67	48,9	100	37,5	12,1	1,76
32	125	67	52,3	100	37,5	12,0	1,74
36	130	63	53,7	100	36	11,9	1,70
40	130	62	56,2	110	35,5	11,8	1,70
45	135	60	58,7	120	33,7	11,7	1,68
50	135	59	61,3	120	33,7	11,6	1,67
55	135	59	64,3	125	32,4	11,5	1,65
60	140	57	66,0	130	32,3	11,4	1,63
70	140	57	71,3	140	30	11,3	1,62
80	140	57	76,2	150	28	11,3	1,62
90	145	55	79,4	160	27	11,2	1,60
100	145	55	83,7	160	27	11,2	1,60
150	150	53	100,0	200	22,5	11,2	1,60

Tablica 4. Maszyna parowa Woolfa z 2-ma cylindrami.

Ciśnienie pary w cylindrze 3,5 atmosfer; ekspansya 5,83 krotna.

Liczba koni par.	Chyżość mniejszego tłoka	Chyżość większego tłoka	Powierz. mniejszego tłoka na konia	Średnica mniejszego cylind.	Średnica większego cylind.	Skok małego cyl.	Liczba obrotów w minucie	Ilość pary na konia w godzinie	Ilość węgla na konia w god.
	cent.	cent.	cent.□	cent.	cent.	cent.		kil.	kil.
18	78	104	36	28,8	49,1	81	28,9	15,5	2,21
20	81	108	34	29,5	50,3	87	27,8	15,0	2,14
24	81	108	32	31,3	53,4	93	26,1	14,6	2,09
28	84	112	30	32,8	56,0	99	25,5	14,3	2,04
32	84	112	29	34,4	58,7	102	24,7	14,0	2,00
36	87	116	28	35,9	61,2	108	24,2	13,7	1,96
40	87	116	27	37,1	63,3	114	22,9	13,4	1,91
45	90	120	25	37,9	64,6	120	22,5	13,1	1,87
50	93	124	24	39,1	66,7	126	21,1	12,8	1,83
55	96	128	23	40,2	68,6	132	21,8	12,5	1,79
60	96	128	23	42,0	71,7	135	21,3	12,3	1,76
70	99	132	22	44,3	75,6	141	24,1	12,1	1,73
80	99	132	22	47,8	81,5	147	20,2	12,0	1,71
90	102	136	21	49,1	83,8	153	20,0	11,9	1,70
100	105	140	20	50,5	86,3	159	19,8	11,7	1,70
110	105	140	20	53,0	90,4	159	19,5	11,7	1,69
120	108	144	20	55,3	94,0	160	20,2	11,6	1,68
140	112	152	19	58,2	99,0	165	20,8	11,6	1,67
160	120	160	19	62,3	106,0	170	21,2	11,6	1,66
180	123	164	19	66,0	112,0	170	21,7	11,5	1,66
200	126	168	19	69,6	118,3	180	21,0	11,5	1,65
250	129	172	18	75,7	128,7	180	21,5	11,5	1,65
300	129	172	18	83,0	141,0	190	20,4	11,5	1,65

ROZDZIAŁ XVII.

WIATRAKI I SIŁY ZWIERZĘCE.

409. Historya wiatraków. Nie znane jest nazwisko wynalazcy wiatraków, a nawet nie wiemy czy były utworem Europejczyków, czy téż rycerze krzyżowi przynieśli ten wynalazek z sobą z Azyi do Europy. Jedynym dokumentem, świadczącym o istnieniu bardzo dawném wiatraków w Europie, jest dyplom z r. 1105 odkryty przez Mabillona, mocą którego udzieloném zostało pozwolenie pewnemu klasztorowi we Francyi na zbudowanie młynów wodnych i wiatrowych.

W Anglii znajdujemy już wiatraki przed r. 1143. W dwunastym wieku upowszechniły się wiatraki, a duchowieństwo z polecenia papieża Celestyna III. pobierało z nich dziesięcinę.

W r. 1332 Bartłomiéj Verde doradza Wenecyanom budować młyny wiatrowe; a w r. 1393 miasto Spira (Speyer) zbudowało sobie wiatrak holenderski, przez mechanika z Holandyi sprowadzonego. Ale dopiero *Parent* akademik francuzki, znany z historyi kół wodnych i *Maclaurin*, w swojém dziele wydaném w r. 1742 pod tytułem: „Treatise on fluxions" podali naukowe zasady budowania wiatraków.

Bardzo ważnemi są doświadczenia *Smeatona* dokonane w roku 1759 w obec towarzystwa naukowego w Londynie. Rezultaty owych prób stwierdza następnie teorya *Maclaurina* i *Eulera*, z któréj wypływa, że powierzchnie skrzydeł ukośne, dają większy skutek od płaskich.

Bardzo ważne doświadczenia dokonał *Coulomb* na wielkich wiatrakach około Lille ustawionych. Młyny te na sposób holenderski zbudowane, miały długość skrzydeł (średnicę) $24{,}680^m$ i jednakową szerokość $1{,}951^m$, przyczém pierwsza szprosa w odległości $1{,}95^m$ od osi obrotu miała nachylenie do kierunku wiatru 60 stopni, a ostatnia 78 do 84 stopni; powierzchnia skrzydeł wystawionych na działanie wiatru, wynosiła 81,12 metrów kwadratowych.

Z jego doświadczeń okazuje się, że przy dobrze urządzonych skrzydłach, stosunek pomiędzy chyżością wiatru na sekundę $= V$, a liczba obrotów skrzydeł $= U$ w minucie, jest prawie ilością stałą, a mianowicie dla skrzydeł powyższéj długości w miarach metrycznych, około:

$$\frac{V}{U} = 0{,}521, \text{ lub } U = 1{,}92.\ V.$$

Coulomb również się przekonał, że przy chyżości wiatru $V = 4{,}222^m$, skrzydła o promieniu 12 metrów, robiły w minucie $U = 8$ obrotów.

zkąd wypływa . . . . $\frac{V}{U} = 0{,}52786$

daléj przy chyżości $V = 6{,}496^m$ (20 stóp paryz.) $U = 13$ $\frac{V}{U} = 0{,}49975$

przy $V = 9{,}094^m$ (28 stop paryz.) . . . . . $U = 17$ $\frac{V}{U} = 0{,}53503.$

Zatém w miarach metrycznych wartość średnia . $\frac{V}{U} = 0{,}52088.$

Podług *Buscha*: „Handbuch der Erfindungen,“ w r. 1780 niejaki *Doinet* zbudował w Paryżu wiatrak opatrzony 8 skrzydłami, który się sam podawał za wiatrem. W „Recueil des Machines avant 1699,“ w tomie 1, nr. 31, pod napisem: „młyn horyzontalny na sposób polski urządzony“ znajduje się opis dokładny z rysunkiem; co nas przekonywa, że i Polacy od bardzo dawna zajmowali się budową wiatraków, a nawet budowali je podług własnego systemu.

W nowszych czasach teorya wiatraków, nie uczyniła żadnego postępu, z powodu że i teorya siły wiatru nie posunęła się naprzód. *Coriolis* starał się formuły Eulera racyonalniéjszemi uczynić, zwracając głównie na to uwagę, że za każdém skrzydłem w ruchu będącém, tworzy się przestrzeń mniéj więcéj próżna, przez co zwiększa się nieco siła uderzająca wiatru.

Jeszcze ogólniéj od Coriolisa traktował *Weisbach* teoryą wiatraków, w dziele swojém: „Handbuch der Bergmaschinenmechanik“ (tom 2-gi, Lipsk, 1836); uważa on skrzydła wiatrakowe nie za prostokąty ale za trapezy i te ostatnie do rachunku wprowadza.

Nakoniec należy tu wspomnieć o broszurce *Zernikowa* profesora w Erfurcie, wydanéj w roku 1854, pod tytułem: „Theorie des Windstosses, nebst Anwendung auf Windflugel und Schiffssegel.“

W przedmowie do swéj pracy powiada autor co następuje:

„Pomiędzy mechanicznemi siłami, siła muskularna, siła pary, wody i wiatru, największe mają zastósowanie w przemyśle. Teorya trzech pierwszych sił jest dokładnie znaną, z teoryą zaś siły wiatru ma się rzecz inaczéj. W znanych nam dotąd teoryach o sile wiatru, pomijaną jest jego sprężystość, która stanowi jego najwydatniejszą fizyczną cechę, otrzymane więc dotąd wypadki, bardzo mało zgadzają się z doświadczeniem. Teorya moja uwzględnia sprężystość wiatru i dla tego bardzo dobrze zgadza się z doświadczeniem.„ Rozprawa Zernikowa rozpada się na 3 części, to jest na teoryę uderzenia wiatru w ogóle, uderzenia wiatru na skrzydła wiatraków i uderzenia wiatru na żagle okrętów.

Broszurka, zasługuje na uwagę miłujących naukę techników.

410. Zasady budowy wiatraków podług Redtenbachera. Niechaj wyrażają:

V chyżość wiatru w metrach;

n najkorzystniéjsza liczba obrotów wiatraka, odpowiadająca chyżości V;

O powierzchnia jednego z 4-ch skrzydeł wiatraka;

α kąt jaki szprosa oddalona o r od osi obrotu czynić powinna z kierunkiem wiatru;

N maximum skutku użytecznego w koniach parowych.

Dla wyrażenia powyższych wartości, otrzymano następujące wypadki:

a) Najkorzystniéjsza liczba obrotów skrzydeł w minucie czasu:

$$n = 1{,}85 .\ V.$$

b) Najkorzystniéjsze stanowisko szprosy:

$$\text{sty}\ \alpha = 0{,}29\ r + \sqrt{0{,}084\ r^2 + 2}\ .$$

To równanie daje następujące wypadki:

$r =$	1^m	2^m	3^m	4^m	5^m	6^m
$\alpha =$	60^0	$64^0 + 39'$	$68^0 + 27'$	$71^0 + 30'$	$73^0 + 57'$	$75^0 + 24'$
$r =$	7^m	8^m	9^m	10^m	11^m	12^m
$\alpha =$	$77^0 + 29'$	$78^0 + 48'$	$79^0 + 50'$	$80^0 + 44'$	$81^0 + 29'$	$82^0 + 8'$.

c) Skutek koła wiatrowego w koniach parowych:

$$N = \frac{O.\ V^3}{577}\ .$$

Przeważnie panujące wiatry w wielu okolicach posiadają chyżość $V = 6$ do 7 metrów, dla takiéj więc chyżości należy wiatrak urządzić. Wymiary skrzydeł przy wiatrakach większych i konstrukcyi lepszéj, są następujące:

Odległość najbliższéj szprosy od osi . . . . . . $= 2^m$
Odległość ostatniéj szprosy od osi . . . . $= 10^m$
Powierzchnia jednego skrzydła . . . . $= 16^m$

będzie zatém:

Kąt między najbliższą szprosą i kierunkiem wiatru $= 64^0 + 39'$
„ „ ostatnią „ „ „ $= 80^0 + 44'$

Liczba obrotów skrzydeł w 1′ { dla $V = 6$ . . $n = 11{,}2$
dla $V = 7$ . . $n = 12{,}9$

Skutek w koniach parowych { dla $V = 6$. $N = 6$
dla $V = 7$. $N = 9{,}5$.

411. Siły zwierzęce. Aby obliczyć skutek pracy ludzi albo zwierząt, jaką wykonać są w stanie bez szkody dla swego zdrowia, należy pewien opór K kilogr. jaki pokonywają rozmnożyć przez pewną chyżość C metrów na 1″ w czasie T godzin (mieszczących się w 24 godzinach), a ten największy dzienny skutek W wyniesie 3600 $K.\ C.\ T.$ kilogrammetrów, czyli że będzie:

$$W = 3600\ K.\ C.\ T.\ \text{kilogrammetrów.}$$

Najkorzystniéjsze wartości dla K, C, T zależnemi są częścią od indywiduum wykonywującego pracę, częścią od rodzaju pracy i zestawione są w następującéj tablicy dla indywiduów o średniéj sile i dla rozmaitych rodzajów zajęcia. Przyczém dzienny średni czas pracy T przyjęty został na 8 godzin.

Indywiduum	Ciężar	Maszyna	K.	C.	K. C.
	kilogr.		kil.	metr.	kilogr. metr.
Człowiek .	70	bez maszyny	14	0,8	11
		przy drągu	5	1,1	5,5
		przy korbie	8	0,8	6,4
		przy maneżu	12	0,6	7,2
		na deptaku	12	0,7	8,4
Koń . . .	280	bez maszyny	56	1,3	73
		w maneżu	44	0,9	40
Wół . . .	280	bez maszyny	60	0,8	48
		w maneżu	65	0,6	39
Muł . . .	234	bez maszyny	47	1,1	52
		w maneżu	30	0,9	27
Osioł . .	168	bez maszyny	37	0,8	30
		w maneżu	14	0,8	11

Jeżeli dzienny czas pracy wynosi Z godzin, i jeżeli ta praca odbywa się w każdej sekundzie przy chyżości V metrów, to znajdziemy opór podług *Gerstnera* jaki żywy motor ma do pokonania z następującego równania:

$$P = (2 - \frac{V}{C})\ (2 - \frac{Z}{T})\ K,$$

a zatém dzienny skutek będzie:

$$W = 3600\ P.\ V.\ Z.$$

Jeżeli praca odbywa się ze średnią chyżością C i w krótkich przedziałach czasu, po których wypoczynek następuje, wtedy należy $V = C$ i $Z = O$ wprowadzić do rachunku, a wtedy opór wyniesie:

$$P = 2.\ K. \text{ kilogramów.}$$

Dla znalezienia zaś największego oporu, który tylko z małą chyżością i w ciągu dnia tylko w bardzo krótkim czasie pokonany być może, należy uczynić $V = O$ i $Z = O$, a otrzymamy:

$$P_{\max} = 4.\ K.$$

ROZDZIAŁ XVIII.

ŚRODKI TRANSPORTOWE NA WODZIE I LĄDZIE.

412. Parostatki. Początek teoryi zanurzania się ciał w płynach, winni jesteśmy największemu matematykowi starożytności *Archimedesowi* żyjącemu w Syrakuzie na półtrzecia wieku przed Chrystusem. Złota korona sporządzona dla bogini przez jakiegoś rzemieślnika, obudziła w panującym podejrzenie, jakoby sfałszowaną była. Do wydania sądu, wezwano Archimedesa, najsławniéjszego wówczas uczonego. Prosty wypadek, że jego ciało, gdy był w kąpieli, unosiło się w wodzie, doprowadziło go do jednego z najważniejszych wynalazków. Zdawało mu się że ze straty ciężaru ciała zanurzonego w wodzie, można wnioskować o jego gęstości, a tém samém o naturze rozmaitych ciał gęstych, nawet kiedy te są z innemi w połączeniu. Mniemanie to jego nie było mylném, bo dzisiaj jeszcze tego używamy sposobu, do ocenienia stosunku pomieszania ze sobą metali, do odróżnienia złota, z tombakiem, miedzią, srebrem, cyną i ołowiem pomięszanego. Mineralog używa jeszcze dziś owéj metody, do określenia natury badanego minerału, ma się rozumieć nie bez niektórych wyjątków. Warunki równowagi pływających ciał, zależne są od stosunku sił na nie działających. Ciężar stałego ciała, w środku ciężkości w wyobraźni zjednoczony, może tylko działać spadając i w kierunku spadania; oddziaływanie zaś płynu, które dzieje się skutkiem w górę wywartego ciśnienia wszystkich cząstek pod témże ciałem będących, przeciwne jest kierunkowi spadania i równe ciężarowi wody, przez ciało pływające wypchniętéj. Równowaga więc ciała pływającego, ma miejsce tylko wtedy, gdy parcie do góry, przezwycięża parcie na dół, i gdy środek ciężkości ciała pływającego, znajduje się na linii pionowéj, pod środkiem ciężkości wypartego płynu. Równowaga o tyle będzie pewniéjszą i stateczniéjszą, im głębiej ten środek ciężkości leży.

Przy budowie zatém i obciążaniu statków i okrętów, najważniéjszą jest rzeczą, dokładnie oznaczyć środek ciężkości i ballast, którym się spodnią część statku obciąża, bo od tych warunków zawisło bezpieczeństwo i głębsze zanurzanie się statku. Ciężar którym obładowujemy statek, stósowanym być musi do ciężaru wypchniętéj wody, a zatém nie tylko do objętości statku, ale także do natury i gęstości wody. Na wodach słonych, a zatém gęstszych, jak np. morskich, daleko więcéj można ładować na statki, niż kiedy te kursują po rzekach. Statek np. 5000 stóp sześciennych objemu mający, na który ładuje się 3200 centnarów, kiedy kursuje po morzu; zaś kiedy kursuje po rzekach można obciążyć tylko 3100 centnarami.

Co do formy zewnętrznéj można statki podzielić na 2 klasy; do pierwszéj należą statki do małych podróży i na wodach płytkich; do drugiéj wszystkie inne do wielkich podróży morskich przeznaczone.

Zwracając się do statków kategoryi pierwszéj, widzimy, że takowe u wszystkich narodów przeznaczone są do handlu i transportu osób na rzekach i pobrzeżach morskich. Ponieważ zaś klimat, rodzaj wód, rzek i pobrzeży, jak również produktów, nie jest wszędzie jeden, dla tego statki nie budują się podług jednych, tych samych prawideł, ale owszem różnią się pomiędzy sobą formą, według rozmaitych okoliczności.

Przypatrując się zaś statkom klasy 2-giéj, których przeznaczenie jest jednakowe u wszystkich narodów, widzimy, iż budują się znowu prawie podług jednakowych zasad, z tą jednak różnicą, że statki przeznaczone pod ładunki, pod liniją zanurzenia mają daleko większe rozmiary, od tych, które pasażerów przewożą i których zadaniem jest szybka żegluga. Statki téj ostatniéj klasy używają się tak do handlu jako i do wojen morskich; w pierwszym razie większa część wewnętrznéj przestrzeni służy do pomieszczenia towarów, a reszta jest rzeczą uboczną; w okrętach zaś wojennych, zwraca się główną uwagę na odpowiednie celowi rozlokowanie dział i ludzi do ich obsługi potrzebnych. Ale jakkolwiek rozmaite być może przeznaczenie statków, winny zawsze następującym odpowiadać warunkom, t. j. powinny zalecać się *obszernością*, *szybkością*, *stałością* i *mocą*, a wedle stosunku w jakim tym warunkom zadosyć uczyniono, zwykło się oceniać dobre lub złe przymioty statków.

Obszerność statku polega na tém, ażeby stosunkowo do swoich rozmiarów, odpowiednią ilość ładunku mógł pomieścić i zanurzał się do pewnéj głębokości. Dla osiągnięcia *szybkości*, powinna forma statku być taką, aby od wody doznawała jak najmniéjszego oporu; ponieważ zaś największe przekroje główną podstawę bezpośredniego oporu stanowią, przeto należy je o ile się da do minimum redukować, a przytém części przodowéj postać klina dawać, ażeby wodę przerzynała z łatwością.

Stałość statku polega na tém, aby siłą gwałtownego wiatru lub rozhukanych bałwanów wodnych, pochylony na bok, mógł znowu sam przez się wrócić do pierwotnego swego położenia.

Moc należy już więcéj do części praktycznéj budownictwa statków i polega na jak najskrupulatniéjszém powiązaniu pojedyńczych części z sobą, ażeby statek mógł bezpiecznie opierać się gwałtownym wiatrom, bałwanom, uderzeniom o zawał, lub téż nakoniec uderzeniom jednego statku o drugi.

Te wszystkie tutaj wyszczególnione warunki, nie dadzą się w równym stopniu w jednym statku zastósować; gdyż osiągnąwszy większą ładowność, musieliśmy statkowi, większe nadać rozmiary; ale statek mieć także powinien odpowiednią chyżość, co znów pierwszemu warunkowi na przeszkodzie stoi. W nowszych czasach potrafiono nareszcie te dwa warunki połączyć ze sobą, budując nadzwyczajnie długie statki, wszakże pominięto znów inne, również bardzo ważne przymioty.

Budownictwo statków dzieli się na dwie części, to jest na *teoretyczną* i *praktyczną*. Część *teoretyczna* naucza, stósownie do przeznaczenia statku, nadawać mu najkorzystniéjsze formy i przymioty i takowe w rysunku przedstawić; część ta spoczywa na prawach mechaniki i hydrauliki, o ile te nauki mają związek z ruchem i równowagą, oraz na pewnikach zaczerpniętych z doświadczenia. Część znowu *praktyczna* naucza, jak należy łączyć z sobą pojedyncze części, dla utworzenia całości, podług danego rysunku.

Aby formę statku oznaczyć, potrzeba do tego trzech głównych przekrojów. Pierwszy przekrój robi się pionowy, przez długość całego statku i dzieli się go na dwie równe części; drugi przekrój poziomy, po nad płaszczyzną wodną do któréj się statek zanurza, a trzeci jest przekrojem poprzecznym pionowym, podług największéj szerokości statku, prostopadle do płaszczyzny wodnéj.

Z pomocą tych trzech przekrojów, jesteśmy w możności, rozmaite kształty nadawać statkom.

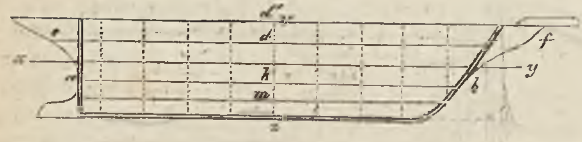


Fig. 360

Na pierwszym przekroju (Figura 360) prócz danéj głębokości i długości statku widzimy: długość spodu statku, tył *a* i przód *b*. Linija *d* pokazuje nam kształt pokładu; *d'* pokazuje kształt burty opasującéj statek; *e* jest tyłem statku, przez który zasadza się ster *i*; *f* dziób (galion) statku, na którym umieszcza się drąg kotwiczny. W ogólności w tym przekroju należy wszystko pokazać, co w widoku bocznym widzieć można. Linija *xy* wyobraża przypuszczalne zanurzanie się statku, a zatém płaszczyzna podług któréj zrobiony jest drugi przekrój poziomy (Fig. 361); daléj *vz* miéjsce największéj szerokości statku, przez które zrobiliśmy 3-ci przekrój (Fig. 362).

Fig. 361.

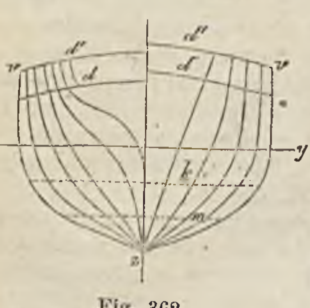


Fig. 362.

W drugim poziomym przekroju, albo planie linij wodnych (Fig. 361) nakreślona jest pewna liczba linij przez płaszczyzny poziome wody na bokach statku utworzonych, począwszy od spodu aż do płaszczyzny zanurzenia się jego. Wystawiwszy sobie w pierwszym przekroju więcéj takich linij jak *k*, *m*, przy różnych zanurzeniach statku, będziemy je mogli łatwo na drugiém przecięciu w naturalnéj postaci nakreślić. Na figurze 361 widzimy jeszcze kształt pokładu i burty.

Na figurze 362, czyli na rysunku *wręgów* albo *żeber* (Wrangen, cornières), przedstawia się forma statku podług linii *v z*, jako największéj jego szerokości; *xy* jest tu znowu liniją wodną. Na podobieństwo największego poprzecznego przekroju, podług którego linija krzywa *v z v* wypadła, możemy sobie więcéj takich płaszczyzn pionowych poprowadzić, z pomocą których, oraz przy pomocy linij wodnych na Figurze 361 wykreślić możemy wszystkie krzywizny dla statku, podług których dopiero robią się wręgi z kątowego żelaza. Nadmienia się tutaj, że linije po lewéj stronie są przekrojami pionowymi za największą sekcyą poprzeczną *vz*, linije zaś po prawéj stronie, przekrojami przed tąż samą sekcyą. Dla uzupełnienia rysunku, należy porobić plany do urządzenia wewnętrznego statku.

Wymiary główne. Trzy są wymiary główne każdego statku: *długość, szerokość* i *głębokość.* Długość statku mierzy się trojako, albo po osi wielkiéj pokładu, od przodu aż do tyłu statku, albo téż po linii wodnéj, lub téż nareszcie, mierząc liniją grzbietową czyli dno statku.

Szerokość, mierzy się po linii pokładu, od bębna kół łopatkowych do drugiego bębna, lub téż biorąc i bębny w rachunek. Głębokość zaś mierzy się od wewnętrznéj strony pokładu do dna, lub téż do podłogi statku. Jeżeli stosunki rzeczonych wymiarów, oparte częścią na doświadczeniu, dokładnie były obmyślone i rysunek statku został wykonany, pytać się należy, czy statek posiadać będzie wszystkie te przymioty, jakich po nim wymagamy; dla tego ważną jest rzeczą, a nawet główném zadaniem w budownictwie statków, projekta sprawdzać rachunkami, gdyż mogłoby częstokroć okazać się zwodniczém, ciało tylu warunkom podległe, jakiém jest statek, samym rzutem oka ocenić. Gdyby rachunek pokazał wypadki niezgodne z zasadami teoryi i doświadczenia, łatwiéj jest przerobić rysunek, aniżeli narazić się na to, aby kapitan statku, jeżeli nim jest człowiek fachowy i naukowy, po pierwszéj podróży, zwracał uwagę konstruktora, na błędy popełnione w budowie.

Dopiero rzeczony rachunek opiéra się głównie na ciężarze statku obładowanego i kompletnie uzbrojonego, albo raczéj na przestrzeni jego zanurzającéj się w wodzie. Hydrostatyka uczy, że ciało zanurza się dotąd, dopóki massa wody wypchniętéj nie zrównoważy jego ciężaru. Oceniwszy więc massę wypchniętéj wody, łatwo jest jéj ciężar, a tém samém i ciężar statku ocenić. Ponieważ jednak statki nie posiadają ścisłych form matematycznych, bo wszystkie ich części do różnych powierzchni i brył nieregularnych należą, przeto i rachunki muszą być nader mozolne. Podawano rozmaite formułki, ażeby o ile można do przybliżonego przyjść rezultatu; wszakże takowe okazały się albo niedostatecznemi, lub téż z takiemi trudnościami połączone, że się w praktyce tylko z wielkim mozołem zastósować dadzą.

Fryderyk *Chapmann* szwed, oficer marynarki, późniéj vice-admirał w służbie szwedzkiéj, który się wiele do podniesienia potęgi morskiéj swojego kraju przyłożył (zmarły w r. 1808), podaje najkorzystniéjszą ku temu celowi formułę.

Ponieważ przy projektowaniu statku robić się zwykło, wiele poziomych przekrojów czyli linij wodnych, przeto tych samych przekrojów można używać do obliczenia objętości statku, gdy się znajdują w równéj od siebie odległości. Oblicza się tutaj każdą w szczególności powierzchnię osobno, ku czemu do osi *ag* jako osi odcinków (Figura 363) prowadzi się upodobaną ilość prostopadłych, czyli tak nazwanych przystaw. Formuła paraboliczna do obliczania płaszczyzn krzywolinijnych podług Chapmana jest następująca:

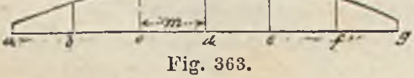


Fig. 363.

$$\frac{(a + 4\,b + 2\,c + 4\,d + 2\,e + 4\,f + g)\,m}{3}\text{, gdzie}$$

a, b, c i t. d. wyrażają długości przystaw, zaś m ich równą od siebie odległość na osi odcinków. Ze wszystkich tych pojedyńczych powierzchni, za pomocą téj saméj formuły, można znaleźć objętość całego statku. Obliczywszy tym sposobem objętość części statku zanurzonéj w wodzie, łatwo jest znaleźć i ciężar całego statku, mnożąc tylko objętość wyrażoną w stopach sześciennych przez ciężar jednéj stopy sześciennéj wody, lub objętość wyrażoną w metrach sześciennych przez 1000 kilogramów.

Przykład. Mamy obliczyć ciężar wody, jaką statek na 54 metrów długi wypycha, zanurzając się na 1 metr głęboko. Podzielmy długość statku na 12 części równych, to powierzchnia tym sposobem otrzymanych przekrojów poprzecznych, aż do linii zanurzenia licząc, będzie następująca:

A = 0	F = 5,89 m. □	L = 6,38 m. □
B = 1,12 m. □	G = 6,31 „	M = 5,56 „
C = 2,77 „	H = 6,93 „	N = 0.
D = 4,29 „	I = 6,64 „	
E = 5,34 „	K = 6,45 „	

Ponieważ odległość pomiędzy dwoma przekrojami poprzecznymi $\frac{54}{12} = 4{,}5$ metrów wynosi, zatém objętość wypchniętéj wody przy 1^m zanurzenia statku

$= \frac{1}{3} \times 4{,}5^m\,[0 + 2\,(2{,}77 + 5{,}34 + 6{,}31 + 6{,}64 + 6{,}38) + 4 \times (1{,}12 + 4{,}29 + 5{,}89 + 6{,}93 + 6{,}45 + 5{,}56] = 263{,}76$ metrów sześciennych. A ponieważ 1 metr sześcienny wody waży 1000 kilogramów, przeto ciężar wypchniętéj przez statek wody waży 263,76 tonnów. Ciężar ten obliczony został przy pomocy reguły Simpsona.

Aby obliczyć ilość wypchniętéj wody, kiedy ten sam statek będzie się głębiéj zanurzał, albo należy wszystkie poprzeczne przekroje obliczyć na nowo w takiż sam sposób, lub téż powierzchnie przekrojów poziomych przez całą długość statku idących. Jeżeli np. powierzchnia przekroju poziomego przy głębokości zanurzenia 1 metra = 345 m. □, takaż powierzchnia w głębokości $1{,}2^m = 357$ m. □, a przy głębokości $1{,}4^m = 366$ m. □, to pomiędzy przekrojami poziomemi w głębokości 1^m i $1{,}2^m$ zawarta objętość, w przybliżeniu będzie się równać $\frac{345 + 357}{2} \times 0{,}2^m = 70{,}2$ metrów sześciennych; a zatém objętość pomiędzy przekrojem poziomym 1^m a $1{,}4^m$ będzie wynosić: $\frac{345 + 2 \times 357 + 366}{2} \times 0{,}2^m = 142{,}5$ metrów sześciennych, a zatém całkowita objętość wody wypchniętéj w głębokości $1{,}2^m = 263{,}76 + 70{,}2 = 333{,}96$ metrów sześciennych czyli tonnów; zaś całkowita objętość wody wypchniętéj przy głębokości $1{,}4^m$ zanurzenia wynosić będzie: 496,26 metrów sześciennych czyli tonnów.

Następujący ładunek zanurza statek o 1 centymetr głęboko:

Przy 1^m	głębokości zanurzenia	$= 345 \times 1000 \times 0{,}01 = 3450$	kilogr.
„ $1{,}2^m$	„ „	$= 357 \times 1000 \times 0{,}01 = 3570$	„
„ $1{,}4^m$	„ „	$= 366 \times 1000 \times 0{,}01 = 3660$	„

Fytanie. Tenże sam statek idąc próżno, niechaj się zanurza na 1^m głęboko. Jak się głęboko zanurzy mając na sobie ładunek wynoszący 18 tonnów? 18 tonnów = 18000 kilogr. Przy téj głębokości zanurza się statek pod ciężarem 3450 kilogr. o 1 centymetr, zatém pod ciężarem 18000 kilogr. zanurzy się o 5,22 centymetrów głębiéj. Zatém ten statek obładowany zanurzy się na $1{,}0522^m$ głęboko.

Stałość statku. Statek pływać będzie w kierunku długości z całém bezpieczeństwem, gdy środek jego ciężkości oraz środek ciężkości wypchniętéj wody, leżą na jednym przekroju poprzecznym.

Stałość w kierunku poprzecznym zależną jest od następujących warunków. Niechaj *s s'* wyraża oś pionową przekroju poprzecznego, na któréj znajduje się środek ciężkości *s* statku (Fig. 364); *w* zaś niechaj wyraża środek ciężkości wypchniętéj wody. Linija pionowa *w m* przetnie tę oś w punkcie *m*, który w budownictwie statków nazywa się *metacentrum*. Jeżeli ten środek znajduje się nad środkiem ciężkości statku, to statek pływać będzie ze stałością t. j. że z położenia ukośnego, wróci znów do pionowego. Jeżeli jednak przy pewném nachyleniu statku, środek jego ciężkości znajduje się nad *metacentrum*, np. w punkcie *s'*, w takim razie statek musi się wywrócić. Im niżéj leży środek ciężkości *s* statku, tym wyżéj leżeć będzie nad nim metacentrum, czyli że statek pochylony wiatrem lub inną jaką przeszkodą, prędzéj będzie wracał do kierunku pionowego, t. j. że tym większa będzie jego stałość. Należy się zatém starać, aby środek ciężkości obładowanego statku znajdował się jak najniżéj, przy niewielkim zaś ładunku obciąża się go ballastem.

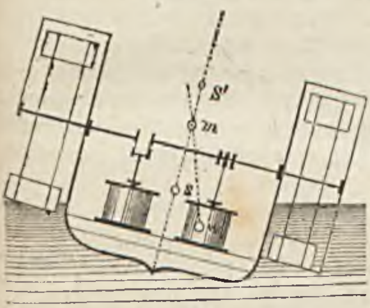


Fig. 364.

Chyżość statku. Pospolicie statki po spokojnéj wodzie pływające, poruszają się z chyżością 3 do 5 metrów w sekundzie. Chyżość 6 metrów, należy już jako bardzo wielką uważać. Jeżeli chyżość w sekundzie wynosi:

	3	4	5	6	metrów
to na godzinę wypadnie	10,3	14,4	18,0	21,6	kilometrów
czyli	6,71	8,95	11,18	13,42	mil angielskich.

Opór statku w wodzie. Opór ten jest proporcyonalny zanurzonéj części największego poprzecznego przekroju statku, jak również kwadratowi z chyżości statku.

Jeżeli więc oznaczają:

s zanurzony największy przekrój poprzeczny statku w metrach □,

v chyżość statku w metrach, i

k opór jakiego doznaje 1 metr □ zanurzonego przekroju przy chyżości $= 1^m$, to opór statku będzie się równał $k.\ s.\ v^2$ kilogramów.

Jeżeli dwa statki mają jednakie przekroje, ale jeden dłuższy jest od drugiego, to powierzchnia zanurzona w dłuższym statku będzie większa niż w krótszym. Ztąd się pokazuje że opór *k* dla statków rzecznych oraz pływających po jeziorach jest większy, niż dla statków morskich.

Przy normalnych stosunkach budowy, wynosi:

	dla statków morskich	jeziorowych	rzecznych
wartość k . . .	5	11	18.

Praca potrzebna do posuwania statku. Pracę tę w sekundzie czasu znajdziemy, mnożąc opór $k s v^2$ jaki woda przedstawia statkowi, przez chyżość v.

Zatém praca $= k. s. v^3$ kilogrammetrów.

Praca więc potrzebna do posuwania statku rośnie w stosunku sześcianu z chyżości. Jeżeli np. statek parowy przy chyżości 1^m potrzebuje skutku 10 koni parowych, to skutek ten przy chyżości 5^m, wyniesie $5 \times 5 \times 5$ czyli będzie większy 125 razy, a zatém 1250 koni.

Jeżeli statek płynie w górę rzeki, to należy dla v wziąć summę chyżości statku i rzeki, jeżeli przeciwnie statek płynie z biegiem rzeki, należy dla v wziąć rożnicę owych chyżości przy obliczeniach oporu statku i skutku.

Jeżeli np. statek ma posiadać chyżość $v = 4$ metry w sekundzie czasu, to potrzebny skutek w wodzie spokojnéj, tak z biegiem wody jako i przeciwko biegowi, gdy jéj chyżość wynosi 2 metry, przedstawia się jak następuje:

$$4^3 : (4 - 2)^3 : (4 + 2)^3 = 8 : 1 : 27.$$

Wymiary kół łopatkowych. Ponieważ chyżość obwodowa łopatek jest większa od chyżości statku, przeto za każdém zanurzeniem się łopatek, pewna bryła wody musi się ustawicznie cofać z chyżością równą różnicy obudwóch chyżości. Przekrój owéj bryły wody, równa się powierzchni łopatek zanurzonych pionowo z obydwóch stron statku.

Jeżeli v_1 wyraża chyżość z jaką woda ustępuje,

s_1 summę dwóch powierzchni łopatek zanurzonych w wodzie,

$k_1 = 125$ kilogr., oporowi, jakiego doznaje 1^m □ przy chyżości $v^1 = 1^m$, przeto ciśnienie jakie wywierają powierzchnie łopatek na wodę $= k_1 s_1 v_1^2$. Jeżeli to ciśnienie uczynimy równém oporowi statku $k s v^2$, otrzymamy:

$$\frac{v_1}{v} = \sqrt{\frac{k s}{k_1 s_1}}.$$

	wartość dla $\frac{s_1}{s}$	wartość dla $\frac{v_1}{v}$
Na okrętach morskich	0,24	0,40
Na statkach jeziorowych . . .	0,32	0,50
Na statkach rzecznych	0,48	0,55.

Łopatki nie powinny być tak głębokie, aby chyżość wewnętrznego obwodu koła, była mniéjszą od chyżości statku.

Liczba obrotów kół. Jeżeli r oznacza promień kół (od osi do środka zanurzonéj części powierzchni łopatki), a n liczbę obrotów tychże w minucie, to droga odbyta przez jedną łopatkę $2 r \pi n = 60 (v + v')$ zkąd:

$$n = 30 \frac{v + v'}{r. \pi}.$$

Siła maszyny parowéj dla kół łopatkowych. Ciśnienie z jakiém łopatki działają na wodę, równa się oporowi statku, zatém $k s v^2$. To ciśnienie wykonywane przez maszynę, odbywa drogę na średnim obwodzie kół w sekundzie czasu $v + v'$, zatém praca, jaką maszyna powinna dostarczać kołom, wynosi:

$$k s v^2 (v + v') \text{ kilogrammetrów.}$$

Praca $k\ s\ v^3$ użyta do pokonania oporu statku, ma się do pracy maszyny, jak $v : v + v'$, zatém w statkach morskich jak 100 : 140. Skutek użyteczny maszyny wynosi $\frac{100}{140}$ lub $\frac{71}{100}$, reszta zaś $\frac{29}{100}$ traci się w skutek uderzania łopatek o wodę. Jest zatém bardzo korzystnie, dawać wielką powierzchnię łopatkom, a małą chyżość obrotową kołom.

Na zasadzie więc powyższych danych, na każdy metr □ zanurzonego przekroju, powinna maszyna posiadać siłę w koniach parowych:

Przy statkach morskich . . .	3	7	14 koni.
Przy statkach jeziorowych . .	7	16	42 „
Przy statkach rzecznych . .	10	24	46 „
Przy prędkości jazdy	3^m	4^m	5^m.

Ponieważ amerykanie stosunkowo bardzo szybko jeżdżą, dają przeto swoim statkom maszyny parowe, dające skutek 50 koni na 1 m. □ przekroju poprzecznego s.

Przykład. Jakiéj potrzeba użyć siły pary, do poruszania statku na jeziorze z chyżością 5 metrów na sekundę, jeżeli jego zanurzony przekrój poprzeczny 7^m □, zaś dwie łopatki $2{,}8^m$ □ powierzchni wynoszą?

Stosunek między chyżością ustępującéj wody a chyżością statku,

$$\frac{v'}{v} = \sqrt{\frac{11 \times 7}{125 \times 2{,}8}} = 0{,}469.$$

Chyżość obwodowa kół . $v + v' = 5 + 5 \times 0{,}469 = 7{,}345^m$

Praca maszyny w koniach par. $\frac{11 \times 7 \times 5^2 \times 7{,}345}{75} = 188{,}3$

Stosunek między pożyteczną pracą a pracą maszyny parowéj . . . . $\frac{5}{7{,}345} = 0{,}68.$

Jeżeli średnicę koła weźmiemy . . . . $= 5^m$

To liczba jego obrotów . . . $n = \frac{60 \times 7{,}345}{5 \times 4{,}14} = 28.$

Ponieważ łopatki (szufle) ustawione są w kierunku promieni kół, przeto przy mocném tychże zagłębieniu się w wodzie, wchodzą ukośnie do wody i z téj przyczyny pchają wodę nie tylko w kierunku poziomym, ale także i w kierunku ukośnym, t. j. przy każdém zanurzeniu się pchają wodę na dół, a przy wyjściu z wody, podnoszą ją do góry, w skutek czego woda wywiera swoje ciśnienie na statek nie tylko w kierunku poziomym, ale także i w pionowym do góry i na dół. Tym sposobem traci się nie tylko bardzo wiele siły poruszającéj, ale oprócz tego ruch statku odbywa się *drżąco* i *niespokojnie.*

Buchanan i *Morgan* zapobiegając téj niedogodności, urządzili łopatki ruchome umocowane na odpowiednich zawiasach (szarnierach), tak że łopatka wychodząc z wody przybiera kierunek pionowy i wody nie podnosi do góry. Ale urządzenie to jest szczególniéj dla żeglugi rzecznéj niedogodne, bo częstéj reparacyi ulegające, a więc za kosztowne. Autor téj książki kierując fabryką machin żeglugi parowéj na Wiśle, przekonał się osobiście o tém i łopatki ruchome, tak zwane patentowane w żegludze na Wiśle zarzucone zostały.

Franciszek *Helman* b. oficer b. W. P., następnie inżynier fabryki braci *Schlumbergerów* w Alzacyi, po powrocie do kraju przemieszkując u swéj rodziny w Radomiu, w r. 1863 wykonał projekt poruszania statków za pomocą przyrządu *pletwowego*. Pletwy znajdowały się z przodu i na tyle statku poruszane machiną parową. Kiedy np. pletwa przednia wchodząc pionowo do wody zaczepiała o nią, pletwa tylna w ślad za nią wchodząc również pionowo do wody, opierała się o wodę i popychała statek ku przodowi. Jeżeli statek szedł tyłem, ruch pletew robił skutek przeciwny; ruch więc pletew był zmowny na posuwanie statku naprzód lub w tył. Projekt ten jednak nie został niestety w praktyce sprawdzony, z powodu śmierci naszego rodaka, która nastąpiła w r. 1864. System pletwowy miałby tę zaletę, że mógłby być używany na rzekach płytkich, wymagałby daleko mniéj siły niż koła łopatkowe i niesprawiałby drżącego ruchu. Śruba używaną być może do poruszania statków tylko na głębokich rzekach i jeziorach, lecz na Wiśle okazała się niepraktyczną.

Śruba zastępująca koła łopatkowe. Śruba tak się umieszcza w tylnéj części statku, ażeby jéj oś była równoległą do kierunku podłużnego statku, i aby leżała w wysokości promienia śruby nad kilem, czyli grzbietem statku (Fig. 365). Oś ta przechodzi przez buks pakunkowy tylnéj ściany statku do jego wnętrza i poruszana bywa bezpośrednio za pomocą korby maszyny parowéj, jeżeli liczba obrotów śruby jest mała. Jeżeli jednak liczba obrotów śruby jest wielką, to pomiędzy wałem korbowym maszyny, a osią śruby daje się jeszcze przystawkę trybową. Wrzeciono opatrzone jest dwiema lub czterema powierzchniami śrubowemi mającemi postać skrzydeł, które jednak razem nie stanowią zupełnego kroku śruby. Nie stanowią one płaszczyzny ciągłéj, lecz są obok siebie jednostajnie rozstawione na osi śruby. Ztąd śruba wypada krótszą, a daje takiż sam skutek co i śruba zwyczajna. Niechaj wyrażają:

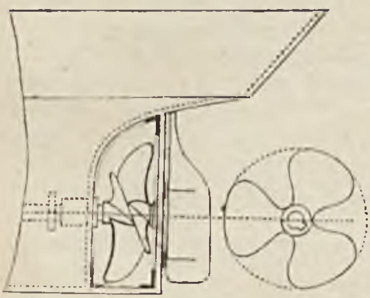


Fig. 365.

s' przekrój poprzeczny śruby, prostopadły do osi, h wysokość zupełnego skoku śruby, a kąt, jaki tworzy powierzchnia śruby na obwodzie zewnętrznym z płaszczyzną prostopadłą do osi, v_1 chyżość z jaką śruba spycha wodę, n liczbę obrotów śruby w minucie, v, s, k, k^1 wartości dotychczasowe, a otrzymamy następujące formuły:

a) *Krok śruby.* Stosunek między wysokością kroku śruby a obwodem śruby leży między 0,45 i 0,75, a zatém kąt a między 25 i 37 stopni. Jeżeli śruba ma 2^m średnicy, zatém $6,28^m$ obwodu i 4^m kroku to będzie

$$\text{sty } a = 4 : 6,28 = 0,637; \; a = 32\tfrac{1}{2}^0.$$

b) *Usuwanie się wody.* Chyżość v' z jaką woda przez śruby przebiega można obliczyć podług następującéj formuły:

$$\frac{v'}{v} = \sqrt{\frac{k\,s}{k'\,s'\,(1 - 0,0154.\,a)}}\;.$$

c) *Liczba obrotów śruby.* Gdyby się śruba w wodzie obracała, nie potrzebując żadnych pokonywać oporów, to musiałaby się w wodzie tak samo posuwać, jak każda zwyczajna śruba zakręcona w stałe ciało, mianowicie przy każdym obrocie robić drogę h, a zatém w minucie robić drogę $n\,h$. Ale ta droga równa się także $60\,(v + v')$, zkąd wypada, że

$$n = 60 \times \frac{v + v'}{h}.$$

d) *Skutek maszyny parowéj.* Skutek z pomocą którego może być pokonany opór statku $= k\,s\,v^3$ kilogrammetrów; zaś praca maszyny wynosi:

$$\frac{k\,s\,v^2\,(v + v')}{75} \text{ koni parowych.}$$

Zatém całkowity skutek ma się do skutku pożytecznego jak $v + v'$ do v. Aby więc strata skutku była małą, musi v' a zatém krok być możliwie małym, a przekrój poprzeczny s_1 śruby, w stosunku do przekroju statku powinien być wielki. Ponieważ zaś śruba powinna być całkowicie zanurzona, a jéj punkt najgłębszy nie powinien leżeć pod najniższym punktem statku, zatém i średnica śruby nie może być większą od największéj zanurzalności obładowanego statku. Zatém śruba jest prawdziwie użyteczną, tylko przy okrętach morskich, głęboko się zanurzających.

Przykład. Jakie wymiary należy dać śrubie przy okręcie morskim o przekroju zanurzonym 15^m □, przy głębokości zanurzenia $2,4^m$, gdyż chyżość okrętu ma wynosić 5^m?

Przyjęta średnica śruby . . . . $= 2,2^m$

Przekrój s dla $\frac{7}{10}$ skrętu $0,7 \times (1,1)^2 \times 3,14$ . . . . . $= 2,66^m$ □

Wysokość pełnego kroku śruby (przyjęta) . . . . $= 4,15^m$

Zatém kąt wzniesienia a . . . . $= 31^0$

Długość śruby (wzdłuż osi) dla $\frac{7}{10}$ skrętu i 3-ch skrzydeł

$$0,7 \times \frac{1}{3} \times 4,15 = 0,97^m$$

Stosunek $\frac{v'}{v} = \sqrt{\frac{5 \times 15}{125 \times 2,66\,(1 - 0,0154 \times 31)}} = 0,656.$

Chyżość odbitéj wody . . . . $5 \times 0,656 = 3,28^m$

Liczba obrotów w minucie . . . . $n = 60 \times \frac{5 + 3,28}{4,15} = 120.$

Siła maszyny parowéj . . . $\frac{5 \times 15 \times 5^2\,(5 + 3,28}{75} = 207.$

Stosunek skutku użytecznego do całkowitego $\frac{5}{5 + 3,28} = 0,604.$

Waga maszyny parowéj. Ciężar maszyny parowéj, wraz z wałem, kołami łopatkowemi albo śrubą, kotłem napełnionym wodą i wszelkiemi do niéj należącemi częściami, wynosi w przybliżeniu na 1 konia parowego 800 kilogr. dla maszyn wysokiego ciśnienia, a 1200 kilogr. dla maszyn nizkiego ciśnienia.

Tablica przedstawiająca wymiary 4-ch statków parowych.

Wyszczególnienie	Adelaida i Wiktorya p. Scott Russel	City of Manchester pp. Tod i Gregor.	Andes p. Tulloch	Melbourne p. Rennie
Wypchnięta woda w tonnach . . .	2457	3000	1820	1980
Liczba koni nominalna	450	380	300	250
Długość pokładu w metrach	69,3	79,6	71,9	64,9
Szerokość pokładu w metrach . . .	11,6	11,0	—	11,4
Całkowita wysokość w metrach . .	7,8	7,7	7,3	7,0
Głębokość zanurzenia w metrach . .	4,8	5,5	4,6	4,6
Zanurzony przekrój w metrach □ .	45	50	38	43
Ciśnienie pary w atmosferach . . .	2,0	1,66	1,75	1,80
Liczba cylindrów parowych	4	2	2	2
Średnica cylindrów parowych w metrach	1,22	1,80	1,68	1,32
Wysokość skoku w metrach	0,84	1,52	1,37	0,91
Ciężar maszyny na siłę konia par. w kil.	680	460	1000	735
Średnica śruby w metrach	4,57	4,27	4,27	3,96
Wysokość kroku śruby w metrach .	6,71	5,29	5,49	2,74
Liczba skrzydeł śruby	2	3	2	2
Liczba obrotów śruby w minucie . .	60	55,3	56,3	92

Współka Żeglugi parowéj na Wiśle, założona przez Andrzeja hr. *Zamoyskiego*, posiadała statków parowych 14 o sile zbiorowéj 900 koni parowych i 50 gabar do przewożenia towaru, mianowicie zboża, pomiędzy Sandomierzem i Gdańskiem. Posiadała swoje warsztaty w Warszawie na Solcu do budowy i reparacyi statków, gabar i maszyn parowych. Parostatki z téj fabryki pochodzące, kursowały na rzekach Wiśle, Dnieprze i Dniestrze.

413. Żegluga napowietrzna. Z hydrostatyki wiadomo, że każde ciało zanurzone w płynie, tyle ze swego ciężaru utraca, ile waży płyn przez rzeczone ciało wypchnięty. Ciało, które gatunkowo lżéjsze jest od wody, zanurzone, wypłynie i będzie po jéj wierzchu pływać. To samo ma się i z powietrzem atmosferyczném. Jeżeli jakieś ciało umieścimy w atmosferyczném powietrzu, którego ciężar jest gatunkowo lżéjszy od ciężaru powietrza, to ciało to podnosić się będzie dotąd w górę, dopóki ciężar wypchniętego przez ciało powietrza, nie zrównoważy się z ciężarem ciała. Na téj zasadzie polega prawo, wznoszenia się balonów w powietrzu. Balony budują się z cienkiéj, lekkiéj materyi, np. z kitajki; daje się im taką formę, aby przy jak najmniéjszéj powierzchni, posiadały jak największą objętość, a więc formę kulistą i napełnia się je gazem, gatunkowo lżéjszym od atmosferycznego powietrza. Stefan i Józef bracia *Mongolfier*, fabrykanci papieru w Annonay we Francyi, urządzili w r. 1782 w miesiącu listopadzie swój balon, mający 540 stóp sześciennych objętości i napełnili go ogrzaném powietrzem. Próba powiodła się bardzo dobrze, balon wzniósł się na 800 stóp wysoko, a następnie upadł na niedaleki pagórek. Inni napowietrzni żeglarze, mianowicie zaś pierwszy profesor *Charles* napełniali balony gazem wodorodnym. Obecnie napełniają się zwyczajnym gazem oświetlającym, który jest 4 razy lżéjszy od atmosferycznego powietrza. Aby balon w wyższych warstwach powietrza nie uległ pęknięciu, nie napełnia się go całkowicie gazem, aby w wyższych a rzadszych warstwach powietrza mógł się rozciągnąć. I tak fizyk Charles w Paryżu w r. 1783 napełnił swój balon w stosunku $\frac{27}{28}$.

Niechaj K wyraża objętość balonu, p ciężar sześciennéj jednostki powietrza atmosferycznego, q ciężar sześciennéj jednostki gazu którym napełniony jest balon, G waga całkowita balonu, P siła wznoszenia się balonu. Zatém ciężar wypchniętego przez balon powietrza będzie równy Kp, a ciężar gazu zawartego w balonie będzie równy Kq, zatém ciężar całéj wznoszącéj się massy będzie $Kq + G$. Różnica między tym ciężarem a ciężarem wypchniętego powietrza, będzie stanowić siłę wznoszenia się balonu, zatém:

$$P = Kp - (Kq + G) = K(p - q) - G\ldots\ldots (1).$$

Dla bliższego objaśnienia téj formuły, weźmy jako przykład wyż wspomniony balon p. Charles. W balonie owym $K = 10000$ stóp sześciennych; $p = 0{,}8$ funtów, a zatém ciężar wypchniętego powietrza $Kp = 800$ funtów. Gdy jednak balon napełniony był tylko w stosunku $\frac{27}{28}$, przeto rzeczywisty ciężar

$$Kp = 800 . \frac{27}{28} = 771{,}4 \text{ funtów.}$$

Ponieważ gaz wodorodny, którym napełniony był balon był $5\frac{1}{2}$ razy lżejszy od powietrza, zatém ciężar gazu zawartego w balonie:

$$Kq = \frac{771{,}4}{5\frac{1}{2}} = 146{,}9 \text{ funtów.}$$

Ciężar balonu wraz ze sznurami, gondolą i dwiema jadącemi osobami wynosił 604,5 funtów, zatém siła wznoszenia się balonu do góry była:

$$P = 771{,}4 - (146{,}9 + 604{,}5) = 20 \text{ funtów.}$$

Jeżeli balon nie zostanie napełniony o n-tą część swojéj objętości, przeto gaz w takowym zawarty, w pewnéj wysokości może się o rzeczoną n-tą część rozszerzyć. Wtedy więc ciężar jednéj stopy sześciennéj gazu będzie mniéjszy o $\frac{1}{n}$. Jeżeli zatém pierwotnie 1 stopa gazu ważyła q, przeto w owéj wysokości będzie ważyła $q' = q - \frac{1}{n} q = (1 - \frac{1}{n}) q$. Jeżeli zaś stan barometru na miéjscu napełniania gazem balonu $= b$, a zaś w owéj wysokości $= b'$, będzie przeto:

$$q : q' = b : b'$$

a ztąd

$$b' = \frac{q'}{q} b = (1 - \frac{1}{n}) b\ldots\ldots (2).$$

Z tego równania można także oznaczyć wysokość w któréj się balon całkowicie rozedmie.

Przypuśćmy, że balon napełniony został tylko do $\frac{9}{10}$ swojéj objętości, to wtedy $n = 10$, zatém $b' = (1 - \frac{1}{10}) b = 0{,}9 . b$ lub $\frac{b}{b'} = \frac{1}{0{,}9} = 1{,}11111$.

Wstawiając otrzymaną wartość w formułę Deluca, podaną na wynajdywanie wysokości za pomocą barometru, kiedy nie chodzi o bardzo wielką dokładność:

$H = 10000. \log \frac{b}{b'}$ toazów francuzkich, otrzymamy:

$H = 10000. \log 1{,}11111 = 457{,}575$ toazów czyli $= 2745\,^1/_2$ stóp paryzkich $= 902$ metrów.

Można także oznaczyć wysokość, do jakiéj wznieść się może w ogólności balon. Wzniesie on się do najwyższéj swojéj wysokości wtedy, jeżeli w równaniu (1) stanie się $P = O$. W równanie to należy wprowadzić wartości odpowiadające owéj wysokości za p i q.

Niechaj b'' wyraża stan barometru w owéj wysokości, p' ciężar stopy sześciennéj powietrza w téjże saméj wysokości, zaś q' ciężar stopy sześciennéj gazu, będącego w równowadze z powietrzem w skutek rozszerzenia lub téż ujścia klapą na zewnątrz balonu, to otrzymamy z powyższéj formuły:

$$O = K\,(p' - q') - G.$$

zatém $$G = K\,(p' - q').$$

Z proporcyi zaś $$p : p' = q : q' = b : b'.$$

otrzymamy $$(p' - q') = \frac{q'}{q}\,(p - q) = \frac{b''}{b}\,(p - q);$$

a zatém $$G = K\,\frac{b''}{b}\,(p - q).$$

Ztąd otrzymamy stan barometru odpowiadający wysokości wzniesienia się balonu:

$$b'' = \frac{G.\,b}{K\,(p - q)} \quad \ldots\ldots (3).$$

Dla zastósowania téj formuły weźmy znowu balon poprzednio za przykład wzięty.

W balonie tym $K\,(p - q) = 800 - \frac{800}{5\,^1/_2} = 647{,}6;\quad G = 604{,}5.$

Stan barometru w chwil wznoszenia się balonu $b = 340$ linij, będzie więc $b'' = \frac{604{,}5.\ 340}{647{,}6} = 317{,}37$ linij. Zatém otrzymamy $\frac{b}{b''} = \frac{340}{317{,}37} = 1{,}0713.$

A zatém podług formuły Deluca szukana wysokość $H = 10000. \log 1{,}0713 = 299{,}11$ toazów $= 1794{,}66$ stóp paryzkich $= 590$ metrów.

Gdyby obciążenie balonu wynosiło tylko 450 funtów, to wtedy stan barometru $b'' = 236{,}257$, a $\frac{b}{b''} = 1{,}4491$, a balon wtedy wzniósłby się do wysokości: $H = 10000. \log 1{,}4491 = 1610$ toazów $= 9660$ stóp paryzkich $= 2782$ metrów.

Czy regularna żegluga napowietrzna przyjdzie kiedy do skutku, na te pytanie przy obecnym stanie nauki nie można dać odpowiedzi stanowczéj. Wszelako żeglugę napowietrzną pomieściliśmy tutaj dla tego, że używaną jest dotąd w celach naukowych, a w r. 1869 w czasie wojny francuzko-pruskiéj, użyto jéj po raz pierwszy przy oblężeniu Paryża do obserwacyi wojsk nieprzyjacielskich. *Gambetta* po rozbiciu armii Napoleona III, przeniósł się balonem z Paryża do Tours i tam jako dyktator stworzywszy nową armiję, stawiał jeszcze nieprzyjacielowi przez niejaki czas opór. Balon więc w krytycznych chwilach, oddał Francyi znakomitą usługę.

414. Parowozy czyli lokomotywy. *Prędkość jazdy.* Przy obliczaniu nowobudujących się parowozów, za zasadę prędkości jazdy, można przyjąć następujące reguły:

Nazwa pociągów	Prędkość jazdy w metrach w 1 sekundzie.
Pociągi pośpieszne	16 do 20
Zwyczajne pociągi osobowe	12 do 16
Pociągi towarowe	8 do 12
Parowozy górskie	5 do 6.

Oznaczywszy przez V prędkość pociągu w metrach i w 1 sekundzie czasu, otrzymamy prędkość pociągu:

1) w milach niemieckich (po 7,420 kilometrów) w 1 godz. . 0,485 V.
2) w milach austryackich (po 7,586 kilometrów) w 1 godz. . 0,475 V.
3) w milach pruskich (po 7,533 kilometrów) w 1 godz. . . 0,478 V.
4) w kilometrach w godzinie . . . . 3,600 V.
5) w milach angielskich w godzinie . . . . 2,208 V.

Waga pociągu. Dla nowobudujących się parowozów należy uwzględnić w rachunku następującą wagę pociągów:

a) gdy największe spadki drogi nie przenoszą $\frac{1}{500}$, a najmniejsze promienie krzywizn nie są mniejsze od 200 metrów:

Rodzaj pociągu	Waga pociągu bez parowozu w tonnach.
Osobowe pociągi pośpieszne	50 do 100
Zwyczajne pociągi pośpieszne	100 do 150
Pociągi towarowe	150 do 300.

b) gdy największe spadki dochodzą od $\frac{1}{150}$ do $\frac{1}{40}$, nie daje się pociągowi większéj wagi nad 150 tonnów.

Stosunek między ciężarem parowozu, a jego normalną siłą pociągową. Oznaczywszy przez: W całkowity opór pociągu w kilogramach, jaki parowóz przy niewielkiém ciśnieniu pary pokonać może. W zatém obejmuje wszystkie opory, które w skutek różnicy ciśnień na obiedwie strony tłoka, pokonane być muszą; L ciężar parowozu wraz z wodą w tonnach; V prędkość jazdy pociągu w metrach, w sekundzie czasu; to w przybliżeniu otrzymamy:

$$\frac{W}{L} \times \frac{500 + 22\ V}{V}.$$

Z formuły téj otrzymujemy:

dla $V =$	5	6	8	10	12	14
$\frac{W}{L} =$	140	120	96	81	71	64.

Całkowity opór pociągu na przestrzeni prostéj. Oznaczywszy przez: T ciężar wyrażony w tonnach wszystkich wagonów, prowadzonych przez parowóz wraz z ich ładunkiem; L ciężar parowozu wyrażony w tonnach wraz z wodą; V prędkość jazdy w metrach w jednéj sekundzie; F powierzchnia przednia szczytowa parowozu w metrach □ (zwyczajnie równająca się 7 do 8 metrów □); f powierzchnia szczytowa każdego wagonu w metrach □ (zwyczajnie równa 4 metrom □); i liczba wagonów prowadzonych przez parowóz; W całkowity opór pociągu na drodze prostéj; to dla otrzymania W otrzymujemy wyrażenie następujące:

$$W = \frac{(3{,}11 + 0{,}077\ V + 1162\ \text{wst}\ \alpha)\ T + 0{,}0704\ (F + \frac{1}{4}\ i f)\ V^2}{1 - (7{,}25 + 0{,}577\ V + 1162.\ \text{wst}\ \alpha)\ \frac{L}{W}}.$$

Stosunek między ciężarem parowozu i ciśnieniem wszystkich kół rozpędowych na szyny. Oznaczywszy przez: L ciężar parowozu wraz z wodą; L_1 ciśnienie wszystkich koł rozpędowych na szyny; V prędkość jazdy wyrażoną w metrach w sekundzie; f spółczynnik tarcia kół o szyny; to otrzymamy:

$$\frac{L_1}{L} = \frac{1}{909\,f}\ \frac{590 + 22\ V}{V}.$$

Wartości dla f są:

przy suchém powietrzu, szyny nieco przypruszone . . $f = {}^1/_3$

przy zwyczajnéj pogodzie . . . . $f = {}^1/_6$

w czasie śniegu i deszczu . . . . $f = {}^1/_{10}$.

W rachunku budującego się parowozu przyjąwszy za zasadę dla $f = {}^1/_5$, wtedy otrzymamy z powyższego wyrażenia:

dla V =	14	11	8,6	6,7	4,6 metrów.
$\frac{L_1}{L}$ =	0,44	0,5	0,6	0,73	1,0.

W parowozach obecnie będących w użyciu, wartości dla $\frac{L_1}{L}$ są następujące:

a) Parowóz osobowy *Stefensona* z 2-ma środkowemi kołami rozpędowemi . . . . $\frac{L_1}{L} = 0{,}44$

b) Parowóz osobowy *Cramptona* . . . . $\frac{L_1}{L} = 0{,}50$

c) Parowóz towarowy *Norrisa* z 4-ma wiązanemi kołami rozpędowemi, jedną osią za ogniskiem, a innemi przed ogniskiem . . . . $\frac{L_1}{L} = 0{,}60$

d) Parowóz towarowy z 4-ma wiązanemi kołami rozpędowemi; z osiami rozstawionemi pomiędzy ogniskiem i dymnicą . . . . $\frac{L_1}{L} = 0{,}73$

e) Parowóz towarowy, z wszystkiemi kołami wiązanemi . $\frac{L_1}{L} = 1.$

Ztąd się pokazuje, że system kół rozpędowych wyznaczony jest przez prędkość jazdy.

Średnica kół rozpędowych. Oznaczywszy przez: V prędkość w metrach w sekundzie czasu; D średnicę koła rozpędowego w metrach; s zgniecenie resorów przez obciążenie. Zwykle $s = 0{,}04$ do $0{,}05$ metra; $g = 9{,}808$ przyśpieszenie przez ciężkość; to otrzymamy wypadek z którego się pokazuje, że średnica kół rozpędowych nie może być mniéjsza od $2{,}73\ V \sqrt{\frac{s}{g}}$, ale też nie większa od $3{,}46\ V \sqrt{\frac{s}{g}}$.

Biorąc $s = 0{,}04$ metra, to granice te wypadną $0{,}174\ V$ i $0{,}22\ V$, a wtedy otrzymamy:

dla V =	5	6	8	10	12	14	metrów.
D_{min} =	0,87	1,04	1,39	1,74	2,08	2,44	„
D_{max} =	1,10	1,32	1,76	2,2	2,64	3,08	„

Liczba kół rozpędowych. Niechaj wyrażają: L ciężar parowozu wraz z wodą w tonnach; V prędkość jazdy w metrach w 1 sekundzie; f spółczynnik tarcia kół o szyny; i liczbę kół rozpędowych, to otrzymamy:

$$i = \frac{0,48}{909 f} \cdot \frac{550 + 22\ V}{V\sqrt{V}} \cdot L.$$

Wstawiwszy za $f = {}^1/_6$, to otrzymamy z tego wyrażenia:

dla V =	5	6	8	10	12	14
$\frac{i}{L}$ =	0,20	0,16	0,11	0,08	0,07	0,06.

Ciśnienie jednego koła na szyny. Oznaczywszy przez: D średnicę koła w metrach; P ciśnienie w tonnach, jakie koło wywiera na szyny, aby przez to nie cierpiały ani szyny ani też obręcze kół, to otrzymamy:

$$P = 5\ \sqrt{D}\ .$$

Średnica i liczba kół biegowych. Dla kół biegowych, służą następujące prawidła: Średnica koła biegowego około 1 metra; ciśnienie jednego koła na szynę najwyżéj 5 tonnów; liczba kół biegowych najmniéj $= \frac{L - L_1}{5}$; gdzie L wyraża ciężar parowozu w tonnach, L_1 summę ciśnień wszystkich kół rozpędowych na szyny w tonnach.

Chyżość tłoka i długość jego skoku. Chyżość tłoka v jest prawie u wszystkich parowozów stała i wynosi: $v = 2,3$ metra.

Długość skoku tłoka l jest również prawie stała u wszystkich parowozów i wynosi: $l = 0,63$ metrów.

Długość trzona korbowego. Oznaczywszy przez: D średnicę koła rozpędowego; $2e$ odległość pozioma dwóch środków cylindrów; l_1 długość trzona korbowego, to otrzymamy zasadę, że długość trzona korbowego, nigdy nie powinna być mniéjszą od: $l_1 = (1,9 + 0,41\ D)\ e$ metrów,
a w każdym razie tak wielką jak na to budowa parowozu pozwala.

Prężenie pary w cylindrach. Oznaczywszy przez: O przekrój poprzeczny cylindra parowego w metrach □; p ciśnienie pary w kilogramach na 1 metr □ za tłokiem (zwykle $p = 51650$ kilogr.); r średni przeciwopór przed tłokiem w kilogramach na 1 metr □ (w ogóle należy $r = 15495$ kilogr. przyjąć); v chyżość tłoka w metrach; V prędkość jazdy w metrach; l długość skoku tłoka w metrach; l_1 drogę, jaką tłok przebiega w maszynach ekspansyjnych, dopóki zamknięcie przypływu pary nie nastąpi; m zwykle równe 0,05 spółczynnikowi dla szkodliwéj przestrzeni;

$\alpha = 0,1427$
$\beta = 0,0000473$
$\frac{\alpha}{\beta} = 3017$
Liczby, za pomocą których waga 1 kilogramu pary z wyrażenia $\alpha + \beta\ p$ obliczoną być może;

W całkowity opór pociągu w kilogramach, który pokonać musi siła $2\ O\ (p - r)$; to otrzymamy:

A. dla maszyn bez ekspansyi:

$$O = \frac{V.\ W}{2\ v\ (p - r)};$$

B. dla maszyn ekspansyjnych:

$$O = \frac{V.\,W}{2v\left[\left(\frac{\alpha}{\beta} + p\right)K - \left(\frac{\alpha}{\beta} + r\right)\right]}$$

gdzie k wyraża:

$$k = \frac{l_1}{l} + \left(\frac{l_1}{l} + m\right) \text{log. nat} \frac{l + ml}{l_1 + ml}.$$

Zwykle $m = 0{,}05$, a wtedy ta formula daje:

dla $\frac{l_1}{l}$ =	$\frac{3}{4}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{5}$
k =	0,958	0,846	0,685	0,568	0,535.

Resory. Wszystkie pióra składające resor w stanie obciążenia, powinny posiadać jednakową krzywiznę, tak aby jedno pióro dotykało drugiego na całej powierzchnii w całej długości. (Fig. 366). Nadto wszystkie pióra w środku winny być jednakowo wystawione na działanie ciężaru. Resory posiadające takowe przymioty otrzymamy wtedy, jeżeli będą zbudowane podług zasad następujących:

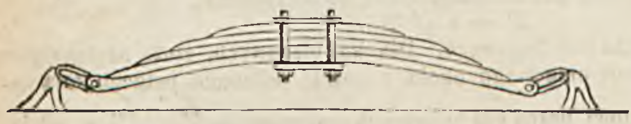


Fig. 366.

Niechaj wyrażają: $2\,l$ całkowitą długość resoru, albo całkowitą długość najdłuższego pióra w centymetrach; $2P$ obciążenie resoru w kilogramach; δ grubość metalu każdego pióra w centymetrach, która musi być jednaka dla wszystkich piór, jeżeli resor ma odpowiadać powyższym warunkom; n liczba piór w resorze; e zamiennik sprężystości stali, z której pióra wykonane zostały; I największe natężenie wywarte na każdy centymetr □ resoru; b szerokość każdego pióra w centymetrach; γ liczba równa jedności, albo większa od niéj a nawet może być nieskończenie wielką; $2l_k$ długość pióra k resoru, licząc od pióra najdłuższego do najkrótszego; dla najkrótszego jest $k = n$; R promień podług którego najdłuższe pióro w stanie nieobciążonym wygięte zostało; f_1 odległość środka najdłuższego pióra od linii prostéj, łączącéj oba jego końce w stanie nieobciążonym; f wygięcie się resoru w skutek obciążenia, czyli w skutek ciężaru $2P$ zmiana f_1.

Wszystkie długości podane są w centymetrach, a siły w kilogramach.

Otrzymamy resory odpowiadające powyższym warunkom, jeżeli następującém równaniom zadosyć uczynimy:

$$f = \frac{I\,l^2}{e\,\delta}\left(1 - \frac{1}{3\,\gamma}\right) \qquad l_k = l\,\frac{1 - \frac{k-1}{n}}{1 - \frac{k-1}{n}\,\frac{1}{\gamma}} \qquad R = \frac{l^2}{2f_1}.$$

$$Pl = \frac{n\,I\,b\,\delta^2}{6}$$

Rozmaite resory, jakie otrzymamy wstawiając od 1 do upodobanéj wielkości γ wszelkie dozwolone wartości, dadzą się na 3 klasy podzielić, a mianowicie na:

1) Resory prostokątne. Tego rodzaju resory otrzymamy biorąc $\gamma = 1$; w takim razie będzie $l_k = l$, czyli że wszystkie pióra będą sobie równe. Dla takiego resoru dają powyższe równania następujące wypadki:

$$\delta = \frac{2}{3}\frac{Il^2}{ef} \qquad e = 2000000$$
$$\qquad I = 4400$$
$$n = \frac{6\,Pl}{I\,b\,\delta^2} \qquad f = 4 \text{ do } 5 \text{ centymetrów.}$$
$$\qquad f_1 = 8 \text{ do } 10 \text{ ,,}$$
$$R = \frac{l^2}{2f_1} \qquad b = 8 \text{ do } 10 \text{ ,,}$$

2) Resory trapezowe. Tego kształtu otrzymamy resory biorąc $\gamma = \infty$. W takim razie różnice długości każdych dwóch po sobie następujących piór będą jednakowéj wielkości, forma więc resoru, jeżeli pióra nie wygięte ułożymy na sobie, będzie tworzyć trapez.

Powyższe równania, jeżeli za $\gamma = \infty$ dadzą następujące wypadki:

$$\delta = \frac{I.\ l^2}{ef} \qquad e = 2000000$$
$$\qquad I = 4400$$
$$n = \frac{6\,Pl}{I\,b\,\delta^2} \qquad f = 4 \text{ do } 5 \text{ centymetrów.}$$
$$l_k = l\left(1 - \frac{k-1}{n}\right) \qquad f_1 = 8 \text{ do } 10 \text{ ,,}$$
$$R = \frac{l^2}{2f_1} \qquad b = 8 \text{ do } 10 \text{ ,,}$$

3) Resory hyperboliczne. Otrzymamy resory tego rodzaju, jeżeli zamiast γ od jedności i od ∞ będziemy podstawiać rozmaite wartości, np. jeżeli za $\gamma = \frac{3}{2}$ wstawimy.

Jeżeli takie pióra jeszcze nie wygięte wstawimy po nad sobą, to końce piór leżeć będą w dwóch przecinających się w środku hyperbolach.

Wstawiając za $\gamma = {}^3/_2$, otrzymamy:

$$\delta = \frac{7}{9}\frac{I\,l^2}{ef} \qquad e = 2000000$$
$$\qquad I = 4400$$
$$n = \frac{6\,Pl}{I\,b\,\delta^2} \qquad f = 4 \text{ do } 5 \text{ centymetrów.}$$
$$l_k = l\,\frac{3n + 3 - 3k}{3n + 2 - 2k} \qquad f_1 = 8 \text{ do } 10 \text{ ,,}$$
$$R = \frac{l^2}{2f_1} \qquad b = 8 \text{ do } 10 \text{ ,,}$$

Czopy zewnętrzne dla kół rozpędowych i biegowych. Czopy u osi parowozowych i wagonowych, powinny mieć poniżéj wyszczególnione wymiary, jeżeli mają posiadać odpowiednią wytrzymałość i niezagrzewać się.

$$l = \frac{0{,}001\ Q\ (17 + nd)}{d}$$

$$Q = \frac{243}{\sqrt{17 + nd}} \cdot d^2,$$

gdzie: Q wyraża obciążenie czopa w kilogramach; n liczba obrotów czopa w jednéj sekundzie; d średnicę czopa w centym.; l długość czopa w centym.

Grubość osi.

A. Oś biegowa wagonowa albo parowozowa z czopami zewnętrznymi. Oznaczywszy przez: Q obciążenie czopa w kilogramach; l_1 odległość od środka czopa do środka koła w centymetrach; d średnicę czopa zewnętrznego; l długość czopa zewnętrznego; d_1 średnicę osi w środku; d_2 średnicę osi w pobliżu piasty w centymetrach; to otrzymamy:

$$\left.\begin{aligned} d_1 &= d\sqrt[3]{\frac{2\,l_1}{l}} \\ d_2 &= 1{,}1 .\ d_1 \end{aligned}\right\}\text{ w centymetrach.}$$

B. Oś biegowa lub rozpędowa parowozu z cylindrami zewnętrznymi i wewnętrznemi ramami. Oznaczywszy przez: Q obciążenie szyi osi w kilogramach; d średnicę szyi w centym.; l długość szyi w cent.; d_1 średnicę osi w samym środku; l_1 odległość od środka szyi aż do środka koła w centymetrach, otrzymamy:

$$d = d_1 = l = 0{,}32\sqrt[3]{Q\,l_1}\,.$$

C. Oś rozpędowa z korbami wewnętrznemi dla maszyny z cylindrami wewnętrznymi i ramą wewnętrzną. Oznaczywszy przez: Q obciążenie szyi osi w kilogramach; P ciśnienie na czop korbowy; l_1 odległość od środka koła aż do środka szyi osi; l_2 odległość od środka szyi aż osi do środka drugiéj obok znajdującéj się korby; d średnicę czopa korbowego; d_2 średnicę osi w środku; r promień korby; to otrzymamy:

$$d = d_1 = 0{,}32\sqrt[3]{Q\,l_1}\sqrt{1+\left(\frac{P\,l_2}{Q\,l_1}\right)^2}\,.$$

Dla otrzymania średnicy d_1 szyi osi, należy wynaleźć wartości z dwóch następnych wyrażeń:

$$0{,}32\sqrt[3]{Q\,l_1} \quad \text{i} \quad 0{,}335\sqrt[3]{P r}\,,$$

a średnica bierze się dla szyi osiowéj równą większéj wartości z owych dwóch wyrażeń.

Stosunki konstrukcyjne wykonanych parowozów. Przez porównanie wymiarów wykonanych parowozów, otrzymano następujące stosunki.

Niechaj wyrażają: d średnicę cylindra parowego w metrach; O przekrój poprzeczny cylindra parowego w metrach □; F całkowitą powierzchnię ogrzewalną kotła w metr. □; δ średnicę rurki płomiennéj kotła parowego w metr.

Kocioł parowy.

Długość rusztu	$= 0{,}114\sqrt{F}$
Szerokość rusztu	$= 0{,}114\sqrt{F}$
Powierzchnia rusztu	$= 0{,}013\ F.$
Wysokość najniższéj rurki płomiennéj nad rusztem . .	$= 0{,}080\sqrt{F}$
Wewnętrzna średnica rur minimum	$= 0{,}037$ metra
„ „ „ zwykle	$= 0{,}045$ metra
Liczba rurek płomiennych	$= 0{,}0033\ \frac{F}{\delta^2}$

Długość rurek	$= 87\,\delta$
Grubość ścian rurek	$=$ 0,002 metra
Powierzchnia ogrzewalna wszystkich rurek	$= 0{,}92\,F$.
Summa przekrojów poprzecz. wszystkich rurek	$= 0{,}00269\,F$.
Powierzchnia ogrzewalna ogniska	$= 0{,}08\,F$.
Całkowita powierzchnia ogrzewalna kotła	$= F$.
Odległość dwóch ścian tylnych ogniska od siebie	$=$ 0,08 metra.
Odległość ścian bocznych ogniska od siebie	$=$ 0,08 metra.
Odległość tybli miedzianych łączących ze sobą ściany dubeltowe ogniska	$= 0{,}12$
Średnica owych tybli	$= 0{,}02$
Średnica wewnętrzna kotła walcowego otaczającego rurki płomienne	$= 0{,}124\,\sqrt{F}$
Długość tego kotła	$= 84\,\delta$.
Grubość ścian kotła	$= 0{,}0013\,\sqrt{F}$
Grubość blachy w ścianie zewnętrznéj ogniska	$= 0{,}0014\,\sqrt{F}$
Grubość podniebienia (z miedzi) w ognisku	$= 0{,}0014\,\sqrt{F}$
Grubość ścian wewnętrznych miedzianych ogniska	$= 0{,}0014\,\sqrt{F}$
Grubość ściany ogniska w któréj utwierdzone są rurki	$= 0{,}0024\,\sqrt{F}$
Przekrój otworu klapy bezpieczeństwa	$= 0{,}0001\,F$.

Pompy.

Średnica tłoka pompy	$= 0{,}0128\,\sqrt{F}$
Skok tłoka	$=$ 0,12 metra.
Średnica otworu wentyla	$= 0{,}0058\,\sqrt{F}$
Średnica rury ssącéj i tłoczącéj	$= 0{,}0058\,\sqrt{F}$

Komunikacya pary i przepustnica.

Największy przekrój otworu przepustnicy	$= 0{,}00015\,F$.
Wewnętrzna średnica rury wprowadzającéj parę	$= 0{,}016\,\sqrt{F}$
Przekrój tejże rury	$= 0{,}0002\,F$.

Dmuchawka.

Przekrój dmuchawki	$= 0{,}0002\,F$.
„ ujścia dmuchawki maximum	$= 0{,}00017\,F$
„ „ „ minimum	$= 0{,}0000273\,F$.

Przyrząd kierowniczy.

Kąt przyśpieszenia	$= 30^0$
Przyśpieszenie linijne stawidła	$= 0{,}013\,d$.
Wewnętrzne nakrycie stawideł	$= 0{,}012\,d$.
Promień mimośrodu kierowniczego	$= 0{,}15\,d$.
Kanały wpływowe: stosunek szerokości do wysokości	$= 6{,}91$
„ „ przekrój	$= 0{,}000132\,F = 0{,}071\,O$.
Otwór wypływowy: stosunek szerości do wysokości	$= 3{,}65$
„ „ przekrój	$= 0{,}000237\,F = 0{,}14\,O$.
Stawidło: długość	$= 0{,}03\,\sqrt{F} = 0{,}63\,d$
„ szerość	$= 0{,}04\,\sqrt{F} = 0{,}82\,d$
„ powierzchnia	$= 0{,}0012\,F = 0{,}50\,O$.

Cylinder i transmissya.

Przekrój cylindra przy parowozie o dwóch cylindrach . $= 0{,}00136\ F$.
Średnica cylindra parowego . . . . $d = 0{,}0416\ \sqrt{F}$
Długość skoku tłoka . . . . $= 1{,}57\ d$.
Długość trzona korbowego . . . . $= 3{,}84\ d$.

Główne wymiary parowozów (podług Armengaud i Barraulta).

Wyszczególnienie	Pociągi mięszane	Pociągi towarowe	Pociągi osobowe
	Warsztaty kolei północnéj	Derosna i Caila	Derosna i Caila
Kocioł parowy.	metrów	metrów	metrów
Powierzchnia rusztów	1,048	0,845	1,418
Liczba rurek płomiennych	125	125	178
Średnica wewnętrzna tychże rurek . . .	0,046	0,045	0,047
Powierzchnia rurek płomiennych . . .	68,10	66,50	94,96
Powierzchnia ogniska	6,25	5,01	7,37
Całkowita powierzchnia ogrzewalna . .	74,35	71,51	102,33
Średnica kotła walcowego	0,95	0,95	1,20
Długość tegoż kotła	3,35	3,68	3,55
Objętość wody w kotle	2,427	2,228	2,779
Objętość pary w kotle	1,469	1,167	0,615
Długość dymnicy	0,665	0,849	0,675
Szerokość i wysokość	1,188	1,128	1,200
Średnica komina	0,328	0,328	0,400
Średnica pompy zasilającéj	0,060	0,105	0,064
Skok pompy zasilającéj	0,560	0,116	0,550
Największy przekrój przepustnicy . . .	0,0112	0,0120	0,0132
Mechanizm.			
Przyśpieszenie stawidła w stopniach . .	30^0	30^0	15^0
Przyśpieszenie linijne przy wpływie pary .	0,004	0,004	0,004
Przyśpieszenie linijne przy wypływie pary .	0,026	0,026	0,032
Wewnę. nakrycie stawidła (z każdéj strony)	0,001	0,001	0,0068
Zewnęt. „ „ „ „	0,025	0,024	0,028
Stosunek ekspansyi: maximum	0,80	0,80	0,80
„ „ minimum	0,25	0,25	0,25
Promień mimośrodu stawidłowego . . .	0,058	0,058	0,092
Otwór doprowadzający pod stawidłem { długość . . .	0,250	0,250	0,300
Otwór doprowadzający pod stawidłem { szerokość . . .	0,075	0,076	0,090
Stawidło { długość	0,245	0,244	0,286
Stawidło { szerokość	0,310	0,312	0,360
Odległość 2ch cylindrów od środka do środ.	1,880	2,076	1,850
Średnica cylindrów	0,380	0,380	0,400
Całkowita wewnętrzna długość cylindrów .	0,720	0,742	0,682
Skok tłoka	0,560	0,610	0,550
Długość trzona korbowego	1,825	1,470	2,310

Wyszczególnienie	Pociągi mięszane Warsztaty kolei północnéj	Pociągi towarowe Derosna i Caila	Pociągi osobowe Derosna i Caila
W ó z.	metrów	metrów	metrów
Odległość od siebie belek stanowiących ramę	1,223	1,223	1,350
Wysokość ramy	0,200	0,200	0,220
Wysokość środków buforów po nad szynami	0,955	0,955	0,950
Odległość tychże środków od siebie . .	1,727	1,727	1,727
Resory osi środkowéj — długość	0,950	0,950	0,966
Resory osi środkowéj — szerokość	0,090	0,090	0,100
Resory osi środkowéj — wysokość w środku	0,158	0,140	0,115
Resory osi środkowéj — strzała wygięcia (obciążone) .	0,054	0,080	0,115
Średnica kół — na osi środkowéj . . .	1,740	1,220	1,220
Średnica kół — na osi tylnéj	1,740	1,220	2,100
Średnica kół — na osi przodowéj . . .	1,040	1,220	1,350
Oś środkowa — średnica czopa	0,160	0,160	0,180
Oś środkowa — długość czopa	0,150	0,150	0,250
Oś środkowa — średnica głowy koła . . .	0,180	0,180	0,190
Oś środkowa — grubość w środku	0,160	0,155	0,150
Odległość wewnętrzna kół	1,355	1,355	1,355
Śladomiar (odległość pomiędzy szynami) .	1,440	1,440	1,440
Odległość osi zewnętrznych	4,420	2,935	4,860
Odległość osi przodowéj od środkowéj . .	2,200	1,585	2,300
Szerokość obręczy	0,140	0,140	0,140
Stożkowatość téjże	1/20	1/20	1/20
C i ę ż a r y.	tonny	tonny	tonny
Ciężar parowozu bez wody	21,710	20,072	24,197
„ „ z wodą	24,397	22,300	27,319
Ilość wody w tendrze	5,783	5,783	6,390
Ciężar koksu	1,750	1,750	1,225
Ciężar próżnego tendra	7,366	7,366	9,951
Ciężar tendra obładowanego	14,899	14,899	17,566

415. Szkodliwe ruchy parowozu. Przypatrując się z blizka ruchowi parowozu w pełnym biegu będącemu, to ruch ten przedstawia się oczom naszym, jako odbywający się zupełnie w kierunku kolei i z jednostajną chyżością. Jeżeli jednak staniemy na pokładzie obok maszynisty, to natychmiast uczujemy i ujrzymy, że ruch ten nie jest tak łagodnym i prostym, jak się to na poprzedniém stanowisku wydawało, ale że takowy odbywa się z towarzyszeniem rozmaitych kołysań, wstrząśnień, drgań, kręceń i t. p. ruchów szkodliwych. Czujemy, że miejsce na którém stoimy, wznosi się do góry i na dół opada; że posuwa się naprzód, to znów w tył się cofa; że kocioł i wszystkie z nim połączone części, ulegają ciągłym ruchom i w różnych kierunkach; a oprócz tego, że parowóz nie posuwa się zupełnie w kierunku kolei, lecz kręci się pomiędzy szynami to w prawo, to w lewo.

Wszelako parowóz, aby celowi swemu w zupełności odpowiedział, powinien koniecznie odbywać ruch z jednostajną chyżością, i aby każdy punkt na parowozie wzięty, odbywał drogę równoległą od osi kolei, czyli, aby linije proste i krzywizny nakreślone przez te punkta, były zupełnie równoległemi od idealnéj osi kolei; aby osoby i towary przewożone, żadnych nienormalnych i wyraźnych, nie doznawały wstrząśnień. Wszelkie zaś zboczenia tego rzeczywistego ruchu, od ruchu jednostajnie umiarkowanego, są *ruchami szkodliwymi*, niweczącymi budowę parowozu, a jeżeli ich moc dojdzie do pewnéj granicy, ruchy te mogą nawet wykolejenie parowozu sprowadzić.

Szczególniéj widocznymi okazują się te szkodliwe ruchy, jeżeli maszyna silna, ma tylko ciągnąć kilka wagonów; lub jeżeli podczas szybkiéj jazdy, regulator nagle zamkniemy, czyli przypływ pary z kotła do cylindrów zatamujemy, wtedy to następuje silne uderzenie pomiędzy tendrem i maszyną.

Dla usunięcia lub przynajmniéj złagodzenia tych szkodliwych ruchów, potrzebna jest dokładna znajomość przyczyn i okoliczności, któremi te ruchy wywołanemi zostały. Lechatelier, który między innymi uczonymi technikami francuzkimi zastanawiał się nad tymi ruchami, aby je dokładnie zbadać, zawiesił lokomotywę w czterech narożnikach ramy na długich łańcuchach tak, aby się koła szyn zupełnie nie dotykały. Następnie wzniecił ogień pod kotłem i maszynę uruchomił, lub téż koła pociągowe wprawiał w ruch, za pomocą innéj zewnętrznéj siły. Redtenbacher robił takie same doświadczenia, na odpowiednim modelu. Z rachunku zatém ścisłego i wyszczególnionych tutaj doświadczeń wypływa, że szkodliwe ruchy parowozów są głównie dwojakiego rodzaju, to jest całego parowozu (kotła wraz z ramą i kołami), oraz ruchy samego ciężaru na resorach spoczywającego.

Ruchy parowozu jako całkowitego ciężaru, mają swoje źródło w ruchu mass, stanowiących tłoki, trzony tłokowe, korby, trzony korbowe i trzony wiążące osi ze sobą; ruch tych mass wywołuje oscyllacyę środka ciężkości całego parowozu tam i nazad, w kierunku osi podłużnéj maszyny, i jednocześnie wywołuje ruchy około osi pionowéj, przechodzącéj przez tenże środek ciężkości maszyny.

Ruch pierwszy, nazywa się *ruchem posuwistym* naprzód i w tył (Zucken, Rücken; le tangage) parowozu; drugi zaś zowie się *ruchem wijącym* lub *wężykowatym* (Schlängeln, Schlinkern, le lacet).

Ruchy ciężaru na resorach spoczywającego (bez ram, kół i osi), wywoływane są przez rozmaite siły, a mianowicie: przez ciśnienie krzyżulca na przewodnik górny i dolny; przez za wielką czułość czyli sprężystość resorów; przez ciśnienie pary na powierzchnię pokryw cylindrowych; przez uderzenia z nierówności drogi pochodzące; w skutek oscylacyi wody w kotle zawartéj przy każdéj zmianie prędkości maszyny i t. p. Tutaj znów trzy pokazują się ruchy: mianowicie pierwszy, usiłujący obrócić budowę górną (kocioł i maszynę) około osi pozioméj podłużnéj, przechodzącéj przez środek ciężkości, i ten zowie się *ruchem chwiejącym* (Wanken, Schwanken, le roulis) parowozu; drugi ruch jest podobnież obrotowym około osi poziomej poprzecznéj, przez tenże sam środek ciężkości przeprowadzonéj, nazywany *ruchem galopującym* (das Nicken, le galop); i nakoniec trzeci, powstający w skutek oscylacyi wzmiankowanego środka ciężkości w kierunku linii prostéj do góry i na dół, a ruch ten nazywa się *ruchem podskakującym* (das Wogen). Te ostatnie trzy ruchy: t. j. chwiejący, galopujący i podskakujący razem wzięte, nazywane znowu być zwykły: *ruchem zwodniczym* (das Gaukeln).

Redtenbacher w swém dziele: *Die Gesetze des Lokomotivbaues*, daje w tym względzie następujące wskazówki: „Z praktycznych i teoretycznych moich poszukiwań wynika, że owe szkodliwe ruchy, można do minimum zredukować, zachowując następujące warunki:

A) Ruchy wywołane ciśnieniem krzyżulców o swoje przewodniki górne i dolne, staną się bardzo małymi:

1) Jeżeli parowóz tylko małą siłą poruszany będzie, lub jeżeli będzie miał stosunkowo mały do pokonania opór.

2) Jeżeli trzony korbowe w stosunku do korb są bardzo długie.

3) Jeżeli cylindry o ile można obok siebie jak najbliżéj leżą. Dla tego przekładają się cylindry wewnętrzne nad cylindry zewnętrzne.

4) Jeżeli resory posiadają wysoki stopień niegiętkości.

5) Jeżeli odległość pozioma resorów, mierzona równolegle do osi kół, jest wielka. Ztąd resory zewnątrz kół będące, korzystniéjsze są od resorów wewnętrznych. Śladomiar (Spurweite) wielki, jest również bardzo korzystny.

6) Jeżeli przy najszybszym ruchu parowozu, czas obrotu kół rozpędowych (Triebräder) jest mniéjszy, od czasu wachnięcia się ciężaru na resorach leżącego.

B) Ruchy zaś wypływające z nierówności drogi, zredukowane będą do minimum:

7) Jeżeli środek ciężkości parowozu leży jak najniżéj.

8) Jeżeli resory w kierunku osi pociągowéj (Triebaxe) mierzone, umieszczone są z daleka od siebie.

9) Jeżeli resory są niegiętkiemi; skutkiem jednak czego następują uderzenia twarde, które są daleko szkodliwsze od ruchów chwiejących.

10) Jeżeli szyny kolei są bardzo długie, tak, że czas jakiego potrzebuje parowóz aby szynę przebiedz, jest znacznie dłuższym, od czasu wachnięcia maszyneryi.“

Jakkolwiek ogólne i dobre urządzenie parowozu zupełnie odpowiada stałości ruchu, to przecież massy oscyllujące i wirujące mechanizmu ruchowego, oraz przenoszenie skutków pary na koła, wywołują rozmaite ruchy szkodliwe, które tę stałość niweczą.

Tłoki, trzony tłokowe, krzyżulce, trzony korbowe, trzony wiążące i korby, o czém już mówiliśmy wyżéj, sprawiają głównie te szkodliwe ruchy, tak w kierunku poziomym jako pionowym maszyny, raz z tego powodu, że podczas ich ruchu, położenie środka ciężkości maszyny, przenosi się z jednego miéjsca na drugie, a powtóre, że te massy takie momenta bezwładności i siły odśrodkowe wywołują, które się raz na jednéj, drugi raz na drugiéj, trzeci raz po obu stronach maszyny, jako ilości dodatnie lub ujemne objawiają; skutkiem czego parowóz w swym ruchu, obrócić się usiłuje naprzemian, to około osi pionowéj, lub pozioméj podłużnéj, lub téż poziom éj poprzecznéj; a dodawszy jeszcze zużycie się obręczy i maźnic, łatwo znajdziemy przyczynę, tworzenia się owych ruchów szkodliwych, których konstruktorowie nie mogąc zupełnie usunąć, moderują je przynajmniéj do pewnéj granicy, za pomocą *przeciwciężarów* (Gegengewicht; Contre poids), umieszczonych na kołach rozpędowych parowozu.

Przeciwciężary największe wypadają wtedy, gdy cylindry leżą zewnątrz ramy i jeżeli korby wiążące są zarazem korbami maszyny. Przeciwciężary zaś najmniéjsze wypadają wtedy, gdy cylindry leżą wewnątrz ramy i gdy korby wiążące znajdują się w kierunku przeciwnym do korb maszyn parowych, czyli pod kątem 180⁰.

Dla przykładu weźmy maszynę, nie mającą trzonów wiążących i gdy cylindry znajdują się wewnątrz, to kąt *e a d* = *a* (Figura 367A) jaki tworzą z sobą i z osią pociągową dwa przeciwciężary *q* i *q* umieszczone na obu kołach rozpędowych czyli pociągowych, to jest prawém i lewém, będzie kątem ostrym. Kąt ten jak widzimy, znajduje się wewnątrz kąta prostego *g a f*, który odpowiada przedłużonym kierunkom korby na obudwóch kołach rozpędowych, prawém i lewém. Tymczasem kąt *g a d* czyli *a* utworzony przez przeciwciężary *q q* na obu kołach umieszczone, z osią pociągową na fig. 367 B

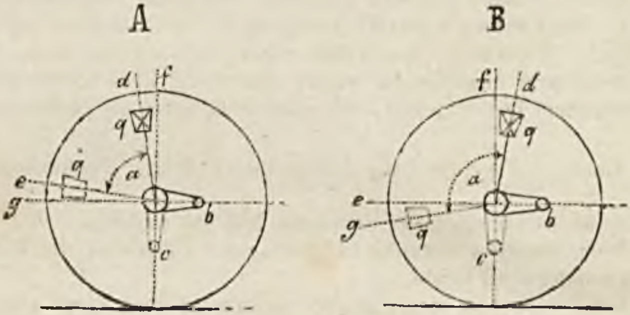


Fig. 367 A. Fig. 367 B.

większy jest od 90⁰ czyli od kąta *e a f*, gdy cylindry parowe leżą zewnątrz ramy. *b* i *b* są to korby jednego koła, a *c* i *c* są korbami drugiego koła pociągowego. W tym ostatnim razie, daje się także kąt *a* = 90⁰, lecz wtedy przeciwciężary leżą w kierunkach przeciwnych do korb maszynowych, wszelako zawsze w odpowiedniéj odległości od osi pociągowéj.

Przy maszynach ciężkich towarowych, przy których wszystkie koła są związanemi, przeciwciężary wypadają tak wielkie, że je jednostajnie na wszystkie koła rozłożyć trzeba.

Oprócz tego bardzo ważną jest rzeczą, przy obliczaniu wielkości przeciwciężarów, nie tylko mieć wzgląd przy wielkich chyżościach maszyny, na unikanie wykolejenia się onéj, ale również mieć trzeba na oku i oszczędność obręczy.

Sposób wynajdywania wielkości przeciwciężarów dla kół rozpędowych czyli pociągowych jest następujący:

Jeżeli K = ciężarowi korby zredukowanemu na czop tejże korby; L = ciężarowi trzona korbowego; M = ciężarowi tłoka wraz z krzyżulcem; r = długości korby = $1/2$ skoku tłoka; r_1 = odległości środka ciężkości przeciwciężaru utwierdzonego pomiędzy szprychami do środka osi pociągowéj; h = odległości środka jednego cylindra od środka drugiego cylindra; i h_1 = odległości środków kół od siebie, wtedy waga przeciwciężaru, potrzebnego dla zniesienia wszelkich szkodliwych ruchów poziomych, będzie:

$$Q = \frac{h + h_1}{2\,h_1}(K + L + M)\frac{r}{r_1} \;.\;.\;.\;(1)$$

a waga przeciwciężaru dla zniesienia wszelkich szkodliwych ruchów pionowych, będzie:

$$Q_1 = \frac{h + h_1}{2\,h_1}\left(K + \frac{L}{2}\right)\frac{r}{r_1} \;.\;.\;.\;(2)$$

Formuły te służą dla maszyn z pojedyńczemi osiami pociągowemi i z cylindrami poziomymi.

Przy maszynach wiązanych czyli kuplowanych, jeżeli L_1 = ciężarowi trzona wiążącego; K_1 = ciężarowi korby zredukowanemu; h_2 = odległości trzonów korbowych; otrzymamy przeciwciężar dla osi wiązanych:

$$Q_2 = \frac{h_2 + h_1}{2\,h_1}\left(K_1 + \frac{L_1}{2}\right)\frac{r_1}{r} \;.\;.\;.\;(3)$$

który służyć będzie tak dla zniesienia szkodliwych ruchów pionowych jako i poziomych.

Przy maszynach wiązanych z cylindrami wewnętrznymi, trzony wiążące i trzony korbowe, stoją zwykle do siebie pod kątem 180^0, wartość więc:

$$\frac{h_2 + h_1}{2\,h_1}\left(K_1 + \frac{L_1}{2}\right)\frac{r}{r_1}$$

należy od przeciwciężaru osi pociągowéj odjąć.

Widzimy z (1) i (2) wyrażenia, że każda maszyna wymaga dwóch różnych przeciwciężarów Q i Q_1 dla zniesienia szkodliwych ruchów tak w kierunku poziomym jako i pionowym. W praktyce jednak daje się tylko jeden przeciwciężar, średnio arytmetycznie proporcyonalny wyrażeniom (1) i (2). Oznaczywszy więc ów przeciwciężar, średni osi pociągowéj, przedstawiony na Figurze 367 A i B przez q otrzymamy:

$$q = \frac{Q + Q_1}{2}.$$

Przy maszynach więc wiązanych z cylindrami zewnętrznymi, będzie przeciwciężar osi pociągowéj:

$$q_1 = q + \frac{h_2 + h_1}{2\,h_1}\left(\frac{L_1}{2}\right)\frac{r}{r_1} \;.\;.\;.\;(4)$$

a dla takich maszyn z cylindrami wewnętrznymi, będzie przeciwciężar osi pociągowéj:

$$q_1 = q - \frac{h_2 + h_1}{2\,h_1}\left(K_1 + \frac{L_1}{2}\right)\frac{r}{r_1} \;.\;.\;.\;(5).$$

Fabryka machin A. hr. *Zamoyskiego* i Wsp. pierwsza w kraju, budowała wagony żelazne tak zwane *węglarki* (Kohlenwagen) dla Drogi żel. Warsz. Terespolskiéj. W roku 1862 taż fabryka rozpoczęła budowę lokomotyw dla Drogi żel. Warsz. Wied., z powodu jednak zmiany administracyi na téj drodze, dalsza budowa wstrzymaną została. Gdyby nie ta okoliczność, byłby kraj posiadał dotąd lokomotywy własnego wyrobu.

ROZDZIAŁ XIX.

MŁYNY.

416. Historya młynów. Pierwotni ludzie, żywili się owocami, jakie wydawały drzewa i nie uprawiana jeszcze podówczas ziemia.

Podług *Pliniusza* Ceres pierwsza uprawiała żyto, dawniej bowiem żywiono się żołędzią. Mojżesz powiada, że już Kain był rolnikiem (ks. 1 Mojż., roz. 4, w. 3), a Noe po potopie, również nim został.

Uprawa jednak zboża, mogła dopiero wtedy przynieść pożytek ludzkości, gdy się nauczono wyrabiać z ziarna mąkę, co także Pliniusz przypisuje Cererze, ale według spartańskiego podania sposób przerabiania ziarna na mąkę wynalazł niejaki Myles, i że najpierwéj w mieście Alesia zatrudniano się taką robotą. Najpierwszemi machinami do przerabiania ziarna na mąkę były niezawodnie moździerze lub stępy wyrabiane z drzewa, kamienia, a nakoniec z metalu. Że w taki sposób starożytni otrzymywali mąkę, przekonywają nas o tém malowania ścienne u Egipcyan, mianowicie w ruinach tebańskich.

Moździerzy i pałek używali także i Izraelici w puszczy Sinai do przerabiania manny na mąkę.

Staunton w swoich podróżach po Chinach, opisuje podobnego rodzaju przyrząd, mianowicie moździerz z tłuczkiem umocowanym na dwuramiennym drągu do zamiany ziarna na mąkę. Dodaje przytém Staunton, że tak moździerze jak i tłuczki są wyrabiane z kamienia.

Na użycie kamieni młynarskich, mógł wpłynąć sposób rozcierania ziarna między kamieniami za pomocą ręki, co opisuje *Niebuhr* w swoich podróżach po Arabii, a późniéj kapitan *Péron* u Indyan w wyższéj Kalifornii.

Kto pierwszy zaprowadził młyny do mielenia zboża, zupełnie jest niewiadomo; ale to nie ulega żadnéj wątpliwości, że na lat 1600 przed Chrystusem, już były Izraelitom znane, gdyż w 5 księdze Mojżesza, rozdziale 24, wierszu 6, powiedziano: „Nie będziesz fantował dolnego i górnego kamienia.“

Ale kamienie owych młynów, były bardzo małe, nie ważyły nad 50 funt., a średnica ich nie przenosiła 12 cali, grubość górnego kamienia wynosiła 4 $^1/_2$

cali, dolnego zaś całkiem gładkiego $2\frac{1}{2}$ cali. Na wschodzie i w Chinach, młyny tego rodzaju, u nas zwane żarnami, dotychczas się utrzymują.

Tournefort w swojém dziele: „Voyage du Levant“ powiada, że widział młyn na wyspie Nikaria, w którym przez otwór w środku kamienia górnego zasypywano zboże, takowe wpadało pomiędzy kamień górny ruchomy i dolny nieruchomy, a obrót kamienia górnego, około 2 stóp średnicy mającego, uskuteczniał się ręką ludzką za pomocą korby.

Clarke (Annales de voyages) znalazł w dziedzińcu pewnego domu w Nazarecie, dwie kobiety siedzące, zajęte mieleniem zboża, za pomocą drąga drewnianego do kamienia górnego przytwierdzonego. Jedna kobieta wykonywała połowę obrotu kamienia i podawała drąg drugiéj, która dokonawszy drugą połowę obrotu kamienia górnego, oddawała drąg pierwszéj; lewą ręką wrzucały zboże pod kamienie otworem górnym, w miarę wychodzenia mąki otworem dolnym. Takiéj saméj konstrukcyi były młyny do mielenia ryżu, które Staunton opisuje w swojéj podróży w r. 1797 odbytéj w Chinach. Ryż wrzucany był pomiędzy dwa kamienie płaskie kształtu walcowego, które jednak tak daleko leżały od siebie, że ziarna pomiędzy nie wprowadzone były tylko wyłuskiwane ze skórki, ale nie ulegały zgnieceniu.

Pierwsze, prawie niewątpliwe wiadomości o kształcie i urządzeniu dawnych młynów z dwoma kamieniami, datują się z czasów rzymskich, albowiem przy rozkopywaniu ruin pompejańskich, znaleziono między innemi osobliwościami i oryginalne młyny. O geognostycznych przymiotach kamieni, podaje wiadomość Pliniusz, zkąd się pokazuje, że już wtedy o tém dokładnie wiedziano, że nie każdy gatunek kamienia, może być na kamienie młyńskie zużytkowany. Do oddzielania mąki od śruty i otrąb, używano wówczas podług Pliniusza sit grubych i cienkich, wyrabianych z końskich włosi lub płótna. W handlu znano już podówczas cztery gatunki mąki. W pierwszych czasach, mieleniem zboża zajmowały się kobiety, szczególniéj też niewolnice; następnie używano niewolników mężczyzn i przestępców, którym zakładano na szyi drewnianą tarczę, aby nie mogli rękami brać mąki i takowéj zjadać.

Po wprowadzeniu większych rozmiarów kamieni, zaczęto je dopiero siłą zwierząt, mianowicie siłą koni, wołów lub osłów poruszać.

Dopiero Vitruviusz podaje nam pierwsze pewne wiadomości o młynach zbożowych, poruszanych kołami wodnemi podsiębiernemi. Rzymianom więc, należy przypisać rozpowszechnienie młynów w Europie.

417. Młynarstwo amerykańskie. Dawne młyny i dawny system mielenia, w niczém prawie nie zmieniony, przetrwał aż do początków ośmnastego stulecia, gdzie trzy wielkie wypadki razem się spotkały i zupełnie nowy kierunek cywilizacyi świata nadały. Tymi wypadkami były: wojna o wyswobodzenie się Ameryki północnéj z pod panowania Anglików, udoskonalenie maszyny parowéj przez Watta i rewolucya francuzka, ze swojemi następstwami. Te wielkie wypadki dziejowe, wywarły przedewszystkiem swój dobroczynny wpływ na przemysł amerykański; gdzie nagromadzone wielkie zapasy zboża, zmuszały przedsiębierców do wywózki mąki, a brak sił do pracy, zastąpiła mechanika racyonalna. Ztąd to, z początkiem bieżącego stulecia w Ameryce północnéj, szczególniéj zaś w Pensylwanii i nad Mississipi widzimy setki młynów urządzonych wzorowo, które pod względem konstrukcyi i skutku przewyższają wszystko, co dotąd dla młynarstwa zdziałano.

Główném zadaniem owych młynów było, z téj saméj ilości ziarna otrzymywać jak największą ilość mąki w czasie jak najkrótszym; części mączne ziarna, jak najdokładniéj od skórki odłączyć, unikając niższych gatunków mąki. Te warunki osiągniętymi zostały, za pomocą środków następujących: przez jak najdokładniéjsze oczyszczenie ziarna przed jego zmieleniem; przez udoskonalenie przyrządu młyńskiego; przez zastósowanie jak najlepszych kamieni młyńskich, tak zwanych francuzkich z la Ferté-sous-Jouarre i z Bergerac; przez zastósowanie sit czyli pytli cylindrowych z silnie natężonym płaszczem z gazy jedwabnéj, zamiast dawnych worków wełnianych dla oddzielania produktów mącznych; przez zaprowadzenie przyrządów zwanych *paternoster* i *śrub Archimedesa* do przeprowadzania zboża i mąki z jednego miejsca na drugie. Te wszystkie zaprowadzone przyrządy w młynach amerykańskich, uwolniły młynarza od ciężkiéj i mozolnéj pracy, i uczyniły z niego kierownika, dozorcę i obserwatora całéj maszyneryi, która tę pracę teraz za niego wykonywa.

Figura 368 przedstawia jeden z takich amerykańskich młynów w przekroju podłużnym, zbudowany przez Tomasza Ellikott nad rzeką Okkoquam.

Zboże spławione statkiem Z do samego młyna, wsypuje się do kosza a zkąd za pomocą śruby $b\,b$ dostaje się do zbiornika B. Ztamtąd elewator $c\,c$ złożony z pasa bez końca, opatrzonego małemi wiaderkami, podnosi zboże do góry i oddaje go bardzo długiéj śrubie $d\,d$, umieszczonéj pod podłogą drugiego piętra, która zsypuje takowe do wielkiego kosza e, zkąd za pomocą śruby e' dostaje się do elewatora $f\,f$, który prowadzi je aż pod dach do pierwszéj maszyny oczyszczającéj. Maszyna ta składa się z sita drucianego naciągniętego na cylinder $g\,g$, gdzie ziarno oczyszcza się z kurzu, słomy, gliny i t. p. części obcych, i który przy 2-stopowéj średnicy robi 25 obrotów w minucie czasu. Ztąd zsypuje się zboże do zbiornika h_2 a za pomocą elewatora i dostaje się do drugiéj maszyny oczyszczającéj j, która obskrobuje brud na łusce ziarnka będący. Maszyna ta opatrzona jest wentylatorem dla szybszego oddalania kurzu i nieczystości. Z téj ostatniéj maszyny oczyszczającéj, udaje się znowu zboże do śruby k, która takowe jednostajnie na prawo i lewo w poziomym kierunku prowadzi i do zbiorników $l\,l$ wsypuje, zkąd dostaje się do l_1 a ztamtąd do koszów l_2 spada. Z koszy udaje się zboże pomiędzy kamienie m wyłącznie francuzkie, gdzie się przemiela na zupełnie suchą mąkę. Z kamieni udaje się produkt (śruta, mąka i otręby) do transporterów $n\,n$, które go oddają elewatorom $o\,o$, a te znowu wsypują rurą φ do zbiornika q, w którym odbywa się proces chłodzenia; ztamtąd po ochłodzeniu udaje się produkt do pytla cylindrowego δ naciągniętego gazą jedwabną. Aby przesiewanie odbywało się z całą dokładnością, daje się pytlowi ruch obrotowy a zarazem wstrząsający, dla ułatwiania przejścia mąki przez otwory gazy. Pytlowi daje się średnicę 26 do 30 cali, 18 do 20 stóp długości i 25 obrotów w minucie. Do tego celu bierze się gazę rozmaitéj gęstości, podzieloną na 2, 3 albo więcéj części r_1 i r_2, aby tym sposobem otrzymywać było można mąkę rozmaitych gatunków, gdy tymczasem śruta i otręby w kierunku osi pytla, odprowadzane są do γ. W miéjscach r_1 i r_2 zgromadzona mąka przez otwory $t\,t$ wpada do komory t_1, następnie pakuje się w beczki u, które odważają się przy v, a przy w szczelnie zamykają. Następnie odprowadzają się beczki do drzwi y któremi dostają się znowu na tenże sam statek Z, który dostawił surowe zboże do młyna. Reszta mlewa która przeszła przez pytel δ w kierunku osi, nie mogąc przejść dla swéj objętości, przez otwory gazy, podnosi elewator $\gamma\gamma$ do góry, wpuszcza ją do rur $\zeta\zeta$ zkąd udaje się do grubszego pytla η, gdzie się powtórnie odsiewa, ztąd otrzymana mąka udaje się elewatorom μ i rurą φ powtórnie udaje się do chłodnicy (hopperboy) q. Ztamtąd puszcza się ją jeszcze raz przez pytel cy-

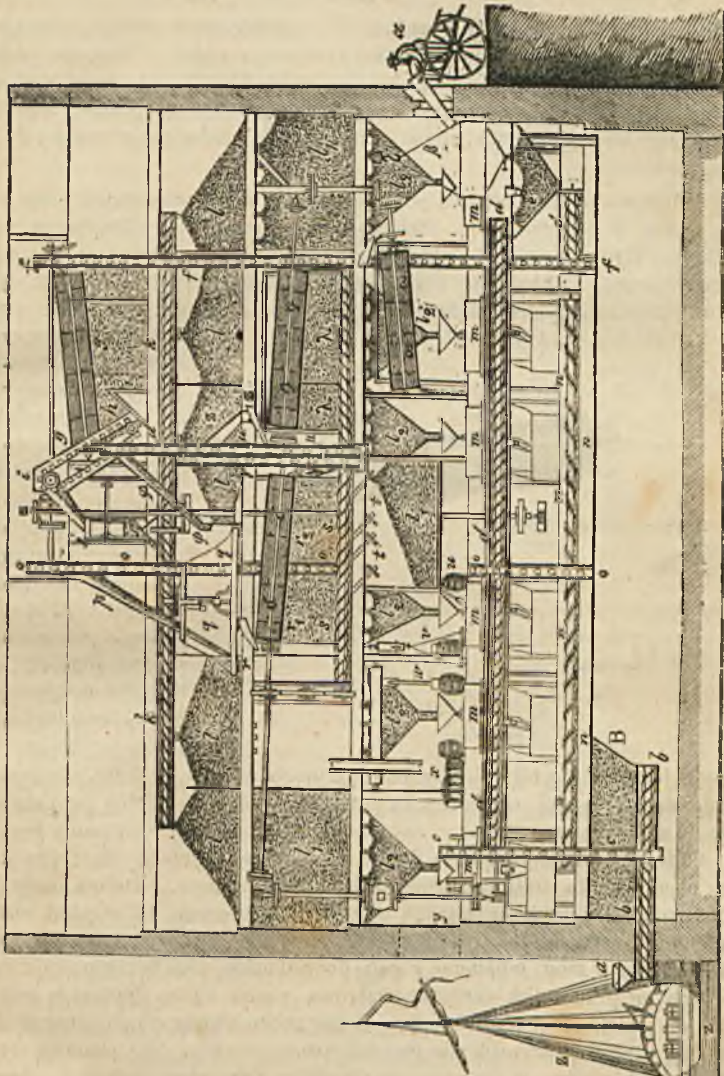


Fig. 368.

lindrowy δ. Reszta mlewa która wyszła na zewnątrz w kierunku osi pytla, wprowadza się jeszcze raz do 3-go pytla jeszcze grubszą gazą naciągniętego ω, zkąd nie przesiana otręba wpada do zbiornika w dolnym piętrze ustawionego. Jeżeli zboże do zmielenia przeznaczone, przybywa na wozie α drogą lądową, to wsypuje się go rurą w ścianie budynku umieszczoną do młyna, gdzie się za pomocą wagi sprężynowéj odważa, następnie wsypuje się do zbiornika β. Ztamtąd udaje się zboże do kosza *e* i odbywa tę samą drogę, którą opisaliśmy wyżéj, nim się zamieni na mąkę.

418. Opis szczegółowy maszyn do czyszczenia zboża, do chłodzenia mąki i do pytlowania. W powyższym paragrafie, opisując sposób postępowania przy zamianie ziarna na mąkę, dotknęliśmy tylko ogólnikowo niektórych maszyn, których konstrukcya zasługuje na bliższe poznanie, a mianowicie: maszyny do czyszczenia zboża, maszyny do chłodzenia mąki i do pytlowania.

a) *Maszyna do czyszczenia zboża.* Figura 369 przedstawia nam taką maszynę zwaną u Amerykanów: *Rolling Screen and Fan*, zbudowaną przez znakomitego inżyniera amerykańskiego *Oliwiera Evansa* i powszechnie przez młynarzy używaną. Składa się ona głównie z dwóch współśrodkowych cylindrów sitowych ustawionych ukośnie, obracających się około wspólnéj osi *c*, a przy 2 $^1/_2$ do 3 stopowéj średnicy, robiących 15 do 18 obrotów w minucie czasu.

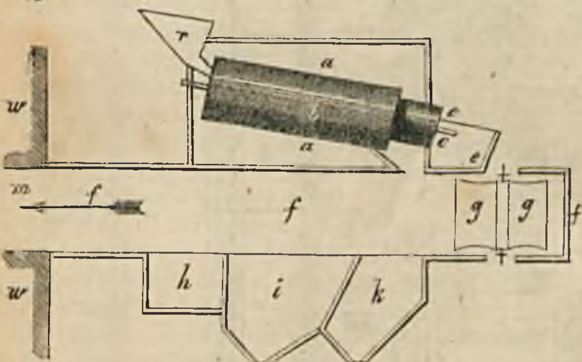


Fig. 369.

Zboże przeznaczone do czyszczenia, cienkim strumieniem wpuszcza się do wewnętrznego cylindra drucianego *b*, którego otwory są takiéj wielkości, że ziarno wpada przez nie do zewnętrznego cylindra *a*, podczas gdy wszystko co jest dłuższe i grubsze, pozostaje w pierwszym cylindrze. Ponieważ cylinder wewnętrzny *b* jest dłuższy od cylindra zewnętrznego, przeto grubsze nieczystości oddzielają się od ziarek, wychodzą na zewnątrz cylindra i dolną jego stroną *c* wpadają do zbiornika *e*. Krótszy zaś zewnętrzny cylinder opatrzony jest tak drobną siatką, że przez nią żadne dobre ziarnko nie przeleci, ale tylko kurz, mniejsze obce ziarnka, tudzież ziarnka chude lub przecięte. Dobre ziarno wychodzi z drugiego cylindra *a* wązkim ale długim otworem do skrzyni wiatrowéj *f* głębokiéj przynajmniéj 3 stopy, aby ziarnka przebywały długą drogę, i aby wentylator *g* mógł oddzielać z całą dokładnością lekkie ziarnka od zdrowych. Przy *m* przechodzi skrzynia wiatrowa przez ścianę budynku *w* i komunikuje się z otwartém powietrzem. Gdzie zboże wpada do zbiorników *i* tudzież *k*, dno skrzyni wiatrowéj nie jest całkowicie otwarte, lecz posiada wycięcia długości zbiornika, a $^1/_2$ cala szerokości. Nad zbiornikiem *h* skrzynia wiatrowa jest nieco szersza, dla zmniéjszenia ciągu, a tém samém dla ułatwienia wypadania czystości. Maszyna ta wrzuca zdrowe i ciężkie ziarna do zbiornika *k*, lekkie zaś ziarnka i obce części wpadają do *i*, słoma zbiera się w *h*, gdy kurz i inne odpowiednie mu cząsteczki przy *m* wypędzają się z młyna.

b) *Chłodnica amerykańska* (*Hopperboy*). Maszynę tę przedstawia nam Figura 370. Składa się ona z wału pionowego *a*, w którego środku znajdują się dwa ramiona *b b*, a na dole również dwuramienne mieszadło *c c*. Na lince przymocowanej do hełży *f* i przechodzącej przez krążek *g* wisi całe mieszadło, równoważone przeciwciężarem *h*. Położenie łopatek lub zębów *k* można widzieć na planie powyższej figury. Łopatka *c* na końcu mieszadła umieszczona służy do tego, aby mąkę dostarczaną z kamieni elewatorem, zgromadzać i następnym łopatkom poddawać. Łopatki zaś środkowe *m m*, mają takie położenie, że zgrzebują mąkę w rury *n n*, zkąd takowa udaje się do pytli. Nadmieniamy się przytém, że łopatki *c c* tak w końcach mieszadła jako też w środku takowego *m m* mają formę skrzynek, aby mąkę z łopatek *c c* łatwiéj odbierać i łopatkami *m m* do rur *n n* wgarnywać było można. Średnica takiéj chłodnicy wynosi zwykle 12 do 18 stóp, a liczba obrotów na koło zębate stożkowe *d* przeniesiona, wynosi najwyżéj 4 do 5 w minucie; tak, że mąka wolnym ruchem odbywać musi drogę dość długą od zewnętrznego obwodu mieszadła aż do jego środka, nim się na pytle rurami *n n* dostanie.

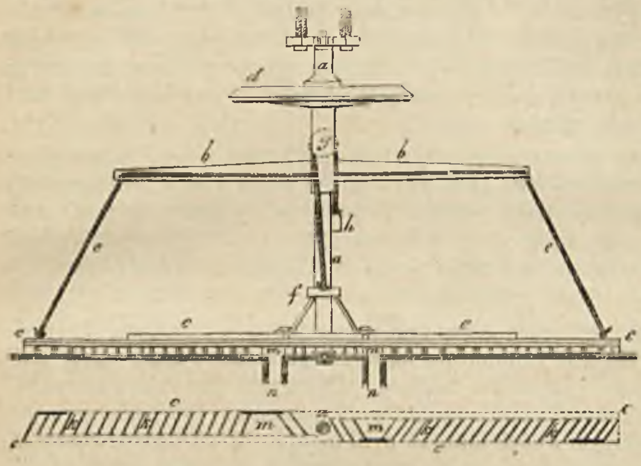


Fig. 370.

c) *Maszyna do pytlowania*. Urządzenie amerykańskich pytli, przedstawiają Figury 371 i 372. Figura 371 przedstawia przekrój podłużny, zaś Fig. 372 widok poprzeczny. Wiązanie pytlowe stanowią drewniane pryzma-

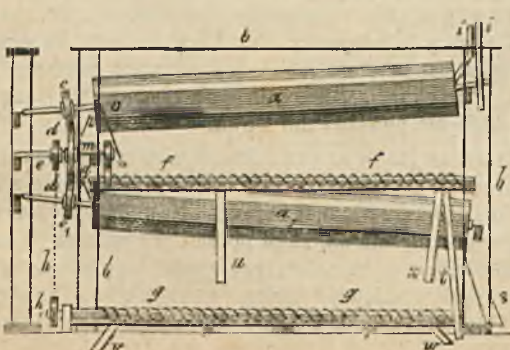


Fig. 371.

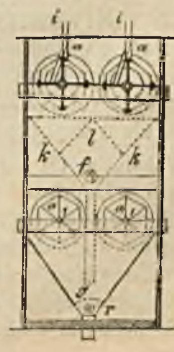


Fig. 372.

tyczne żebra, których normalne przekroje, tworzą zwykle regularne sześciokąty, na których naciągnięta jest gaza holenderska jedwabna (nigdy metalowa). Pospolicie w jednéj skrzyni $b\,b$ ustawia się takich pytli jak $a\,a_1$ cztery obok siebie i nad sobą, od punktu wejścia mąki $i\,i$ nieco pochyło. Przy długości 18 do 20 stóp i około 28 cali średnicy, robią owe pryzmatyczne pytle zwykle 25 obrotów na minutę. Potrzebny ruch przeniesiony jest z pary kół zębatych stożkowych na walec e na którém znajduje się kółko d mocno osadzone, za pomocą którego oba tryby c i c_1 w ruch się wprawiają; te ostatnie tryby utwierdzone są na osiach pytli a i a_1. Aby w czasie działania pytli, nagromadzoną w skrzyni mąkę odprowadzić, umieszczają się na najniższych miéjscach w skrzyni transportery czyli śruby f i g, z których druga g poruszana jest za pomocą transmissyi pasowéj $h\,h_1$ wychodzącéj od walca e; pierwsza zaś śruba f poruszana jest kółkami zębatemi $m\,n$.

Mąka przesiana dwoma górnymi pytlami (najdelikatniéjszą obciągniętymi gazą) wpada do przestrzeni $k\,k\,l$ (Fig. 372) gdzie śruba f leży, podczas gdy grubsze części jak śruta i otręby wpadają do przegrody p skrzyni pytlowéj i po ścianie pochyłéj q udają się do drugich dwóch pytli a_1, obciągniętych grubszą gazą. Tutaj znów przepytlowana mąka wpada do zbiornika r, gdzie się śruba g znajduje, a pozostałe otręby uprowadza rura s na zewnątrz skrzyni pytlowéj.

Na dnie skrzyni, gdzie się górna śruba transportowa f porusza, znajduje się daléj rura drewniana t, prowadząca najwyższego gatunku mąkę czyli najprzedniejszą z górnego pytla a do osobnego zbieralnika (na szkicy nie pokazanego); drugi zaś gatunek mąki z tychże pytli pochodzący, za pomocą rury u wprowadza się do skrzyni dwóch dolnych pytli $a_1\ a_1$. W téj skrzyni łączy się ten drugi gatunek z przedniejszą mąką drugich pytli i za pomocą śruby g udaje się do rury v zkąd elewator odbiera takową i znowu na chłodnicę prowadzi, zkąd w połączeniu ze śrutą powtórnie udaje się na pytle. Jeżeli się tak nazwaną średnią mąkę produkuje, wtedy mięsza się razem mąkę z górnych i dolnych pytli pochodzącą i już się jéj na chłodnicę nie prowadzi. W takim razie rura v bywa zamknięta, pas h dolnéj śruby krzyżuje się, a zatém mąka idzie w przeciwnym kierunku, czyli do rury poprzednio otwartéj w. Ta ostatnia mąka łączy się także z mlewem spadającém z górnych pytli przez rurę dopiero otwartą x i obie razem zmieszane wpadają do skrzyni czyli zbieralnika mąki, którego jednak rysunek nasz nie przedstawia.

419. Młynarstwo angielskie. Zdaje się, że aż do r. 1781 nic albo bardzo mało co wiedzieli anglicy o ulepszeniach amerykańskich na polu młynarstwa, o czém przekonywa nas dzieło wychodzące w owych czasach: „Rees' Cyclopaedia“ vol. XXIII, w artykule „Mill“, które obszernie młyny angielskie traktuje, ale o amerykańskich nie powiada ani słowa.

W książce téj czytamy, że już w r. 1781 Smeaton na użytek magazynów marynarki w Deptford, urządził młyn (tak zwany parowy), poruszany kołami wodnemi nasiębiernemi; maszyna zaś atmosferyczna Newcomena służyła do podnoszenia wody do górnego zbieralnika, zkąd potém prowadzono ją na koła wodne. Rozwiązanie zadania, aby poruszać młyny wprost za pomocą maszyny parowéj, mogło dopiero nastąpić pomiędzy rokiem 1781 i 1782, kiedy Watt wynalazł maszynę podwójnego działania i kiedy jéj nadał ruch jednostajny i obrotowy.

Pierwszy młyn parowy zbudowany w Londynie w roku 1784 w pobliżu Blackfriars Bridge, otrzymał maszynę parową od firmy: *Boulton* and *Watt* z Soho; młyn zaś z całém urządzeniem i budynek postawił John Rennie. Jeden oddział tego olbrzymiego młyna (zwanego młynem albiońskim), rozpoczął swą pracę 1786 r., na 10 złożeń do mielenia wyłącznie pszenicy, poruszanych maszyną 50-konną. Drugi oddział téj saméj co i pierwszy wielkości 1789 roku ukończony i w ruch puszczony został. Otwarcie trzeciego oddziału nie mogło nastąpić, z powodu pożaru, który ten olbrzymi zakład w roku 1791 zupełnie zniszczył. Nie tylko Watt ale i Rennie wysilili swój geniusz, aby młyn albioński (Albion-Mills) jak najlepiéj odpowiadał swemu przeznaczeniu. Dotąd po młynach używane drewniane wały i koła zębate z drewnianymi palcami, zastąpiono tu po raz pierwszy żelazem kutém i laném.

Z pomiędzy wielu angielskich inżynierów i mechaników, którzy się szczególniéj wsławili rozpowszechnieniem i ulepszeniem amerykańskiego sposobu mielenia, zasługują na wymienienie następujący: Maudslay, Jerzy i Jan Rennie, Aitken i Steele w Londynie, Fenton, Murray i Wood w Leeds, Fairbairn i Lillie w Manchester.

Około r. 1818 Fairbairn i Lillie, zajmowali się budową kół wodnych żelaznych i ulepszonych młynów do mielenia mąki, którzy połączywszy się w r. 1826 z pp. Escher i Wyss w Zurichu, tym rychléj na stałym lądzie mogli wprowadzać swoje ulepszenia w młynarstwie. Młyn zbudowany w Plymouth dla magazynów marynarki angielskiéj przez Jerzego i Jana Rennie o 24 gankach, ustawionych w 4-ch grupach, po 6 złożeń w kołach około jednego wielkiego koła zębatego, z kamiennóm podmurowaniem, żelaznemi kolumnami, etc. opisany jest w Barlowa: „Treatise on the Manufactury and Machinery of Great Britain,“ Pl. XXXVIII, gdzie należy dodać że w r. 1830, ciż sami inżynierowie w Deptford podobnyż młyn wybudowali, wprowadzając w nim wszystkie belki i cały dach z żelaza, uczynili go więc ogniotrwałym (fire proof), aby niepodległ podobnemu losowi, jak młyn w Londynie zbudowany przez Jana Rennie.

Jako wzór wybitniéjszego i ulubionego systemu dzisiéjszych młynów angielskich, cytujemy tutaj konstrukcyę W. Fairbairna, odznaczającą się następującemi cechami.

Po pierwsze, ustawianiem ganków szeregami.

Po drugie, wprowadzaniem żelaznych lanych rusztowań pod kamienie, odznaczających się wielką prostotą, przez co każdy ganek czyli każda para kamieni, stanowi sama w sobie oddzielną całość.

Po trzecie, tém, że ruch wrzecion nadających bieg kamieniom, odbywa się za pomocą trybów stożkowych.

Na przedstawiciela takiego systemu, weźmy młyn Fairbairna zbudowany w r. 1842 w Konstantynopolu dla Halela Paszy, o trzech złożeniach, gdzie wszystko dla bezpieczeństwa od ognia zbudowane było z kamienia, cegły i żelaza.

Figura 373 przedstawia ów młyn w przekroju podłużnym, Figura 374 w przekroju poprzecznym, Fig. zaś 375 w rzucie poziomym, w $^1/_{96}$ części naturalnéj wielkości. Zewnętrzne ściany budowli, stanowią żelazne płyty $A\,A$, żelazne filary $B\,B$ i takież tragarze $C\,C$. Wewnętrzna konstrukcya jest także żelazna, belki $I\,I$ z odpowiedniemi słupami podpierającemi z żelaza (Fig. 374); również i dach D pokryty jest blachą falowatą żelazną.

Z kamienia postawiono tylko fundament i ścianę E przepierzającą maszynę od młyna (Fig. 365), która służy za podporę dla najcięższych części ruchomych maszyny, wałów, kół i t. p. Maszyna nadająca ruch całemu młynowi, jest maszyną systemu Fairbairna, tak zwaną kolumnową maszyną parową G, któréj ruch tłoka do góry i na dół za pomocą trzona i korby H przenosi się na wał poziomy I koła zamachowego K. Aby komunikacyę ruchu najbardziéj

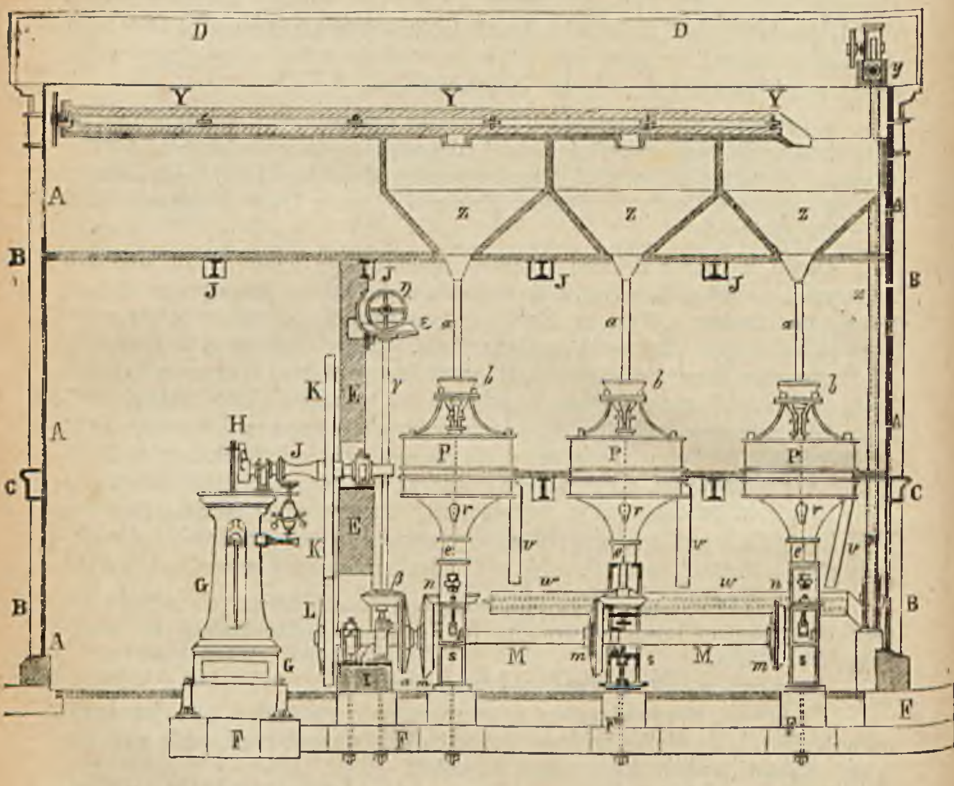


Fig. 373.

uprościć, koło zamachowe opatrzone jest od zewnątrz zębami, porusza więc drugie koło zębate L, które porusza znów wał poziomy M, parę kół stożkowych $m\,n$, i nakoniec w pudłach P poustawiane kamienie.

Zboże mające się zemleć, wciągane jest za pomocą przyrządu $H\ I\ N$ (Fig. 374) na najwyższe piętro budynku, mianowicie do skrzyni Q, zkąd otworem R wsypuje się do cylindrowego sita S, służącego do czyszczenia zboża.

Z owego cylindra dobre, ciężkie ziarna spadają przez *T* i *U* i dostają się do elewatora *V*, wtedy, gdy lekkie, to jest przecięte ziarnka, skórka, słoma i pył oddalane są na zewnątrz wentylatorem *W*. Elewator *V* wysypuje zdrowe ziarno na koryto pochylone *X*, po którém zsuwa się do skrzyni *Y* opatrzonéj śrubą bez końca, która przez swój obrót wprowadza zboże przez otwory w dnie skrzynki zrobione do kosza *Z*, zkąd rury blaszane *a* i léj *b* wprowadzają zboże na pewien rodzaj rozdzielacza p. Conty, a nakoniec ztamtąd pomiędzy kamienie. Z pomiędzy kamieni wypędzona mąka, spada rurami (z białéj blachy) *v* do otwartéj skrzyni *w*, w któréj się również śruba bez końca obraca, dostarczająca całą ilość mlewa elewatorowi *x*, który go znowu oddaje pytlowi *a*.

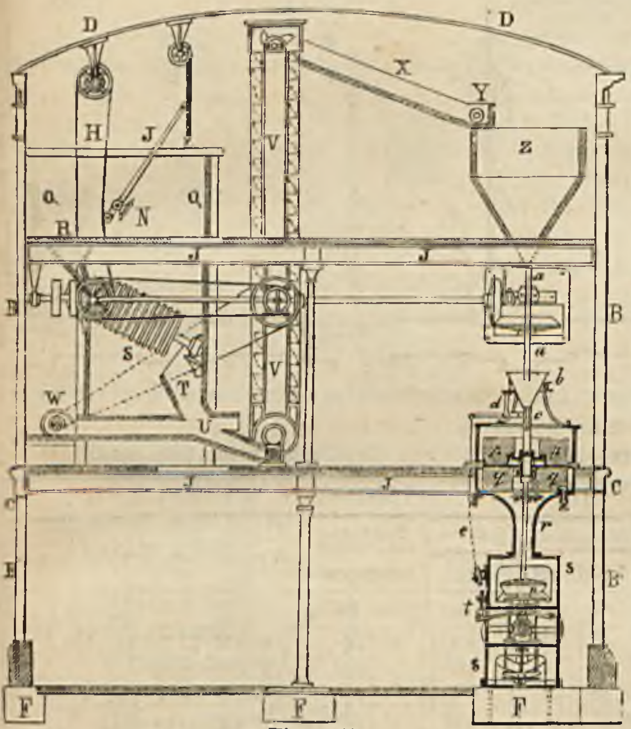


Fig. 374.

Dla objaśnienia komunikacyi ruchów, posłuży następujący opis. Za pomocą głównego wału *M* posuwa się najprzód para kół konicznych $\alpha\beta$, wał stojący γ, daléj para kół $\varepsilon\eta$ a za pomocą η wał poziomy λ, przechodzący przez cały budynek. Na tym wale są zaklinowane dwa obok siebie koła pasowe ψ jako téż i koło stożkowe stojące w związku z dwoma innemi takiemiż kołami μ przez co ruch przenosi się na wały 1...1. Jakim sposobem odbywa się ruch wałów 6 i 4, cylindra czyszczącego zboże *S*, pytla mącznego *w*, wału 1.....1, rymszajby *H*, wału wentylatora δ pokazuje się samo przez siebie. Z wału na prawéj stronie leżącego 1....1 (Figura 375) za pomocą pasa 3....4 wprawia się w ruch krótki walec równoległy, na którym umieszczona jest czynna (dolna) tarcza przyrządu *H* do wciągania zboża na najwyższe piętro.

Przyrząd ten staje się natychmiast czynnym, gdy pas wyciągnięty na czynnéj (dolnéj) i biernéj (górnéj) tarczy *H*, za pomocą krążka natężającego umieszczonego na końcu krótkiego drążka, należycie przyciśniemy. Oprócz koła pasowego 4, na wale 1....1 osadzonego, jest jeszcze inne koło (na rysunku opuszczone) z którego przenosi się ruch na elewatory.

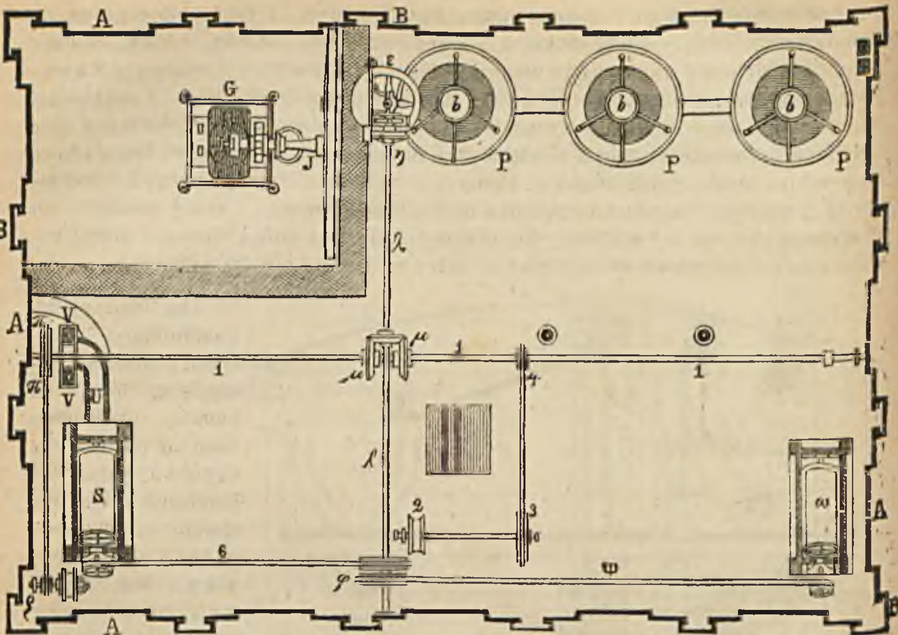


Fig. 375.

Dla uzmysłowienia i ocenienia wszystkich transmissyjnych przyrządów, niechaj posłuży następująca tablica.

Maszyna parowa 12 konna, dająca obrotów 40 w minucie czasu.

Części maszyny	Czynne Średnica stóp	Czynne Średnica cali	Czynne Liczba obrotów w min.	Bierne Średnica stóp	Bierne Średnica cali	Wypadkowa liczba obrotów w minucie
Koła walcowe KL	9	$3^3/_4$	40	4	$10^3/_4$	76 wał poziomy M.
Koła stożkowe mn	3	6	76	1	10	140 kamienie.
" " $\alpha\beta$	3	6	76	1	10	140 wał stojący γ.
" " $\varepsilon\eta$	3	0	140	1	9	242 wał poprzeczny λ.
" " μ	1	$4^1/_2$	242	1	$11^1/_2$	140 wały 1....1.
Rymszajby φ . .	1	6	242	1	0	363 wały maszyny do czyszczenia S i pytla cylindrowego w.
" $\pi\rho$.	2	0	140	0	6	560 wentylator W.
" 43 .	1	0	140	2	0	70 wał pośredni 2...3.
" $2H$.	1	6	70	2	0	47 koło do wyciągania worków.
Para kół pasowych do nadania ruchu elewatorowi	0	3	140	2	0	46 elewatorów i śrub.
Koło pasowe czynne na wale 1...1						

Dla zupełnego udokładnienia opisu powyższego urządzenia, niechaj posłuży Figura 376, przedstawiająca przecięcie pionowe kompletnego ganku czyli jednego złożenia z podstawą i całym przyrządem w $\frac{1}{28}$ naturalnéj wielkości.

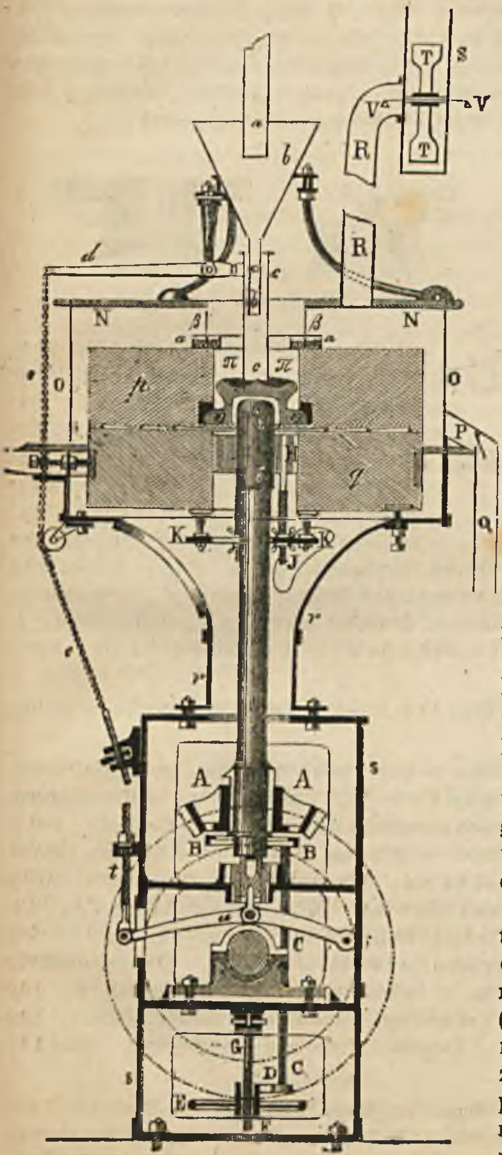


Fig. 376.

Dolna część żelaznéj lanéj podstawy, mającéj formę skrzynki *s s*, przymocowana jest do fundamentu kamiennego śrubami. W 3-ch oddziałach tego rusztowania umieszczone są łożyska wałów i mechanizm do nastawiania i przesuwania, zaś na płycie górnéj znajduje się rura *r* rozszerzająca się do góry w kształcie tulipana i w końcu stanowiąca dno kamienia dolnego. Dolny kamień stały *q* utrzymywany jest za pomocą śrub pionowych i poziomych w swojém stanowisku; górny zaś czyli biegun *p* połączony jest z wrzecionem δ za pomocą paprzycy stałéj lub też wahadłowéj.

Dla zrozumienia urządzenia paprzycy Fairbairna, posłużyć mogą Figury 377 do 382 włącznie, wykonane w $^1/_{14}$ naturalnéj wielkości. Figura 377 przedstawia górny wzmocniony koniec wrzeciona δ z dwoma cylindrowymi czopami ε ε. Paprzyce przedstawione na Figurach 378 i 379 posiadają odpowiednie otwory temiż samemi głoskami oznaczone, w które wchodzą rzeczone czopy ε ε wrzeciona δ.

Sama również paprzyca, opatrzona jest dwoma czopami μ μ od góry zaokrąglonymi, za pomocą których w panewkach λ λ (Fig. 381) oscylować może. Panewki te w biegunie *q* są stale zaklinowane, a na Figurze 376 przedstawiają się zupełnie czarno. Zrozumienie urządzenia panewki mosiężnéj w któréj się obraca wrzeciono z klinem H i śrubą I do nastawiania, nie przedstawia żadnych wcale trudności.

Przyrząd $a\,b\,b'\,c$ dostarczający zboże pod kamień objaśnienia także nie potrzebuje, zwłaszcza gdy obserwując Figurę 376, weźmiemy w pomoc Fig. 382 na większą skalę narysowaną. Figury te pokazują, że część widełkowata krótszego ramienia drążka d obejmuje rurę c, a dolny jéj brzeg może wyżéj albo niżéj nad paprzycą π utrzymywać, w miarę tego, czy więcéj czy mniéj chcemy wpuszczać ziarna pod kamień. Aby drążkiem d można było manewrować na parterze młyna, służy do tego celu osobny przyrząd, składający się z łańcucha e opatrzonego na dole śrubą i kółeczka poruszanego ręką.

Fig. 377.

Fig. 378.

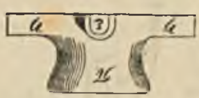


Fig. 379.

Fig. 380.

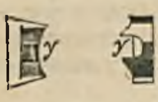


Fig. 381.

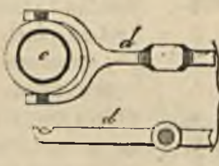


Fig. 382.

Dla podniesienia do góry lub opuszczenia na dół bieguna p, służy drążek u, ze śrubą nastawiającą t; zaś dla wysunięcia z roboty koła zębatego A z drugiego koła B służy urządzenie następujące: Piasta kółka ręcznego E opatrzona jest mutrą, w któréj chodzi śruba F. Na téj piaście leży trójkąt D przez którego środek przechodzi śruba $F\,G$. Na każdém z owych ramion trójkąta D umocowany jest drążek pionowy C, a wszystkie trzy razem na swych górnych końcach, dźwigają obrączkę B; kiedy drążki C podnoszą się w górę obrączka B naciska na tryb A podnosi go w górę i wysuwa z roboty.

Przyrząd $R\,R\,V\,V\,T\,T\,S$ (Fig. 376), jest wynalazkiem Bovilla, służy on do wentylacyi kamieni.

Pomiędzy młynami Fairbairna w Anglii pobudowanymi, zasługuje przedewszystkiem na uwagę: „Old-Union-Flour-Mill" pobudowany w Birmingham, składający się z 20 złożeń, w dwóch szeregach ustawionych. Kamienie 4-stopowe francuzkie, robią 120 obrotów w minucie czasu. Największém jednak dziełem, jakiego Fairbairn dokonał na polu młynarstwa, można uważać młyn w Taganrogu, którego budową sam kierował. Młyn ten składa się z 36 złożeń, ustawionych obok siebie w jednéj linii prostéj, w budynku na 200 stóp długim (w świetle) a 40 stóp szerokim (również w świetle). Dwie połączone czyli skuplowane maszyny parowe, z balansierami i kondensatorem po 100 koni siły, nadają ruch młynowi, a w godzinie czasu mogą zemleć pszenicy 180 do 200 buszli czyli 7000 litrów. Kamienie francuzkie 4-stopowe, robią 140 obrotów w minucie czasu.

W kampanii krymskiéj (podczas oblężenia Sewastopola) urządził Fairbairn dla armii angielskiéj na parostatku żelaznym „The Bruiser" młyn parowy o czterech złożeniach, wymielający dziennie (przecięciowo) 24000 funt. mąki pszennej. Mimo wiatrów i burz, kiedy statek musiał ubiegać 7 ½ węzłów czyli 8 ½ mil ang. w godzinie, można przecież było zemleć w tymże czasie 20 buszli czyli 1120 funtów, chociaż całkowita siła statku parowego, nie przechodziła 80 koni parowych. Młyn pomieniony przenośny, oddał niezmierne usługi armii angielskiéj. W Bydgoszczy nad Wisłą, znajduje się także młyn urządzony podług systemu Fairbairna.

420. Młynarstwo francuzkie. Ani rewolucya, ani czasy wojenne pierwszego cesarstwa, nie mogły być przyjaznymi dla rozwoju przemysłu francuzkiego, który tylko zwykł kwitnąć pod błogosławieństwem pokoju. Dopiero po ukończeniu wojen kontynentalnych, dają się postrzegać ślady postępu na polu francuzkiego młynarstwa. Do urządzenia jednak młynów we Francyi, sprowadzano z początku maszyny z Anglii.

Maudslay w Londynie w r. 1818, wybudował młyn o czterech złożeniach dla niejakiego p. Cougouilhe pod St. Quentin, a w r. 1826 Aitkins i Steele, zbudowali młyn sławnemu autorowi piszącemu o młynach p. Benoit w St. Denis.

Inżynierowie i fabrykanci maszyn we Francyi nie tylko starali się naśladować mechaników angielskich i amerykańskich pod względem budowy młynów, ale także dołożyli usiłowań, aby je ulepszyć i do stosunków krajowych i do sposobów mielenia odpowiednio zastosować.

Jako charakterystyczną cechę samodzielności ducha wynalazczego francuzów na polu młynarstwa, można wskazać przedewszystkiém, miłą i elegancką formę całości i szczegółów maszyneryi, osobliwszéj konstrukcyi nasypywacze zboża na kamienie, genialne przyrządy do chłodzenia mąki, udoskonalone amerykańskie pytle cylindrowe, pokryte gazą jedwabną; jak również rozliczne udoskonalenia porobione dla przygotowania ziarna do mielenia, mianowicie rozmaite nowe maszyny do czyszczenia zboża, walce do gniecenia i t. p. Największego jednakże znaczenia, był wynalazek kół wodnych poziomych (turbinów) przez Fourneyrona.

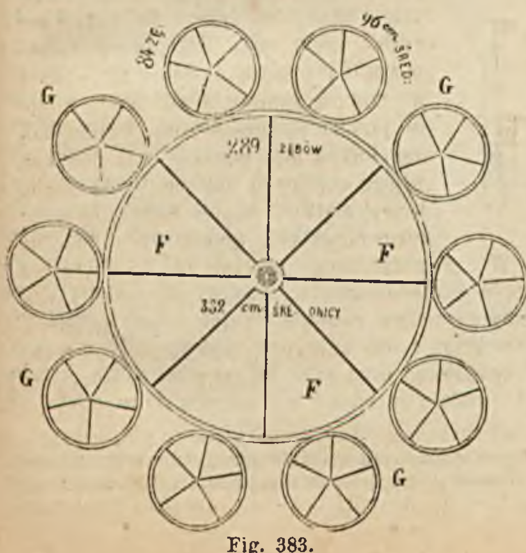


Fig. 383.

Uwzględniając wynalazek poziomych kół wodnych, wypada nam zacytować dwa wielkie młyny we Francyi poruszane takiemi kołami, uchodzące bardzo sprawiedliwie, jako wzory samodzielnego budownictwa młynów w tym kraju. Młyny te założone były w latach od 1836—1840. Jeden z nich Surrillea i Touaillona w St. Maur pod Paryżem o 40 złożeniach, drugi zaś Darblaya w Corbeil o 34 złożeniach; w pierwszym młynie wrzeciona kamieni poruszane są trybami, w drugim zaś skórzanemi pasami.

W młynie St. Maur każde

10 złożeń, porusza jedna turbina. Owe 10 złożeń ustawione są na obwodzie koła jak Figura 383 wskazuje. Siły wodnéj 4,8 do 5,2 metrów sześciennych w sekundzie czasu, dla wszystkich czterech turbin, dostarcza rzeka Marna, przy średnim spadku 3,5 metrów, tak że każda turbina przedstawia stopień użyteczności 70 procentów, zatém pożyteczną pracę 40 koni parowych, która działa na wał pionowy, obracający się 50 do 60 razy w minucie czasu.

Wielkie koło główne ma $3{,}32^m$ średnicy z 289 zębami; każdy zaś z trybów nadających obrót kamieniowi ma $0{,}960^m$ średnicy i 84 zębów drewnianych. Każdy z 10 kamieni o $1{,}10^m$ średnicy, robi obrotów od 180 do 200, w jednéj minucie.

Młyn w Corbeil tém się różni od poprzedzającego że najprzód kamienie ustawione są w dwóch szeregach równoległych od siebie, a powtóre że bieguny poruszane są za pomocą pasów nie trybów [1]).

421. Francuzkie maszyny do czyszczenia zboża. Z chwilą zaprowadzenia ulepszonych młynów, zajęli się francuzi gorliwie obmyślaniem rozmaitych sposobów do oczyszczania zboża i rzeczywiście téż ich maszyny są wzorowemi. Opiszemy tu niektóre, co do reszty odsyłamy ciekawego czytelnika do dzieł poświęconych temu przedmiotowi, mianowicie do dzieł: Rolleta, Benoit, Le Blanca i Armengaud ainé.

a) *Młynek zwyczajny.* (Tarare ou machine à vanner et cribler les grains), p. Gravier. Machina ta składa się z sit *d d* (Figura 384) i *f*, z wentyatora *m k* wraz z przyrządami do nasypywania i wstrząsania.

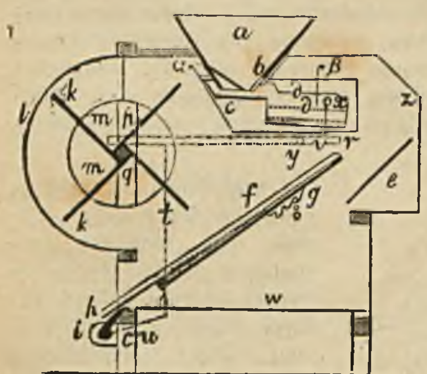


Fig. 384.

Zboże poddane czyszczeniu wsypuje się do kosza *a*, który dla regularnego odchodzenia tegoż ziarna na sita, opatrzony jest na dole zasówką *b*. Pod spodem ujścia *b* znajduje się trzewik *c* zawieszony w punktach α i β i dwoma sitami drucianemi *d d* opatrzony, z których dolne ma nieco delikatniéjsze otworki jak górne. Ale otwory dolnego sita są jeszcze dostatecznie wielkie do przepuszczania ziarna, które udaje się jeszcze na trzecie sito *f* mniéj lub więcéj ukośnie w punkcie *g* zawieszone, którego otwory są tak małe, że ziarno zdrowe, ciężkie, nieprzecięte nie może przez niego przelatywać i odchodzi na zewnątrz maszyny otworem *h*. W czasie działania maszyny oś *q* wentylatora *m k* w pudle *l* umieszczonégo znajduje się w ruchu, w skutek czego wentylator wszystkie lekkie ciałka wypędza przy *z* na zewnątrz podczas gdy grubsze, cięższe, mniéj więcéj nieużyteczne ziarno, oraz kamyki, gruzełki ziemi, grube ziarnka różnego nasienia i t. d. spadają na ścianę *e* i staczają do *w*, gdzie się

[1]) Najlepsze źródła, z których zaczerpnąć można wiadomości o tych młynach, są następujące: „Répertoire de l'industrie française et étrangère," tom 2-gi; Benoit „Guide du meunier" (1863 r.). Le Blanca: „Recueil" tom 3-ci; Rolleta: „Mémoire sur la Meunerie."

także brud i drobne ziarnka nasienia gromadzą, przelatując przez sito pochyłe *f*. Ruchy wstrząsające i posuwiste odbywają się w sposób następujący: Na walcu wentylatora osadzony jest podwójny paluch, który za każdym obrotem walca *q*, nadaje dwa skoki drążkowi *p y r*, gdzie *y* jest punktem obrotu tegoż drążka. W blizkości prawego końca drążka *r* znajduje się drążek pociągowy *v*, który tak jest z drążkiem kątowym złączony (na rysunku nie widać), że przy wznoszeniu się i opadaniu końca drążka *r*, drążek kątowy nadaje sitom *d d* ruchy tam i nazad, normalne do powierzchni naszego rysunku. Na tymże samym drążku *p y r* znajduje się przy *s* jeszcze jeden drążek pociągowy *t*, wywierający działanie na dół na ramię *u*, które to ramię wraz z lewarkiem *i* osadzone jest na jednéjże osi. Ztąd łatwo zrozumieć, że podczas wahania się drążka *p y r*, drążek pociągowy *t* bywa przyciągany i odpychany, przez co *i* uderza o dolny koniec *h* wielkiego sita *f*, w skutek czego owe sito odbywa potrzebne ruchy wstrząsające.

b) *Maszyna do czyszczenia zboża* podług *Cartiera* (Tarare), w swoim czasie wielokrotnie używana przez p. Benoit, przedstawiona jest w przekroju pionowym na Figurze 385.

Fig. 385.

Maszyna ta składa się z trzech ponad sobą leżących komor czyli oddziałów *A*, *B*, *C*; w dwóch pierwszych znajdują się cepy o czterech ramionach *b*, *c*, obracające się z wielką chyżością, ściany tych komor i ich dna pochyłe *E* i *F* obite są blachą stanowiącą tarkę. W dolnéj komorze *C* znajduje się sito druciane *f* ustawione ukośnie, a naprzeciw tego sita w otworze ściany maszyny, znajduje się wentylator *G*. Sposób działania owéj maszyny, nie potrzebuje wielkiego objaśnienia.

Z maszyny pod *a*) opisanéj, lub ze zwyczajnego cylindra drucianego, wychodzące zboże wpada do kosza *a* (Fig. 385), ztamtąd do maszyny, gdzie pochwycone przez cepy *b* i *c*, gwałtownie uderzane bywa o ściany komór *A* i *B*, wybitych jak powiedziano blachą tarkowatą; przez co ociéra się ziarno i po części od obcych ciał uwalnia. Same dobre ziarna spadają na sito *f*, a zaś lekkie ciała, jak słoma, plewa, piasek i t. p. wyrzucane są wentylatorem przez otwór *k* na zewnątrz maszyny, lub téż spadają częścią do zbiornika *D*, dla wypróżnienia którego znajdują się drzwiczki *h* w bocznéj ścianie maszyny umieszczone. Otworem dolnym *i* spada zboże do drugiéj maszyny oczyszczającéj. Benoit w młynie St. Denis ustawił trzy maszyny oczyszczające jedna po nad drugą, pomiędzy któremi ta tylko była różnica, że najwyższa z nich posiadała tylko jedne cepy, środkowa podobna była do maszyny dopiero co opisanéj (Fig. 385), a cepy miały 0,650 metra średnicy, i obracały się 270 do 310 razy w minucie czasu.

c) *Maszyna oczyszczająca z kamieniami i szczotkami*, przez francuzów zwana: *Ramonerie*. Fabryka machin pp. Feray i Comp. urządziła tego rodzaju maszynę do czyszczenia ziarna dla młyna w Boissy la Rivière, a późniéj dla wielu innych młynów we Francyi. Maszyna ta jest trzecią z porządku, która odbiera ziarno, już na dwóch poprzednio opisanych maszynach oczyszczone.

Cała maszyna (Figura 386) składa się z dwóch części A i B z których pierwsza stanowi złożenie z kamieni naciętych do szpicowania czyli zdejmowania kończyn u ziarnek, które wydają smak gorzki, druga zaś stanowi przyrząd szczotkowy. W części A widzimy dwa kamienie nizkie, zwyczajne piaskowce, z których górny C jako biegun, za pomocą pewnego rodzaju paprzycy, złączony jest z poruszającém wrzecionem D; dolny zaś kamień E stały opatrzony jest buksem, przez który przechodzi wrzeciono. Kamienie te są tak ustawione, że powierzchnie ich nacięte, ku sobie zwrócone, oddalone są od siebie na 6 millimetrów ($^1/_4$ cala pols.), tak że ziarnko żadne nie bywa zmielone, tylko oskrobane i pozbawione kończyn czyli szpiców i dla tego to, tego rodzaju złożenie nazywają u nas z niemiecka *szpicgankiem.*

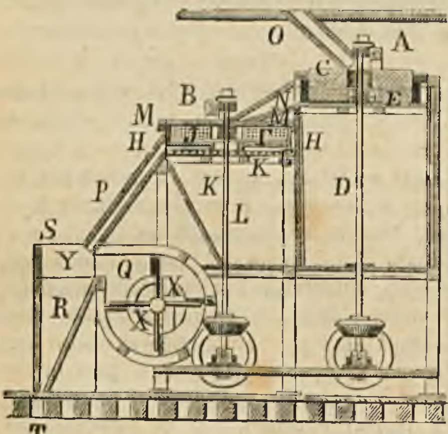


Fig. 386

Drugi system B składa się z wielkiéj liczby wązkich szczotek G zwróconych do wału L w kierunku promieni, osadzonych na płycie F, która z wałem L jest stale złączona i z tymże obraca się razem. Pod szczotkami znajduje się pozioma płyta K opatrzona otworkami stanowiącemi tarkę. Cały ten przyrząd zamknięty jest w stałym cylindrowym płaszczu żelaznym blaszanym H stanowiącym także tarkę. Płyta szczotkowa F opatrzona jest w środku otworem w którym znajduje się rura blaszana I, sięgająca do pokrywy M. Na kamienie A dostaje się zboże rurą O; płaszcz otaczający kamienie, z blachy żelaznéj zrobiony, stanowi także tarkę. W skutek siły odśrodkowéj wszystkie ziarnka wyrzucane bywają ku obwodowi płaszcza nasiekanego, a następnie wpadają do górnego otworu rury N, którą całe mlewo dostaje się do przyrządu szczotkowego B rurą I pionową, łączącą się ze spodnią częścią rury N. Wszystkie ziarno dostaje się na dno K wybite blachą nasiekaną, gdzie poddane obrotowemu działaniu szczotek, toczy się, obciera z wszelkich nieczystości, stale z ziarnem połączonych, których innymi sposobami, oprócz szczotkami, usunąć nie podobna. I tutaj cała massa zboża po pewnym przeciągu czasu odrzucana bywa ku wewnętrznemu obwodowi płaszcza H również tarkę stanowiącemu, gdzie się jeszcze daléj obciera, i dopiero kanałem P zsypuje się do zbiornika R. Z boku owego zbiornika, znajduje się wentylator Q, który podczas obrotu otworem X wciąga powietrze, takowe wypędza przy Y przez co kurz i inne lekkie ciałka przy S na zewnątrz uchodzą, a tylko same ciężkie części wpadają do zbiornika R i otworem T wsypują się na przyrząd sitowy, gdzie się jeszcze dobre ziarna od złych i cząstek ziemnych i kamieni oddzielają. W czasie działania maszyny, każdy z wałów D i L robi obrotów 170, a skrzydła wentylatora robią 232 obrotów w minucie czasu.

Inny przyrząd wskazany na Figurze 387 inżynier Wiebe zbudował w Lubece w młynie Rotha, który w Niemczech ogólnie w praktyce okazał się bardzo dogodnym i odpowiadającym celowi. Stojący wał *a* z pomocą kół stożkowych i pasowych, bierze ruch od głównéj transmisyi młyna. Na wale tym nasadzoną jest piasta *b* w rodzaju trzyramieniowéj paprzycy, która podtrzymuje kamień spodni *A*, równocześnie z wałem *a* obracający się. Po nad kamieniem *A* unosi się, stale śrubami *e* przytwierdzony kamień wierzchni *B*. Kamień *A* do koła jest otoczony ramą *C C*, na wewnętrznym obwodzie obciągniętą drucianną tkanką lub tarką. Zboże do oczyszczenia przeznaczone, przedewszystkiem zsypuje się do kosza *f*, z którego spada na korytko *g*, w ruch wprowadzone trójkątném zazębieniem, na końcu wału *a* zasadzoném, następnie otworem *z* w wierzchnim kamieniu wyciętym, dostaje się między kamienie, gdzie obtarte z łupiny i pozbawione kończyn, z siłą

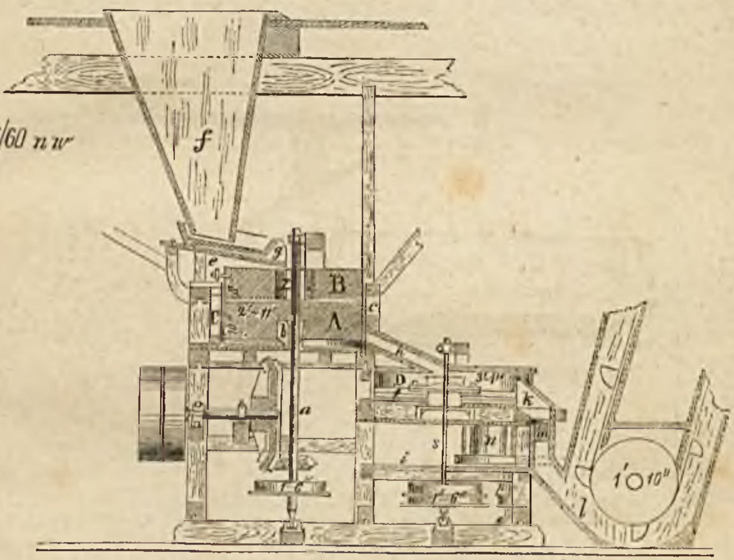


Fig. 387.

wyrzucone na boki wyłożone tarką lub siatką drucianą, więcéj jeszcze zaokrąglone, rynienką *h* wydostaje się do niżéj ustawionego przyrządu szczotkowego *D*. Skład przyrządu szczotkowego stanowi wał *S*, kołem pasowém biorący ruch z wału *a*, z obsadzoną na nim piastą o trzech promieniach, do której przytwierdzone są cztery rzędy szczotek *t*. Szczotki te obracają się po nad podłogą, wyłożoną mosiężną siatką drucianą, przez którą wszelki kurz i kończyny ziarn dostają się na drugą podłogę *i*, daną poniżéj. Ziarno należycie obłuszczone i z kurzu obtarte, rynienką *k* spada do elewatora *l*, i w spadaniu tém spotyka się z prądem silnego wiatru, wiejącego otworem *m* z wentylatora *n*, który osadzony na wale pionowym *p*, bierze ruch od wału szczotkowego *s*, za pomocą kół poziomych pasowych. Kamień *A* i szczotki *t*, robią od 180—200 obrotów, wentylator zaś *n* 360—400 obrotów na minutę.

d) *Maszyna oczyszczająca sortownikiem zwana* (Trieur, Ausleser) pomysłu pp. Vachon (ojca i syna) w Lyonie. Wynalazcy dla tego taką nazwę dali swéj maszynie, że wszelkie ciałka obce, złe, okrągłe można za pomocą niéj oddzielić, wysortować czyli wybrakować od dobrego ziarna, które ma kształt podłużny, tak samo, jakby się ręką ludzką ta robota odbywała.

Figura 388 przedstawia przekrój podłużny pionowy maszyny pp. Vachon, na skalę $^1/_{30}$ naturalnéj wielkości. Główną część owéj maszyny, stanowi cylinder blaszany *a b*, w jednéj trzeciéj części *b* opatrzony podłużnymi otworkami, takiéj wielkości, że tylko przez nie drobne ciałka, uszkodzone ziarnka i inne drobne obce części odchodzić mogą, zaś $^2/_3$ części cylindra *a a* mają wewnątrz płaszcza okrągłe zagłębienia (nie zaś otwory). Przy *c c* opatrzony jest cylinder

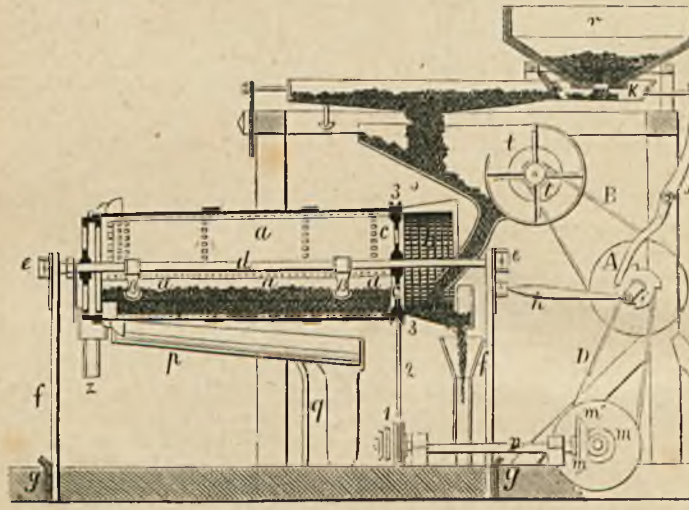


Fig. 388.

kołem sznurowém 3...3, które sprawia tylko obrót samego cylindra, oś zaś owego cylindra w tym ruchu nie bierze żadnego udziału. Wszystkie ruchy téj maszyny wychodzą od *i* gdzie się wał poziomy znajduje, a na którym osadzone są koła pasowe *A*, korba, i czteroskokowa nieokrągła tarcza. Ruch rotacyjny cylindra *a b* około (nieruchoméj) osi *d*, odbywa się za pomocą pasa *D*, stożkowych kół *m m'* i koła sznurowego 1...3, zaś ruch cylindra *a* prostolinijny, tam i nazad wraz z wałem *d* uskutecznia się za pomocą korby i trzona korbowego *h*. Ruch trzeci, także od *i* wychodzący, przy pomocy koła palcatego i drążka krzywego *j* sprawia trzęsienie się sita *k l*, na które spada naprzód zboże zgromadzone w koszu *r*. Sito to opatrzone jest otworkami trójkątnymi wierzchołkami ku sobie obróconemi. Nakoniec z punktu *i* wychodzi czwarty ruch na wentylator *t*, za pomocą pasa *B*. Pospolicie wał *i* robi obrotów 200 do 210 na jedną minutę, sito zaś *a b* obraca się w tymże samym czasie 5 do 6 razy Działanie maszyny jest następujące: po otwarciu zasuwki dolnéj u kosza, cała massa spada na sito $k\,l$ opatrzone otworami trójkanciastemi, przez które drobne nasionka i ziarnka zboża przechodzić mogą, słoma zaś, plewa i kuleczki ziemne posuwają się po sicie i spadają na zewnątrz maszyny. Wszystkie przez sito przesiane ziareczka, staczają się po równi pochyłéj s na dół do rury, któréj koniec b łączy się z cylindrem $a\,b$. Zboże zsuwając się po równi pochyłéj, w skutek działania wentylatora oczyszcza się z lekkich cząstek, które wyrzucane bywają siłą wiatru na zewnątrz maszyny. Otworkami prostokątnymi, jakiemi część cylindra b jest opatrzona, spadają znów wszystkie małe ziarnka zboża, plewa, bryłki ziemne i t. p. które się zbierają w naczyniu pod spodem ustawioném, gdy tymczasem wszystkie grubsze, okrągłe i podługowate ziarnka i obce nasionka, udają się do części cylindra a nachylonego nieco do poziomu.

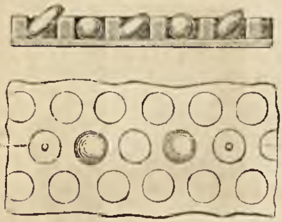


Fig. 389.

I ta właśnie część cylindra jest specyalnym wybieraczem, gdzie zbierają się wszystkie okrągłe ziarna (nie podługowate) w otworkach czyli komórkach okrągłych (Fig. 389) jakiemi opatrzona jest ta część cylindra w $^2/_3$ częściach swojéj długości, a z których wypadają znowu w pewnéj części obrotu cylindra.

Ponieważ szala czyli koryto $\alpha\,\beta$ w cylindrze a zawieszone jest na osi d i rozciąga się w kierunku szerokości w obiedwie strony cylindra aż do jego płaszcza, przeto ziarnka wypadające z komórek już z cylindrem a nie mogą się więcéj zetknąć, gdyż je szala czyli korytko $\alpha\,\beta$ pochwyciwszy, sprowadza do końca dolnego i do rury z zsypuje. W czasie téj roboty, takie ziarnka zboża których długość jest większa od otworów czyli zagłębień płaszcza cylindrowego a, ślizgają się i toczą szukając najniższego miejsca w cylindrze (nie podnoszą się wraz z płaszczem do góry) i dosięgają wreszcie do otworu znajdującego się nieco przed otworem z, gdzie do sita p wpadają i tam się znowu odbywa na nowo segregacya mniéjszego od większego ziarna.

422. „Eureka“ maszyna do sortowania i czyszczenia zboża. Dla wyczerpania mniéj więcéj przedmiotu odnoszącego się do maszyn oczyszczających ziarno, opiszemy tu jeszcze maszynę „Eureka“ zwaną, w Ameryce wynalezioną a obecnie w Warszawie na Pradze w fabryce p. G. *Neumanna* wyrabianą. Kilkadziesiąt egzemplarzy téj maszyny rozeszło się już po kraju. Oczyszczanie odbywa się szybko, dokładnie, bez kaleczenia ziarnek.

Maszynę już kompletnie zestawioną przedstawia Fig. 390 w widoku bocznym w $^1/_{15}$ nat. wielk., zaś Fig. 391 w przecięciu pionowym w $^1/_{22}$nat. wielk. Ustawienie jéj na miejscu działania nie nastręcza najmniéjszéj trudności. Starać się tylko należy aby do pionu była ustawiona i dobrze do fundamentu za pomocą śrub przymocowana. Aby zaś uniknąć chwiania się takowéj, należy ją u góry 2 lub 4 rozporami do sufitu przymocować. Odsiewacz A spoczywa na 2 sprężynach przytwierdzonych do dwóch rygli postumentu maszyny. Sprężyna B_1 jest krótsza, utwierdzona w końcu niższym odsiewacza, gdy druga B_2 dłuższa utwierdzona jest w końcu wyższym. Zboże przeznaczone do czyszczenia wprowadza się na wyższy koniec odsiewacza, za pomocą elewatora, śruby Archimedesa lub rury z zasuwką, tak jednostajnie, ażeby ziarka nie mogły wyskakiwać z odsiewacza.

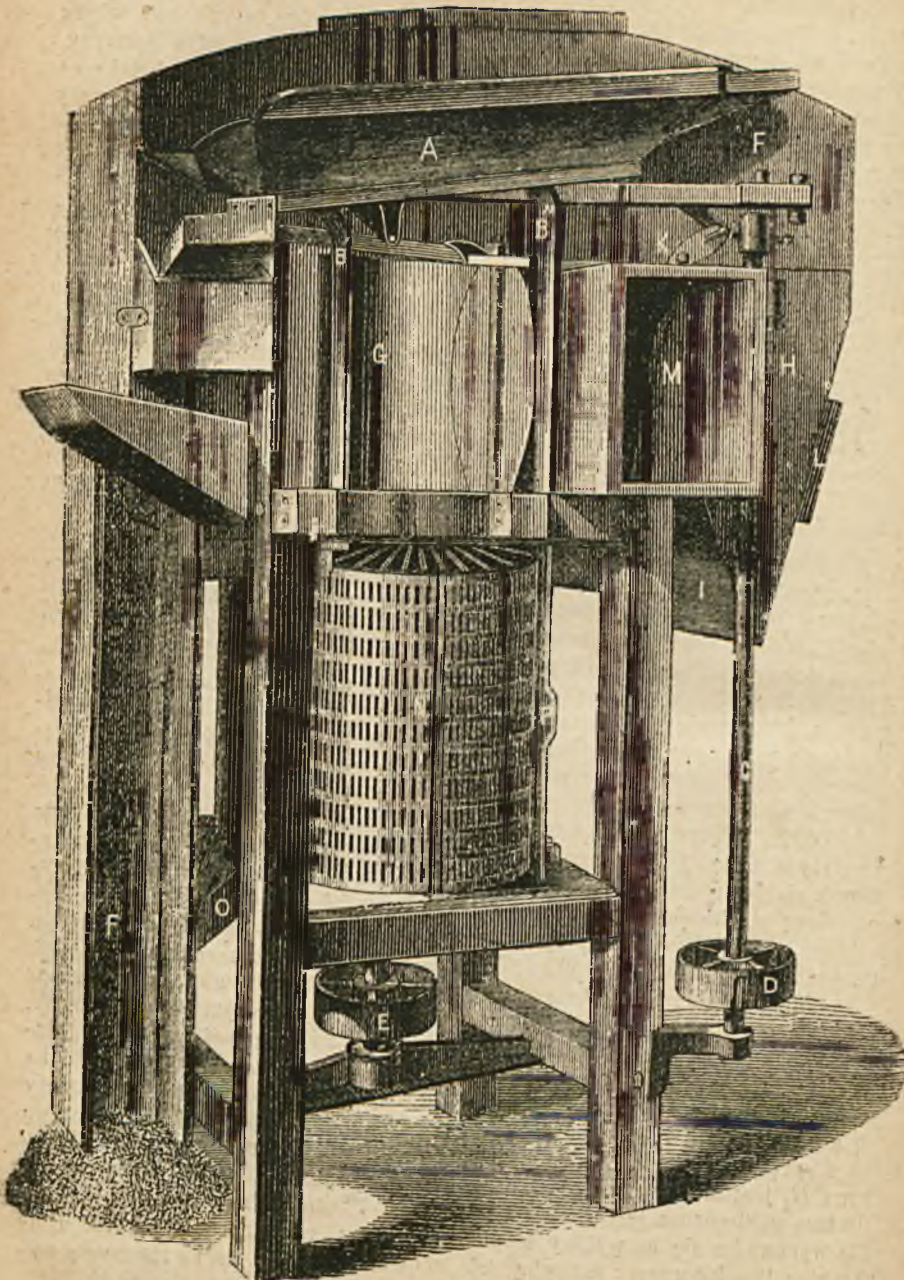


Fig. 390.

Odsiewacz A odbywa swoje drząco-posuwiste ruchy za pomocą pionowego wału korbowego C i korby K u góry na tym wale osadzonéj. Wał zaś C otrzymuje ruch od wału głównego maszyny również pionowego, za pomocą pasa naciągniętego na kółka E i D. Opatrzony on jest trzema sitami czyli rafkami z blachy stalowéj, po nad sobą leżącemi; pierwsza i druga rafka usuwają wszelkie obce ziarna, które są większe od ziarnek zboża, jak np. bryłki ziemi, bób, groch, kąkol, kamyki i t. p.; trzecia zaś dolna rafka odsiewa piasek, drobne nasiona i t. p. Przy maszynie Eureka, znajdują się u góry dwa separatory czyli oddzielacze F, obok siebie leżące i działające niezależnie jeden od drugiego. Jeden z nich przed rozpoczęciem właściwego czyszczenia, oddziela już obce nasiona, małe, niezdatne do mielenia ziarno czyli poślad, śniedź, rdzę pszeniczną i inne lekkie przymieszki, nie złączone mechanicznie ze zbożem; drugi zaś oddzielacz po uskutecznioném oczyszczeniu zboża, usuwa resztę innych nieczystości przyczepionych do ziarna, jak np. łuskę, kiełki, wąsy kłosowe, bródkę, brud i t.p. które maszyna oddzieliła od ziarna. Pył i plewy wciągane są ekshaustorem czyli wentylatorem ssącym G i wpychane do plewnika w którym się nieczystości gromadzą. Tenże sam wentylator ssący wciąga i odpadki z oddzielaczy F, które wpadają do lejkowatéj rury H, a ztamtąd klapą I zsypują się do skrzyni otwartéj, na zewnątrz maszyny ustawionéj. Klapa I otwiera się sama jeżeli w rurze zgromadzi się odpowiednia ilość nieczystości, po usunięciu się któréj znowu się sama napowrót zamyka. Odpadki z oddzielaczy jako nie zawierające w sobie pyłu ani plewy, zdatne są na pokarm dla bydła. Prąd powietrza w oddzielaczach reguluje się za pomocą dwóch odpowiednich i właściwych sobie klap czyli *regulatorów*, które tak winny być ustawione, aby wentylator ssący w skutek gwałtownego prądu powietrza, wraz z nieczystościami nie wciągał i zdrowych ziarnek zbożowych. W tenże sam sposób ustawia się i dwie zasuwki literą L oznaczone, aby otwory w lejkowatej rurze nie były większe nad 2 do 5 millimetrów. Robotnik obsługujący maszynę, w krótkim czasie nabędzie potrzebnéj wprawy przy regulowaniu klap i zasuwek. Plewnik czyli komora do zbierania pyłu, powinna mieć przynajmniéj 2 metry w kwadrat, i tam się znajdować, gdzie miejscowość na to pozwala. Rurę M nie ścieśniając jéj przedłuża się o tyle, aby się skomunikowała z rzeczoną komorą a nawet do niéj wchodziła. Ostrych kątów i nagłych zakrzywień w rurach należy unikać, aby nie tamować prądu powietrza. Komora posiadać winna rurę mającą 30 centym. w kwadrat nad dach budynku wyprowadzoną, aby tą rurą tyle mogło uchodzić na zewnątrz powietrza, ile go wentylator dostarcza. Zasada czyszczenia zboża na maszynie dopiéro co opisanéj polega na tém, że ziarnka obcierają się tu same między sobą i jednocześnie obcierają się o gładkie powierzchnie cylindra N; polega również na wprowadzeniu do niéj należytéj ilości czystego o silnym prądzie powietrza, tak że i najdelikatniejsze nieczystości w rowkach pszenicy zawarte, za pomocą téj maszyny oderwanemi i usuniętemi zostają. Bęben oczyszczający, otoczony jest gładkim płaszczem cylindrowym dziurkowanym jak to widać na rysunku, wykonany z blachy stalowéj angielskiéj. Wewnątrz owego cylindra znajduje się pewna ilość obrączek z cienkiego żelaza okrągłego, umieszczonych po nad sobą w pewnéj odległości, które skutkiem siły odśrodkowéj zatrzymują ziarno na swoich obwodach i nie pozwalają mu odrazu nadół opadać. Pomiędzy zaś temi obrączkami, znajduje się powierzchnia gładka dziurkowana. Ten cylinder dziurkowany otoczony jest znowu płaszczem *P* z cienkiéj blachy żelaznéj w odległości jednego cala. Na rysunku połowa cylindra dziurkowanego, jest odsłoniętą. W płaszczu cylindrowym dziurkowanym obraca się bęben na pionowym wale *E*, opatrzony dziewięcioma pionowymi cepami z żelaza twardo lanego. Łuska, kiełki, wąsy ziarnek i śniedź za pomocą cepów trąc o ściany cylindra i same o siebie, oddzielają się od ziarna i częścią mocą siły odśrodkowéj wyrzucane bywają na zewnątrz otworami płaszcza, a częścią skutkiem silnego prądu powietrza wywołanego wentylatorem na dole cylindra umieszczonym, wtłaczane bywają do ekshaustora *G*, a ztamtąd rurą *M* dostają się do plewnika czyli komory przeznaczonéj dla nieczystości. Cepy nie rozcinają ziarnek, a gładkie ściany cylindra, nie tracą nigdy na własności tarcia, jak to ma miejsce przy maszynach z chropowatym płaszczem. Zużywanie się cylindra jest nadzwyczaj powolne, tak, że taki płaszcz dziurkowany, może wystarczyć na 6 do 8 lat bez reparacyi, jak się o tém przekonano w Ameryce. Oczyszczone zboże wychodzi z maszyny rurą *O* do rury pionowéj *F*. Rura *F* nie może być krótsza od téj jak ją rysunek przedstawia. Maszyna taka nie wymaga więcéj siły nad $1\frac{1}{2}$ do 2 koni parowych; robi obrotów 700 w minucie czasu i smaruje się z powodu szybkiego ruchu dolną panewkę czystą oliwą, a zaś górną łojem i oliwą. Zastósowaną być może także na wiatrakach i przy małych wodnych młynach. Maszyna ta ma wielkie zastósowanie nie tylko przy młynach ale i w gospodarstwie wiejskiem, gdyż poruszaną być może kieratem i służyć do oczyszczenia wielkich ilości zboża, na sprzedaż przeznaczonego, a którego cena od czystości zależy.

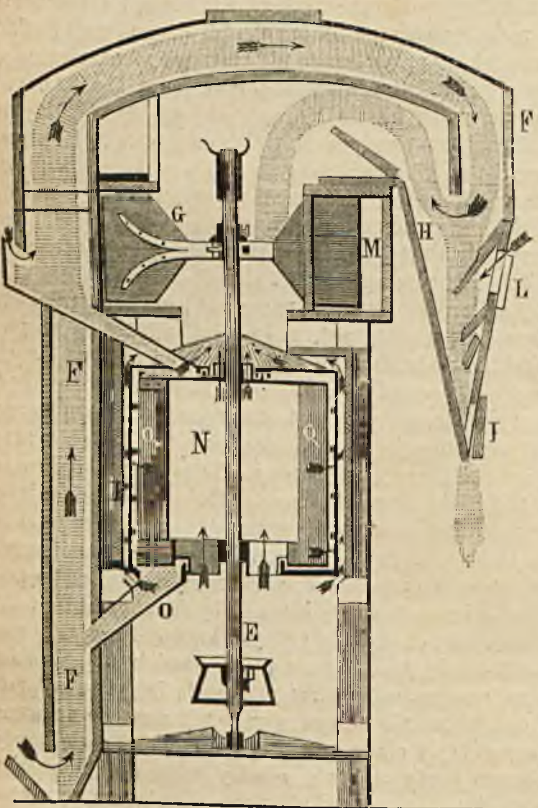


Fig. 391.

423. Młynarstwo niemiecko-austryackie. Pierwszy początek budowania młynów na wzór angielskich i amerykańskich w Niemczech dały Prusy, zakładając w r. 1825 taki młyn w Magdeburgu (wykonany przez Fentona Muray w Leeds); w Guben pod kierunkiem p. Corty; w Berlinie na sposób angielski urządzony przez mechanika Freunda i t. p.

Administracya pruskiego przemysłu wspierała i rozwijała wszelkiemi środkami te pierwsze początki, między innemi w r. 1825 wykonała dokładne rysunki i opisy najlepszych młynów angielskich i amerykańskich i takowe wydała na widok publiczny, a w r. 1827 wysłała dwóch uczniów Instytutu technicznego pp. Ganzel i Wulffa uczonych młynarzy do Anglii i Ameryki, dla obeznania się praktycznie z przedmiotem na miejscu. Sprawozdanie tych dwóch techników w r. 1832 wydaném zostało z polecenia rządu, a oba technicy pobudowali w Niemczech wiele znakomitych zakładów młynarskich, wydających jak najlepsze rezultaty.

W Prusach zachodnich nadprezydent Vincke w roku 1830 wybudował i urządził młyn amerykański w majątku swoim Busch, który był wzorem tego rodzaju zakładów.

W południowych Niemczech pierwszy rząd wirtembergski na sposób amerykański urządził młyn w Berg pod Stuttgardem w miejsce dawnego. Młyn ten puszczony został w ruch w r. 1831. Mąka z tego młyna pochodząca nabyła wielkiéj sławy dla swojéj dobroci, skutkiem czego w r. 1832 młyn ten powiększono. Ale największą zasługą tego młyna było, iż funkcyonując dobrze pod względem mechanicznym i ekonomicznym, zachęcił i inne miejscowości królestwa do pobudowania podobnych zakładów, jak w Althausen, Söfflingen, Urach, Reutlingen, Tübingen, Esslingen i Heilbronn.

Prawie w tymże samym czasie, kiedy rząd wirtembergski pobudował młyn w Bergu, rząd bawarski ogłosił konkurs na zbudowanie młyna na sposób amerykański i puszczenie takowego w ruch, i wyznaczył nagrody 3000 guldenów.

O nagrodę ubiegał się tylko jeden przemysłowiec, mianowicie mechanik Späth z Norymbergi, który urządził młyn o czterech złożeniach z kołem nasiębiernem i nagrodę otrzymał. Ale młyn Spätha nie mógł posłużyć jako wzór do naśladowania, gdyż nie posiadał przymiotów młyna amerykańskiego, w skutek więc wyższego rozkazu, w r. 1837 majster młynarski M. Bachmann odbył podróż po królestwie wirtembergskiem dla obeznania się z konstrukcyą młynów amerykańskich [1]).

Szczęśliwsze postępy zrobiło młynarstwo systemu anglo-amerykańskiego w latach od 1833 do 1835 w Prusach, w czém wielką miał zasługę zarząd dla handlu morskiego, który zakupione zboże od gdańskich kupców polecił przemleć na mąkę i piękne jéj gatunki wywieźć częścią do Anglii, częścią zaś do zaatlantyckich portów, lecz przekonano się przy téj sposobności, że krajowe młynarstwo, daleko stoi niżéj od zagranicznego, mianowicie amerykańskiego, i na zaoceanowych targach, konkurować nie może.

Aby temu zaradzić, zarząd dla handlu morskiego, nabył młyn na rzece Odrze pod miastem Olawą na Szlązku, i takowy polecił wyż wspomnionemu p. Ganzel na sposób amerykański przerobić. W r. 1834 urządzono ośm złożeń, a późniéj dodano jeszcze dwa, tak zwane złożenia kaszkowe (Griesmahlgänge). Ten młyn służył potém za wzór i stał się powodem, że odtąd wyrabiano lepszą mąkę nie tylko na potrzeby kraju, ale także i na wywóz zagraniczny.

[1]) Tenże M. Bachmann wydał dzieło o młynarstwie z atlasem, pod tytułem: „Der praktische Müller“ z 46 tablicami litografowanymi. Książka ta wyszła w München, 1857 r. i odznacza się jasnym wykładem i wielką popularnością.

Ale i przemysł prywatny nie zaniedbał korzystać z postępów młynarstwa. Niejaki Witt kupiec gdański, który się handlem mąki na wielką skalę zajmował, z dzierżawionych przez się młynów, w których było 20 złożeń, 12 kazał na sposób amerykański przerobić, a następnie doszedł do tego, że posiadał 31 złożeń ulepszonéj konstrukcyi, urządzeniem których, kierował wyżéj pomieniony technik Wulff, znakomity inżynier w zakresie młynarskim.

Wielką także ma zasługę budowniczy Büscher w Neustadt-Eberswalde, który się zajmował urządzaniem mniéjszych młynów na sposób amerykański, aby dać sposobność mniéjszym właścicielom nie wielkiemi środkami produkować piękną mąkę.

W r. 1835 właściciel fabryki Krückmann w Berlinie, urządził w Poczdamie młyn wodny amerykański o 3 złożeniach, a zaraz potém kupiec Grunau w Elblągu przerobił swoje młyny również na nowy sposób.

Prawie w tymże samym czasie Müller z Lucerny, pobudował młyny w Warszawie (?) i w Tryeście, gdzie zamiast kamieni, użył walców do gniecenia ziarna. Ale młyny te byłyby nie odpowiedziały swemu przeznaczeniu, gdyby inżynier Sulzberger z Zurichu, nie przebudował ich był na swój sposób, przez co uczynił je zupełnie praktycznemi. Następnie pobudował Sulzberger młyn walcowy we Frauenfeld, który funkcyonował z zadowoleniem akcyonaryuszów.

Pierwszy młyn parowy walcowy według Sulzbergera zbudowany został w Moguncyi w r. 1837, drugi w Szczecinie w r. 1838, trzeci w Monachium, czwarty w Saksonii w Lipsku.

Prawdopodobnie w tymże samym czasie powstały młyny walcowe w Austryi, mianowicie: w Peszcie i Medyolanie.

Mąka produkowana na młynach walcowych kwalifikuje się szczególniéj do przechowywania i na eksport zagraniczny, albowiem wyrabianą być musi z suchego ziarna, podoba się bardzo ze swojéj powierzchowności, utrzymywano nawet, że mąka z młynów walcowych więcéj zawiera w sobie materyi pożywnéj niż z młynów kamiennych. Młyny jednak walcowe potrzebują wiele smarowidła i liczném obsługi, są zatém w utrzymaniu kosztowniejsze od młynów kamiennych. I to jest główna przyczyna, że teraz budują tylko młyny o złożeniach kamiennych.

W r. 1839 w Fiume w Kroacyi zbudowano piękny młyn wodny (Stabilimento commerciale di farina) na sposób anglo-amerykański. Leży on $^1/_2$ mili drogi od morza, posiada 18 złożeń z kamieniami francuzkiemi $4\,^1/_2$ do $5\,^1/_4$ stóp średnicy, poruszany trzema kołami wodnemi nasiębiernemi, stanowiącemi całkowitą siłę 95 koni parowych. Młyn ten produkuje rocznie 198000 centnarów celnych mąki z najpiękniejszéj pszenicy pochodzącéj z Banatu, Rumunii, Podola, Wołynia i t. d.

W r. 1840 pobudowano wielki młyn parowy w Wiedniu w miejscowości am Schüttl zwanéj. Zakłady Cockerilla w Seraing (w Belgii) zajmowały się całkowitém urządzeniem młyna i budynków. W r. 1842 młyn począł funkcyonować, posiadał wtedy 18 złożeń, dziś ma ich 22. Poruszany jest siłą 3-ch maszyn parowych Woolfa, stanowiących 200 koni. W pierwszém urządzeniu zastósowano zupełnie metodę mielenia anglo-amerykańskiego, metodę *płaskiego mielenia* (Mouture à la grosse; Flachmüllerei, Einfache Müllerei), która przez zbliżenie kamieni do siebie (Flachstellen), przemiela od razu całkowitą ilość ziarna, z którego za pomocą pytli można otrzymać do czterech gatunków mąki i otręby. Ale tym sposobem nie można było produkować wyborowéj mąki wiedeńskiéj, zwanéj cesarską (Kaisermehl), z któréj wiedeńscy piekarze, wypiekają sławne rogaliki i bułeczki (Kaisersemmeln) nazywane kajzerkami w Warszawie. Zmieniono przeto pierwotny system mielenia na *system kaszkowy* (Mouture économique; Griesmüllerei, Hochmüllerei, Wiederholte Müllerei), gdzie kamienie ustawiają się zdaleka od siebie, aby ziarno przepuszczone przez kamienie obtarło się tylko i grubo przełamało (Vorschroten); poczém toż samo ziarno wsypuje się drugi raz pomiędzy kamienie, ale już więcéj zbliżone do siebie dla większego rozdrobnienia (Nachschroten); następnie potém puszcza się ziarno po raz trzeci pod kamienie, jeszcze więcéj zbliżone do siebie, ażeby piękną śrutę otrzymać (Feinschroten); w końcu mlewo idzie na pytle. Czasami takie mielenie powtarza się cztery razy. Ten system wydaje większą ilość pięknéj mąki, niż system płaskiego czyli jednorazowego mielenia. Dla pszenicy z krajów południowych Europy, poczynając od Węgier jest on niezmiernie korzystny, gdyż ziarno tamtejsze jest mocniéj zabarwione pod otrębą.

System kaszkowy znany był od dawna austryackiemu młynarstwu, przynajmniéj znany już był w r. 1820. Benoit we Francyi przy końcu roku 1820, obok złożeń urządzonych na sposób amerykański, urządził także kamienie kaszkowe (Griesgänge) i młynarstwu kaszkowemu szczególniéj swoją baczność poświęcił, produkując w swoim młynie mąkę, z któréj wyrabiano wyższe gatunki makaronów włoskich (Vermicelle de première qualité).

Od tego czasu zwrócili austryaccy młynarze szczególną uwagę na *maszynę do czyszczenia kaszek* (Griesputzmaschine), któréj zadaniem jest, ciężkie i ziarniste części kaszek od części lekkich i delikatnych otrąb, takiéj saméj wielkości lub téż mniéjszych od ziarek kaszkowych, za pomocą sztucznie sprowadzonego wiatru od siebie oddzielić i rozsortować, podług właściwego im ciężaru gatunkowego. Maszyna ta przed 40 laty w młynarstwie zastósowana, używaną jest do dnia dzisiéjszego, z niektóremi tylko modyfikacyami i poprawkami. We Francyi maszyny tego rodzaju, wprowadzili w użycie Benoit, Cartier, a obecnie mają wielką sławę maszyny do czyszczenia kaszek Perrigaulta.

Figura 392 przédstawia rzeczoną maszynę, któréj opis i rysunek wyjęty jest z Encyklopedyi Prechtla. Trzy części figury po lewéj stronie, stanowią przekrój pionowy, zaś wązka figura po prawéj stronie, przedstawia widok téj maszyny z boku. *D E* jest to skrzynia drewniana z cienkich zbudowana desek. *A* jest to główna rura wiatrowa, od któréj rozchodzi się wiele innych małych rur pionowych *B C* i t. d. a wszystkich drewnianych. Gryz czyli kaszki poddane czyszczeniu udają się rurami a, a', a''. ... do koszów b, b', b'' i t. d. a następnie, jeżeli przedział I weźmiemy za przykład, udaje się otworem pomiędzy ukośnemi ścianami r r do przedziału III, zkąd kaszka znowu otworem g odchodzi. Jednocześnie kiedy się to dzieje, wpada wiatr rurą C z wentylatora (bąka) przy α biegnie wzdłuż kulisy α β przez wpadającą kaszkę, w skutek czego lżéjsze cząstki wrzucane bywają przez ścianę ruchomą i do przedziału II, zkąd znów kaszka wpada do przedziału IV, a ztamtąd otworem h na zewnątrz. Że wiatr wpada również otworem przy α' i że biegnie ku β' nie potrzebuje żadnego objaśnienia. Robi się jednakowoż uwagę, że otwór α można za pomocą zasuwki stosownie zwiększać albo zmniejszać, a tém samém siłę prądu wiatrowego regulować.

Widzimy daléj, że w kanale B rozdziela się strumień powietrza na dwie części i udaje się na prawo i lewo do 4-ch przedziałów w taki sam sposób, jakeśmy to wyżéj widzieli. W skutek czego spadają części cięższe kaszek wprowadzonych koszem b' przez otwór g'; zaś kaszki wprowadzone koszem b'' wypadają otworem g'', części lżéjsze otworami h' i h'' zupełnie oczyszczone a najlżéjsze to jest pył i cząsteczki otrąb wypędza wiatr do przestrzeni D, F i E. Dla przemienienia dobrze oczyszczonego, a następnie grubo ześrutowa-

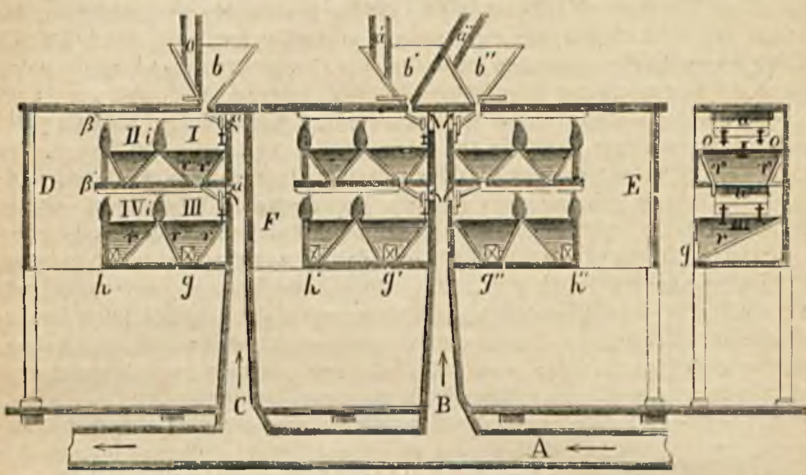


Fig. 392.

nego ziarna (przez powtórne zasypanie, przemielenie, spytlowanie) na różne gatunki kaszek, potrzeba do tego celu użyć maszyny austryackiéj, dopiero co opisanéj (Fig. 392). Oprócz tego potrzeba jest wielu pytli rozmaitych przymiotów, aby w czasie wyrabiania kaszek otrzymywać było można mąkę ordynarną, a po zmełciu kaszek najpiękniejsze jéj gatunki.

Na ten ostatni cel, nie potrzeba używać zbyt delikatnéj gazy na pytle, jakiéj wymagają młyny na raz tylko mielące (Flachmüllerei), N^0 11 téj gazy jest dostateczny, gdy przy mieleniu płaskiem przynajmniéj N^0 14 potrzeba użyć [1]).

---

[1]) Gaza jedwabna na pytle wzięta tutaj za wzór, pochodzi z fabryki p. Bodmera w Zurichu, gdzie najgrubszy numer oznaczony jest przez 000.

N^0	Otwory na 1 cal paryzki (27 millim.) na szerok.	na dług.	Otworów w 1 calu k. paryzkim	N^0	Otwory na 1 cal paryzki (27 millim.) na szerok.	na dług.	Otworów w 1 calu k. paryzkim
000	18	19	342	7	88	86	7568
00	24	26	624	8	94	96	9024
0	30	38	1140	9	102	104	10608
1	40	44	1760	10	110	120	13200
2	54	54	2916	11	120	122	14640
3	62	62	3844	12	126	126	15876
4	65	67	4355	13	130	132	17160
5	70	70	4900	14	140	132	18480
6	80	78	6040				

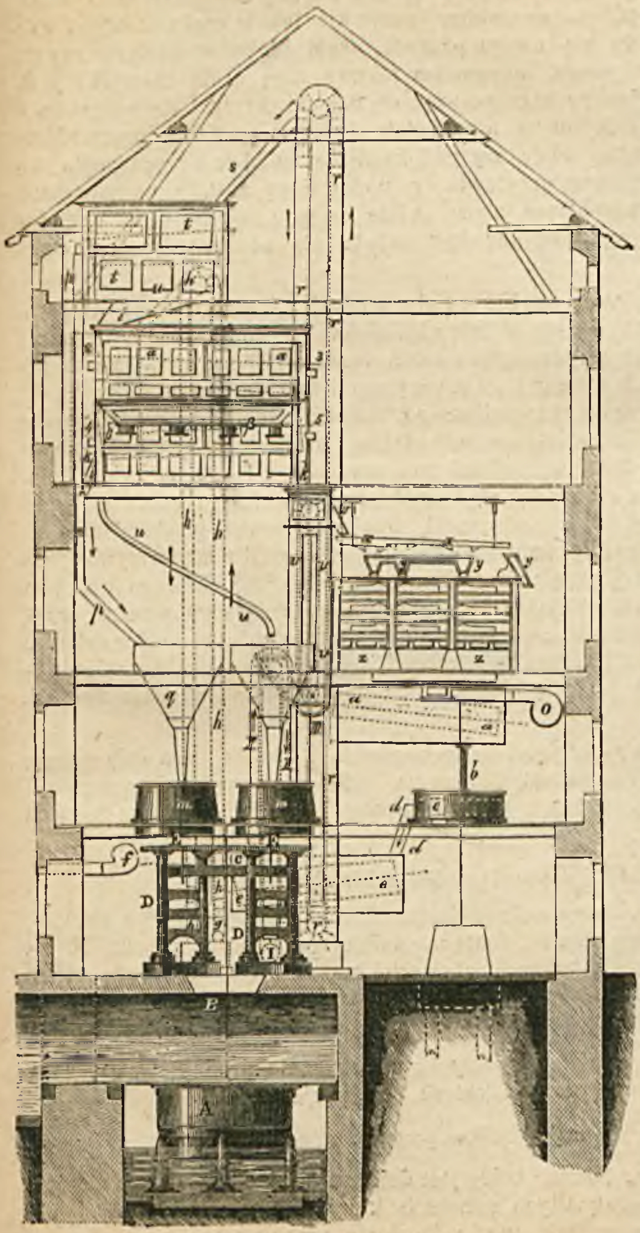


Fig. 393.

Przyczyna jest jasna jeśli pomyślimy, że w młynarstwie kaszkowém z powodu ustawiania kamieni daleko od siebie (Hochschroten), drobne mielenie otręby niema tu miejsca; otręby oddzielają się od mąki nie za pomocą pytli, ale za pomocą maszyny służącéj do oczyszczania kaszek (Griesputzmaschine).

Figura 393 przedstawia dyspozycyę młyna kaszkowego na nowy sposób urządzonego w $^1/_{144}$ części naturalnéj wielkości, gdzie ruch nadawany jest młynowi za pomocą turbiny *A* Henschla-Jonvala. Na wale turbiny *B*, osadzone jest koło zębate walcowe poruszające bezpośrednio tryby kamieni górnych czyli biegunów. *D E* jest to rusztowanie na którém leżą kamienie.

Pszenica przeznaczona do zmielenia idzie z zapasowego zbiornika za pośrednictwem elewatora II, III do cylindra sortującego *a a* i tam oczyszcza się z drobnych kamyków, kulek ziemnych, groszku etc. Ztąd udaje się dobra massa rurą *b* do maszyny oczyszczającéj *c c* gdzie się łuska obciera, końce ziarnek obcinają, a potém idzie przez *d* do cylindra pyłowego *e* gdzie się ostatecznie oczyszczanie ziarna odbywa, i wentylator wszystkie lekkie części z młyna wypędza. Po ukończeniu się owego procesu, drugi elewator podnosi czystą pszenicę na czwarte piętro, wprowadza takowe rurą *u* do zbiornika *k k*, który tu jest na naszym rysunku po większéj części zakryty. Ze zbiornika *k* udaje się zboże rurą *l* do rury *p*, a następnie do kosza *q* a potém przeszedłszy przez przyrząd Contego, udaje się pod kamienie *m* gdzie się przemiela na śrutę. Ta śruta za pomocą przyrządu *r r* podniesioną zostaje na najwyższe piętro, mianowicie na poddasze młyna, gdzie zsypuje się rurą *s*, do cylindra śrutowego *t t*. Śruta o któréj mówimy składa się ze śruty, kaszki, mąki i otrąb.

Takie cylindry mają zwykle 36 do 42 cali średnicy, przy długości 12 do 16 stóp i obracają się w minucie czasu 30 do 32 razy. Płaszcz pokrywający cylinder bywa pospolicie z siatki drucianéj N⁰ 14, albo téż w dwóch częściach z N⁰ 20 i 14. Otręby i śruta rurą *p p* udają się znowu na kamienie, gdzie się przemielają drugi raz, podczas gdy massa główna, która przeszła przez otwory drucianego cylindra śrutowego, kanałem *i* udaje się do cylindrów mącznych *α α*, których osi obrotowe linijami punktowanemi 2 .... 3 są naznaczone. Tu oddziela się mąka od kaszki; ale ta mąka jest pośledniego gatunku zwana *mąką czarną* (Schwarzmehl, Luffenmehl, Pohlmehl). Ten produkt staje się od razu przedmiotem handlu, ładuje go się więc w worki i z młyna wywozi; zaś mięszanina kaszki i otrąb spada do cylindra sortującego β β, którego osią jest linija kropkowana 4....5. Tutaj przez otworki gazy grubszego numeru przechodzi massa, która nie jest ani kaszką ani téż otrębą, a na zewnątrz cylindra w kierunku osi wychodzi kaszka i otręby i udaje się na sita *x y z*, za pomocą śruby lub téż za pomocą elewatora *v v* i wylotu *w* jak nasz rysunek wskazuje.

Im więcéj chcemy otrzymać gatunków mąki i kaszek, tém cały proces mielenia staje się bardziéj skomplikowanym. Mielenie to skomplikowane odbywa się w c. k. uprzywilejowanym młynie parowym w Wiedniu (am Schüttl) w sposób następujący.

Każde 5 par kamieni stanowią jeden oddzielny system:

N⁰ 1 uskutecznia żubrowanie (Spitzen, Koppen) pszenicy; N⁰ 2 uskutecznia śrutowanie; N⁰ 3 przemiela śrutę na mniéjsze cząsteczki kaszek; N⁰ 4 zajmuje się przemielaniem samych czystych kaszek (Weissmahlerei); N⁰ 5 zajmuje się wymielaniem wszystkich pozostałych odpadków na mąkę, miał kaszkowy (Dunst) i otręby.

Po powtórném przemieleniu śruty i rozsortowaniu produktu za pomocą cylindrów i maszyny do czyszczenia kaszek, otrzymuje się:

1) Mąkę, która się mąką bułkową zowie.

2) Miał kaszkowy (Dunst) który jest delikatniéjszy od kaszki ale nie jest jeszcze mąką, w pięciu rozmaitych numerach, który się potém z innymi odpadkami łączy tego samego rodzaju, przez kamienie przepuszcza i na mąkę zamienia.

3) Śruta (Streifen) która się znowu przemiela na mąkę, miał kaszkowy (Dunst), kaszkę i otręby [1].

4) Rozczyn (Auflösen), grubszy i drobny obu gatunków, mających te same co i śruta przymioty.

5) Pierwszy i drugi rozczyn kaszkowy, obydwóch gatunków kaszek, leżących bliżéj łuski niż jądra i które się przerabiają na piękne gatunki mąki.

6) Kaszka czysta, pierwsza, druga i trzecia, którą się znowu poddaje czyszczeniu, dla odciągnięcia lekkich odpadków.

Produkta N⁰ 3 do 6 przemielają się jeszcze kilkakrotnie, dopóki się nie otrzyma ordynarnéj mąki, miałów kaszkowych (Dunstsorten), i kaszek na rozmaitą mąkę, oraz otrąb w rozmaitych stopniach.

Po przemieleniu najczystszéj kaszki jądrowéj N⁰ 2, 3 i 4, otrzymuje się w końcu:

Wyciąg cesarski N⁰ 0, którego używa się tylko na pieczywo zbytkowne, i

Wyciąg piekarski N⁰ 1, z którego się wypieka bułeczki cesarskie nazywane u nas kajzerkami.

Wyciąg cesarski jest to jak najdelikatniéj zmielona kaszka na mąkę, podczas gdy wyciąg piekarski jest więcéj ziarnisty. Z innych czystych kaszek, otrzymuje się wyciąg piekarski N⁰ 2.

W skutek przemielania kaszek, powstają ale także jako odpadki miały kaszkowe (Dunste), które się oczyszczają powtórnie i z miałami kaszkowymi (Dunstorten) poprzednio otrzymanemi, przemielają się na mąki od N⁰ II aż do V.

W ogóle za pomocą procesu wyżéj wskazanego, przemienia się pszenica w następujące produkta, podane w procentach:

Ze 100 funtów pszenicy w stanie surowym, otrzymuje się:

1)	Kaszek (Marktgries) dwa gatunki	0,5
2)	Wyciągu cesarskiego N⁰ 0	1,0
3)	Wyciągu piekarskiego N⁰ I	30 do 33
4)	„ „ N⁰ II	8 — 12
5)	Mąki zwanéj mątową (Mundmehl) N⁰ III	20 — 26
6)	Mąki bułkowéj N⁰ IV	8 — 10
7)	Mąki białéj (Weisse Pohl) N⁰ V	
8)	Mąki brunatnéj (Braune Pohl) N⁰ VI	8 — 10
9)	Miałkie otręby (Dunst kleie)	7 — 8
10)	Otręby N⁰ I	6 — 9
11)	Otręby N⁰ II	0,5 — 1,0
12)	Drobnéj pszenicy	1,0 — 3,5
13)	Omieciny (Fussmehl, Staubmehl)	1,0
14)	Żubrowiny (Koppstaub)	1,5 — 2,0.

Nadmienia się tutaj, że w młynie parowym wiedeńskim, mąka nim się do handlu dostanie, w składzie na ten cel przeznaczonym, miesza się stósownie do potrzeby, następnie wsypuje się w worki, obejmujące po 1 $1/2$ cent. wied. (75 kilogrammów). Dzienna produkcya mąki w młynie wiedeńskim ma wynosić 1100 centnarów celnych (55000 kilogr.).

[1] Produkt otrzymany z największych ziarnek pszenicy, mający na sobie otrębę, nazywa się śrutą, z któréj otrzymuje się jeszcze wiele kaszki.

Że najlepsze gatunki mąki, pochodzące z młynów kaszkowych (Griesmüllerei), mają cenę daleko wyższą niż najpierwsze gatunki mąki pochodzącéj z młynów anglo-amerykańskich (Flachmüllerei), rozumié się samo z siebie, jeżeli zwrócimy uwagę na skomplikowany proces mielenia kaszkowego wyżéj opisany. Należy także pamiętać, że w okolicznościach zwyczajnych, w młynarstwie kaszkowém, przy téj saméj sile poruszającéj, można zemleć zaledwie połowę téj ilości pszenicy na mąkę co w młynarstwie płaskiem (Flachmüllerei). Że jednak kamienie w młynarstwie kaszkowém ustawiają się z daleka od siebie, przeto do ich poruszania potrzeba jest mniéjszéj siły, niż w młynarstwie płaskiem, gdzie od początku do końca procesu mielenia, kamienie stosunkowo leżą bardzo blizko siebie.

424. Młyn angielski przenośny. W żelaznéj lanéj ażurowéj ramie, mającéj formę walca wewnątrz pustego, umieszczony jest mechanizm trybowy jak Figura 394 przedstawia, służący do nadawania ruchu kamieniom francuzkim, umieszczonym na wierzchu ramy, okrytym płaszczem drewnianym; a na wierzchu kamieni znajduje się kosz drewniany, służący jak wiadomo do zasypywania zboża, poddanego mieleniu. Młyn ten silnéj i bardzo prostéj konstrukcyi, zbudowany został po raz pierwszy w Anglii, zkąd jego nazwisko. Można na nim otrzymywać razówkę i mąkę upodobanego gatunku, dodawszy w tym drugim razie do tego młyna skrzynię z pytlem gazowym. Poruszany być może kieratem, wodą lub maszyną parową, przenosząc ruch z silnika na krążek pasowy, osadzony na osi poziométj dolnéj, jak to rysunek dokładnie uwidocznia. Młynek ten jest nadzwyczaj użyteczny w gospodarstwach wiejskich, kiedy w lecie dla braku wody, lub w zimie z powodu zamarznięcia kół wodnych, młyny nie mogą funkcyonować. Wtedy to młynek tego rodzaju ustawiony gdzie kolwiek w pobliżu kieratu lub maszynki parowéj, niedogodności powyższéj zaradzić może. Oprócz powyższych zalet ma jeszcze tę bardzo ważną, że jest nie kosztowny.

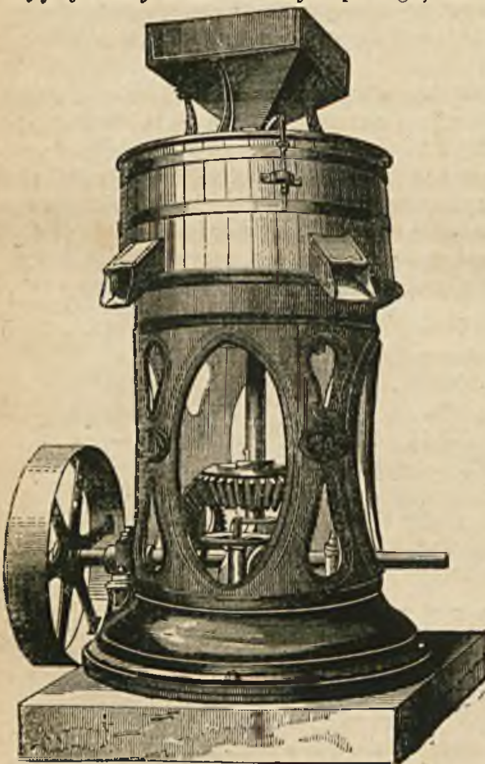


Fig. 394.

425. Młynarstwo w Polsce. Młynarstwo nasze, podobnie jak i w całéj zachodniéj Europie, do końca ośmnastego wieku, ograniczało się na młynach wodnych i wiatrakach, pospolitéj konstrukcyi. Do mełcia zboża, używano tylko kamieni piaskowych; o kamieniach francuzkich, nie wiedziano prawie wcale. Maszyn do sortowania i czyszczenia ziarna nie znano. Szufla w ręku zręcznego i wprawnego parobka a w młynie *żubrowanie*, stanowiło całą czynność oczyszczającą ziarno. Ale bo też i wymagania konsumentów były nie wielkie. U nas w Warszawie mątowe bułeczki z marymonckiéj mąki, stanowiły niegdyś zbytkowny pokarm. Chléb razowy, lub z mąki przesianéj wełnianymi pytlami, widzieć można było na stołach największych panów i szlachty. Nikt jeszcze wtedy nie wiedział o młynarstwie amerykańskiém i nie umiał rozróżnić młynarstwa płaskiego od kaszkowego. Młynarstwo szło sobie u nas od wieków utorowaną drogą, aż do roku 1825, kiedy hr. Tomasz i Henryk Łubieńscy, postępując z duchem czasu, zbudowali, pierwszy młyn amerykański na Solcu (w alei Jerozolimskiéj), a tém samém założyli podwalinę do reformy młynarstwa w Polsce. Młyn ich posiadał 12 złożeń z kamieniami francuzkiemi, poruszanych machiną parową 60-konną. Lecz nie długo pp. Łubieńscy cieszyli się swojém dziełem. Wypadki w r. 1831, zmusiły ich do ustąpienia praw swoich Bankowi polskiemu, który znowu w r. 1837 rzeczony młyn odstąpił Piotrowi *Steinkellerowi.* Oczywiście pod taką opieką, młyn musiał się koniecznie rozwijać. W r. 1841 Steinkeller z fabryki G. Hoffmana z Wrocławia, sprowadził zdolnego mechanika p. Laessiga i poruczył mu przerobienie młyna, a następnie oddał mu zarząd onego. Steinkeller, którego działalność przemysłowa, rozciągała się w rozmaitych kierunkach i na całą przéstrzeń kraju, stworzył zakłady Żareckie, pobudował wielką walcownię cynku w Londynie, do walcowania cynku w kraju naszym produkowanego, założył na Solcu fabrykę karet pocztowych, długi czas „stajnkellerkami" zwanych, zbudował młyn parowy amerykański na Podgórzu pod Krakowem, dotychczas w ręku p. Barucha będący; rozpoczął wraz z hr. Łubieńskiemi budowę dróg żelaznych w kraju, myślał o zaprowadzeniu oświetlenia gazowego, wodociągów i kanalizacyi w Warszawie. Nieszczęśliwe jednak spekulacye finansowe, spowodowały upadek tego wielkiego przemysłowca, którego jednak działalność dla dobra kraju, na długo pozostanie w pamięci wdzięcznych mieszkańców kraju.

Młyn parowy na Solcu, przeszedł znów teraz na własność Banku polskiego i zostawał nadal pod kierunkiem p. Laessiga. W r. 1851 po nastąpionym pożarze, Bank polski zarządził radykalną onego rekonstrukcyę. Oprócz 12 złożeń do płaskiego mlewa, zaprowadzono jeszcze olejarnię, tartaki do rznięcia drzewa i piły do rznięcia fornierów, a do poruszania tego wszystkiego sprowadzono z zagranicy maszynę parową Woolfa działającą z ekspansyą i kondensacyą i o sile 120 koni parowych. Po wyjeździe p. Laessiga za granicę w r. 1862, zarząd młyna oddał Bank polski p. Józefowi Wieniarskiemu, urzędnikowi warzelni soli w Ciechocinku; a po powtórném spaleniu się onego, skasowano olejarnię i tartaki, zostawiając jedynie młyn czynnym; następnie w r. 1870 Bank polski sprzedał go p. Janowi Blochowi bankierowi warszawskiemu, który w takowym obecnie przerabia 6 złożeń kamieni na system kaszkowy. Młyn ten mając zasób kapitału obrotowego, przemiela rocznie 90 do 100,000 korcy zboża. Jest to największy młyn w Polsce.

Z kolei należałoby opisać również szczegółowo i inne młyny amerykańskie tak w Warszawie jako też na prowincyi w różnych epokach czasu pobudowane; ale szczupłość miejsca pozwala nam tylko niektóre z nich wymienić, odsyłając czytelnika po więcéj szczegółowy opis do *Encyklopedyi rolniczéj* wydawanéj w Warszawie (Tom IV, str. 357).

Młyn w Słodowcu pod Marymontem p. S. Kropiwnickiego; na Lesznie p. Petrowa; na Solcu (nad Wisłą) w Warszawie p. Głuchowskiego; przy ulicy Wilczéj p. Szancera; w Łowiczu p. D. Rosenbluma; w Zegrzynku zbudowany przez p. A. Łapińskiego wraz ze spichrzem wentylacyjnym, obecnie własność p. H. Reichmana i Wolfa; w Czarnostowie u p. M. Gniazdowskiego młyn o 3-ch złożeniach do mlewa płaskiego, p. Franciszek Lubicki mechanik przerobił na system kaszkowy. Tenże p. Lubicki pobudował w r. 1876 u p. Gruszczyńskiego w Pilicy młyn wodny o 4-ch złożeniach do kaszkowego i płaskiego mlewa. Przy ulicy Prostéj w Warszawie p. Feliks Rymkiewicz pobudował obecnie młyn parowy o 4-ch złożeniach do płaskiego i kaszkowego mlewa. Osobliwością jest tutaj przyrząd z walcami porcelanowymi do gniecenia kaszek. Daléj idą młyny: p. Kohna w Częstochowie, p. Leona Trzetrzewińskiego w Chodakowie pod Sochaczewem; p. Pentza w Radomiu; hr. Potockiéj w Międzyrzecu; młyn po Wydrychewiczu w Opolu; hr. Renard pod Modrzejowem niedaleko Katowic; pp. Brzezińskich w Lublinie; p. Koźmińskiego na Piaskach pod Lublinem; p. Rembielińskiego w Krośniewicach; p. Maurycego hr. Potockiego w Jabłonny i Wilanowie; p. L. Epsteina w Pilicy; p. Korytyńskiego w Łotoszynie; p. Maringe w Dachowie nad rzeką Bzurą młyn wodny poruszany dwoma turbinami; w Firleju pod Radomiem, młyn wodny amerykański; w Kozienicach młyn wodny amerykański jenerała Dehna; w Staréj wsi pod Kołbielą u p. Józefa hr. Zamoyskiego młyn o 4-ch złożeniach francuzkich, wreszcie w Terespolu, Łukowie, Siedlcach, Iwangrodzie, w tych czasach pobudowano młyny parowe, mielące po 300 korcy tygodniowo na piękną pytlową mąkę.

W gub. Płockiéj największe młyny parowe są w Borowiczkach i Okalewie. W gub. Kaliskiéj jest 12 młynów parowych a z tych wyróżnia się: w Wieluniu, Praszce, Nieświatowie, Przyjmie, oba w pow. Słupeckim, oraz młyn wodny na r. Warcie we wsi Powiercie.

Cyfry statystyczne z roku 1870 wykazują następujący stan krajowego młynarstwa:

	Młyny parowe	Amerykańskie	Konne	Wodne	Wiatraki
Gubernia Warszawska . .	16	3	4	382	506
„ Kaliska	11	2	11	204	837
„ Piotrkowska . .	6	2	—	450	351
„ Radomska . . .	9	3	2	262	166
„ Kielecka . . .	4	11	—	212	58
„ Lubelska . . .	7	—	—	344	127
„ Siedlecka . . .	4	—	30	198	242
„ Płocka	3	—	2	177	252
„ Łomżyńska . .	1	1	4	92	142
„ Suwalska . . .	6	2	3	51	139
Razem . .	67	24	56	2372	2820

Ogółem młynów z wiatrakami było 5339 które produkowały mąki za rs. 8,446,618.

Jakkolwiek od pewnego czasu zwiększyła się działalność młynów w królestwie, jednakże ta skierowaną jest głównie do zaspokojenia potrzeb miejscowych, co stanowi zaledwie cząstkę zboża produkowanego przez naszych rolników, którego większość wywożoną jest za granicę.

W r. 1874 wywieziono za granicę: mąki za rsr. 378,922, otrąb za rsr. 118,636. Uderza tu wywóz otrąb, które nieocenionéj są użyteczności w gospodarstwie wiejskiem.

Wywozem za granicę otrąb i ziarna niemielonego zubożamy kraj, pozbywając się użytecznych w rolnictwie materyałów.

Mimo rozszerzonych komunikacyj, niedostateczność tychże w stosunku odpowiednim do krajowych potrzeb, niezmiernie wpływa na koszta transportu tak ziarna jak mąki, a dodawszy jeszcze do tego trudności napotykane przez właścicieli ziemskich w rozwoju handlu mąką, powszechną nieznajomość handlu zbożowego [1]), brak technicznéj specyalności, administracyę często niedołężną i przy większych parowych młynach, kapitał obrotowy niekiedy zbyt mały, łatwo zrozumieć można, że przyczyny te bywały powodem, iż obliczenia najświetniejsze na papierze, wykazujące korzyści z zakładania na wsi kosztownych młynów parowych, w praktyce zawodziły i zamiast spodziewanych zysków, narażały na straty.

W północnéj i wschodniéj Europie żyto, w zachodniéj i południowéj pszenica, stanowią przeważnie materyały do wyrobu mąki na chléb. Mąka żytnia tém się różni od pszennéj, że nigdy téj ostatniéj białością nie dorównywa, zachowując zawsze szarawą barwę. Różnica w smaku żytniego chleba od pszennego pochodzi ztąd, że w żytnim znajdują się kwasy: mleczny i maślany, których brak zwykle w pszennym. W południowo-wschodniéj Europie używana jest mąka z kukurydzy, a w części Lombardyi z ryżu. U nas mąka grochowa, bobowa, owsiana, z siemienia lnianego i t. p. znajduje codzienne zastosowanie przy żywieniu zwierząt domowych; nie mówiąc już o jęczmieniu i tatarce, przerabianych na rozmaite kasze.

426. Przymioty ziarna. Opisawszy powyżéj niektóre maszyny do czyszczenia zboża, nie od rzeczy będzie zapoznać się bliżéj na tém miéjscu z trudnościami jakie zwykle towarzyszą procesowi czyszczenia. W tym celu zwrócimy uwagę na fizyczne przymioty ziarna pszenicy wyobrażonego na Fig. 395

---

1) Od r. 1853 począwszy, hr. Andrzéj Zamoyski pragnąc ułatwić obywatelom ziemskim sprzedaż pszenicy, udzielał im z własnéj kassy zaliczenia na mające się spławić statkami żeglugi parowéj zboże do Gdańska; zastępował również z własnych funduszów wszelkie koszta transportu, a po uskutecznionéj sprzedaży w Warszawie, Gdańsku lub Londynie, resztę właścicielom zboża dopłacał. Myśl ta rozwinęła się późniéj obszerniéj przez zaprowadzenie tak nazwanych *Domów zleceń rolników*, które niestety, dziś już nie istnieją.

Obacz także niezmiernie ważną broszurę wydaną we Lwowie w roku 1844, w drukarni Piotra Pillera, noszącą tytuł: „*Uwagi Antoniego Mysłowskiego* nad handlem zbożowym z Galicyi do Odessy i nad zaprowadzeniem żeglugi parowej na Dniestrze“.

Jakoż w r. 1862 utworzyła się we Lwowie współka, złożona z ks. Leona Sapiehy, hr. Włodzimierza Baworowskiego, hr. Włodzimierza Russockiego i p. D. Horowitza bankiera lwowskiego, mająca na celu zaprowadzenie żeglugi parowéj na Dniestrze. Zamówiła ona statek parowy 40-konny i 4 gabary w fabryce machin hr. A. Zamoyskiego w Warszawie, które w r. 1863 w Żurawnie na wodę spuszczone zostały. Z powodu jednak nieuregulowanego koryta górnego Dniestru, żegluga spodziewanych korzyści nie mogła przynosić, współka więc powyższa statek i gabary sprzedała towarzystwu Odeskiemu.

w przecięciu podłużném, jak ono się przedstawia pod mikroskopem w znaczném powiększeniu.

Obserwując od zewnątrz ziarnko, widzimy pod mikroskopem na najwyższym zewnętrznym jego końcu *bródkę* (Bart), składającą się z włoskowatych céwek, których przeznaczeniem prawdopodobnie jest, przy rozwoju ziarnka, wnętrze rdzenia łączyć z atmosferyczném powietrzem. Barwa owych włosków jest brudno biała, siwa a czasem brunatna, przy mieleniu nadająca brzydki pozór mące. Oprócz tego owa bródka jest zbiorowiskiem wszelkiego rodzaju pyłu i nieczystości.

W dolnym końcu ziarnka cokolwiek na prawo, widzimy żółtawo-chrząstkowatą plamę, jest to *zarodek* (Embryo), którego środek oznaczony jest liczbą 10. Wydobyty ztamtąd, przedstawia się jako massa oleista, nieprzyjemna w smaku, nie tylko na białość mąki, ale również na jéj dobroć, niekorzystny wpływ wywierająca.

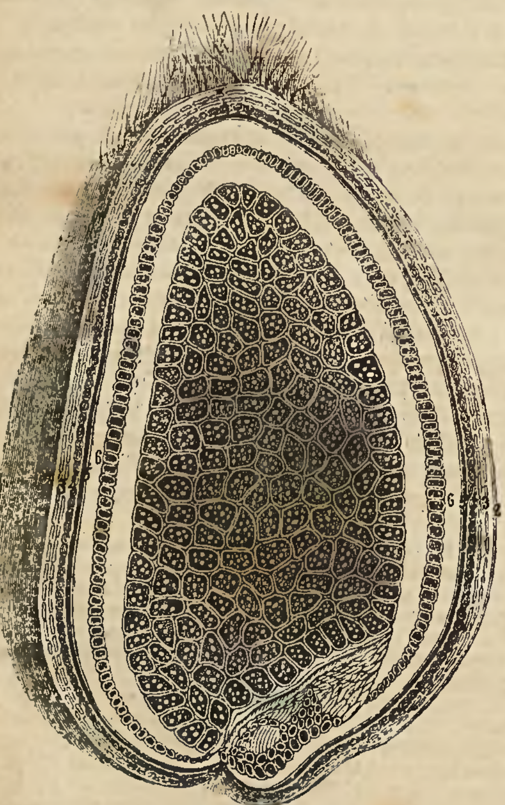


Fig. 395.

Ziarnko pszenicy składa się głównie z dwóch części, mianowicie z powłoki czyli łuski albo skórki (Pericarpium) i rdzenia czyli jądra w ścisłém tego słowa znaczeniu [1]).

Skórka ziarnka, składa się z trzech warstw po nad sobą ułożonych, z których pierwsza czyli zewnętrzna (Epidermis, Epicarpium), liczbami 1,2 oznaczona, jest bezbarwną i nie posiada komórek, gdy druga czyli środkowa warstwa (Sarcocarpium) N° 3 oznaczona składa się z komórek żółto zabarwionych, a trzecia liczbą 4 oznaczona, posiada te same własności co i warstwa 2. Wszystkie owe trzy powłoki, stanowią około 3 procentów całego ziarnka.

Nasienie składa się z zewnętrznéj powłoki (Testa) N° 5 oznaczonéj, k t ó r a w każdym gatunku pszenicy, jest mniéj więcéj barwy pomarańczowéj, następnie składa się z wewnętrznéj,

---

[1]) Moleszot w swojéj: „Phisiologie der Nahrungsmittel" (drugie wydanie, Giessen 1859) podaje na str. 100 części składowe pszenicy zredukowane do 1000, które dla porównania podajemy także z częściami żyta, jęczmienia i owsa:

po większéj części bezbarwnéj skóreczki, na rysunku tylko naznaczonéj. Po téj podwójnéj powłoce, następuje bezbarwna warstwa N⁰ 6 (Embryo-Membrane). Dopiéro co wymienionych pięć powłok tworzą z częścią N⁰ 6, tak zwaną otrębę, która bogatszą jest w białkowatą materyę (kléj), a uboższą w krochmal niż mąka.

Powyżéj wzmiankowana warstwa czyli tkanka N⁰ 6 (Embryo-Membrane), wychodząc w obiedwie strony kiełka czyli zarodka N⁰ 10, (podług

Wyszczególnienie części składowych	Pszenica	Żyto	Jęczmień	Owies
Kléj i białko	135,37	107,49	122,65	90,43
Pierwiastek komorkowaty .	32,39	49,63	97,48	116,49
Krochmal	568,64	555,19	482,64	503,37
Dextrina	46,69	84,50	99,55	49,65
Cukier	48,47	28,76		65,41
Tłuszcz	18,54	22,09	26,31	39,90
Sole	19,96	14,61	26,55	25,94
Potaż	0,57	0,77	0,65	0,89
Azot (Natron)	1,91	1,83	1,95	0,24
Wapno	0,57	0,77	0,65	0,89
Ziemia gorzka	2,21	1,61	1,79	1,96
Niedokwas żelaza	0,19	0.21	0,38	0,26
Kwas fosforowy	9,98	6,56	11,32	4,93
Kwas siarkowy	0,02	0,05	0,05	0,16
Kwas krzemienny . . .	0,21	0,17 (ziemia krzemienna)	6,86	14,10
Chlorek azotu (chlornatrium)	0,41	0,41	0,00	0,00
Woda	129,94	138,73	144,82	103,81

Ilość najważniejszych części składowych zboża, mianowicie kleju i krochmalu, stósownie do klimatu, gruntu, sposobu uprawy jest rozmaitą, i tak znajduje się w 100 częściach:

Miękkiéj pszenicy Odesskiéj, (Podolskiéj, Wołyńskiéj i Ukraińskiéj)	10,4	Części	kleju
	68,2	„	krochmalu
Pszenicy amerykańskiéj z Georgii	14,36	„	kleju
	68,93	„	krochmalu
„ „ z Michigan	16,24	„	kleju
	56,90	„	krochmalu
Pszenicy białéj polskiéj	35,10	„	kleju
	38,91	„	krochmalu
Pszenicy szlązkiéj	22,64	„	kleju
	51,58	„	krochmalu
Pszenicy pomorskiéj	13,59	„	kleju
	58,78	„	krochmalu.

Dla porównania pszenicy z mąką pszenną i otrębami pszennemi, podaje Moleszot następującą tablicę.

W 100 częściach znajduje się.

	Pszenica	Mąka pszenna	Otręby pszen.
Kleju	13,5	12,7	16.3
Krochmalu	66,4	72,4	40,2
Pierwiastku komorkowego	3,2	0,3	21,1
Tłuszczu	1,9	1,2	4,1
Soli	2,0	0,9	4,5
Wody	13,0	12,5	13,8.
	100,0	100,0	100,0.

Mège-Mouriès) gra najważniéjszą rolę w kiełkowaniu, wyżywieniu i wzroście rośliny. Ta powłoka stanowi również dla wewnętrznego jądra przeciwko wodzie nieprzenikliwą zaporę, a jeżeli po długiém moczeniu ziarna dostanie się wewnątrz jądra woda, to znalazła tam jedynie drogę przez część zarodka (Embryos) № 10, który nie posiada téj tkanki.

Materyę mączną jąderka, stanowią dopiero liczby 7, 8 i 9. Środkowa część téj materyi (№ 9), daje najpiękniéjsze gatunki mąki (wyciąg cesarski, kaszki etc.), podczas gdy № 8 i 7, co do piękności i dobroci, dają pośledniéjsze jéj gatunki. Z powyższego opisu budowy ziarna pszennego pokazuje się wyraźnie, jak trudne zadanie należy rozwiązać, chcąc otrzymać mąkę ze ziarna. Przedewszystkiém należy usunąć bródki z górnych końców każdego ziarnka zarodek z dolnego końca i brud z dolnego rowka, który aż do wnętrza jąderk, sięga. Następnie zniszczyć pięć skóreczek stanowiących powłokę ziarna, a doa piéro pozostałe wewnętrzne jądro powoli obmielać; zkąd się przeto pokazuje-że w młynarstwie kaszkowém, najlepsze gatunki mąki otrzymują się dopiero, późniéj, t. j. na samym prawie ostatku.

Najdoskonalszy więc proces mielenia odbywałby się wtedy, gdybyśmy mogli dokładnie ziarno z pięciu skórek ogołocić, nie tykając wcale jądra czyli części jego środkowéj, t. j. nie zmieniając jego formy.

Ale do dnia dzisiéjszego, maszyn wyłuskujących ziarno (Schälmaschinen) z taką dokładnością jeszcze nie mamy, a wynalezienie onych jest to ideał mechaniki młynarskiéj.

427. Kamienie młyńskie. Nie każdy gatunek kamienia, może być przydatnym do mielenia zboża. Żądania dzisiéjszego młynarstwa, może zaspokoić tylko bardzo mało gatunków kamienia. Kamienie młyńskie, obok pewnéj spójności i wielkiéj twardości, powinny mieć utkanie ziarniste, albo lepiéj jeszcze porowate, z naturalnymi ostrymi kantami i narożnikami; powinny być łatwe do nasiekiwania, nie kruszyć się i nie wypryskiwać, w użyciu zatrzymywać długo zdolność dobrego mielenia, nie tępić się łatwo, nie zużywać się widocznie, czyli nieobmielać, przez co proch kamienny zanieczyszczałby mlewo i na barwę mąki szkodliwie wpływał.

Prócz tego powinna massa kamienna posiadać utkanie (Textur) jednostajne, t. j. nie posiadać jednocześnie miéjsc miękkich i twardych, lekkich i ciężkich; są to wymagania, które się stały powodem, że obecnie (szczególniéj w młynarstwie delikatniéjszém) składają kamienie z jednorodnych kawałków i łączą takowe za pomocą kitu.

Rodzaje minerałów z których otrzymują się kamienie młyńskie, są piaskowce, pewne rodzaje porfirów, żużlowaty bazalt albo lawa, a szczególniéj kwarc porowaty. We wszystkich prawie krajach, formacya piaskowca dostarcza młynarstwu użytecznego kamienia do żubrowania i śrutowania ziarna, którego również używa się w grubszém młynarstwie. Saksonija, Szlązk górny,

---

Ztąd się pokazuje, że najważniejsze pierwiastki pożywne (z wyjątkiem krochmalu), mianowicie ciała białkowate (klej), następnie tłuszcze i sole, znajdują się w większéj obfitości w otrębach aniżeli w mące; i dla tego różne gatunki mąki, z téj saméj wyprodukowane pszenicy, o tyle są uboższe w środki pożywne plastyczne, im mąka odznacza się większą białością, t. j. im mniej zawiera w sobie otrąb.

Hanower, Wirtemberg, Austrya nad Dunajem, Czechy niedaleko Pragi, wielkie księztwo Badeńskie i królestwo Polskie mianowicie okolice Szydłowca i całe Krakowskie, oraz okolica Rzyszczewa nad Rosią na Ukrainie, obfitują w kamień piaskowy używany w młynarstwie.

Porfirowych kamieni dostarcza Las Turyngski (Thüringer Wald), między innemi okolica powyżéj Frankenheim i Dirrberg w księztwie Gotajskiém.

Żużlowaty bazalt (pianisty), porowaty, podobny do żużli kowalskich, szczególniéj zdatny na kamienie młyńskie, nazywany przez tamtejszych górników: Mühlsteinbasalt, Mühlsteinlava, znachodzi się w Prusach nadreńskich w łomach Niedermendig niedaleko Andernach, w formacyi wulkanicznéj.

Wybornych kamieni młyńskich kwarcowych dostarczają łomy La-Ferté-sous-Jouarre we Francyi, i łomy Fony na Węgrzech, 6 mil od Tokaju. Inżynier Kołodziejski utrzymuje w czasopiśmie: *Czas* krakowski (z r. 1873), iż ten sam gatunek kamienia kwarcowego co i w Węgrzech, zdatnego dla młynów, znajduje się na Podolu galicyjskiém, na pobrzeżach Dniestru.

Jakkolwiek kamienie francuzkie z La-Ferté-sous-Jouarre znane już były od dawnych wieków, wszelako ich sława datuje się dopiéro od początku bieżącego stulecia, kiedy młynarze amerykańscy a następnie i angielscy pierwsi zwrócili na nie uwagę, z powodu wysokich swoich przymiotów, jakich tylko od kamieni wymagać można.

Co stanowi najważniejszy przymiot kamieni francuzkich, oprócz ich wysokiéj twardości i porowatości, to ich małe i większe nieregularne jamki czyli zagłębienia, w których nitki kwarcowe tworzą pewien rodzaj siatki, na podobieństwo siatki kostnéj u zwierząt, stanowiąc tym sposobem naturalne ostrza kamienia, które w skutek pracy, same się odnawiają.

Figura 396 przedstawia przekrój pionowy miéjscowości najbardziéj obfitującéj w kamienie La-Ferté-sous-Jouarre, a mianowicie prostopadle do osi doliny, w któréj leży ta miéjscowość, gdzie rzeka Marna przepływa i gdzie przebiega kolej żelazna Paryzko-Nançy-Strasburgska.

Fig. 396.

Rozmaite geognostyczne pokłady, są na figurze oznaczone cyframi od 1 do 7; a mianowicie, górna warstwa N⁰ 1 składa się z plastycznéj glinki, N⁰ 2 z porowatego kwarcowego kamienia (Meulières) z właściwego magazynu kamieni młyńskich, gdzie się wydobywają kawałki, z których dopiero robią się całe kamienie; N⁰ 3 warstwa morska ze skamieniałościami; N⁰ 4 piaskowiec kwarcowy; N⁰ 5 gips, który służy do wyrobu kitu, przy łączeniu z sobą części kamienia; N⁰ 6 margiel; N⁰ 7 wapień w pomieszaniu z glinkowatym, ziemnym marglem i piaskiem.

Obecnie górnicy muszą się głęboko zapuszczać pod górą dla wydobywania drobnych kawałków kamienia, z którego potém tworzy się całość. Takie zaś kawałki, z którychby cały kamień wyrobić było można, dziś napotykają się rzadko. Najpiękniéjsze kamienie pochodzą z łomu na północ położonego zwanego: la Justice du Bois de la Barre, pp. Roger fils. Inna znakomita firma, a zarazem najstarsza pomiędzy fabrykantami kamieni młyńskich jest następująca: Dupety, Theurey-Guevin, Bouchon et Comp. Ten zakład datuje się od r. 1751. Po uskutecznionym wyborze kamieni ze względu na twardość, porowatość, delikatność i barwę, przystępuje się do ich obrobienia za pomocą zwykłych narzędzi młynarskich: mesli, młotków zwyczajnych i oskardów z najlepszéj stali lanéj (Meissel, Hammer, Picke) z pięciu stron do ostrego kantu, a mianowicie w taki sposób, jak to przedstawiają Figury 397 i 398[1]).

Obie figury również pokazują, że część środkowa kamienia *c* jest wielokątem regularnym o 6, 7 albo 8 bokach, wykutym z jednego kawałka piaskowca, opatrzonego w środku otworem, którego średnica stósownie do wielkości kamienia wynosi 21 do 36 centymetrów. Do boków tego wielokąta kituje się obrobione kawałki *d* szlachetnego kamienia, których liczba i uporządkowanie, stósownie do okoliczności bywa rozmaite. Podzieliwszy całą powierzchnię kamienia od oka za pomocą kół spółśrodkowych na 3 równe części, to pierwsze koło mieszczące w sobie wielokąt *c*, nazywać się będzie częścią środkową lub *sercem* (Herz, Boitard, Coeur), drugi pierścień nazywa się *międzykolem* (Zwischenkreis, Entrepied), a pierścień zewnętrzny (jak γ δ na Fig. 398) nazywa się *powierzchnią mielącą* (Mahlbahn; Feuillure).

I tak kamień przedstawiony na Figurze 397 (nie licząc serca *c*), składa się z 7 kawałków, gdzie jego średnica wynosi 1,2 metrów, średnica oka ab = 30 centymetrów, a średnica opisanego koła na 7-boczném sercu 55 centym.

Fig. 397.

Fig. 398.

[1]) W Warszawie istnieją na Pradze dwie fabryki wyrabiające kamienie francuzkie p. p. C. *Skoryny* i G. *Neumana* z materyału sprowadzonego z la-Ferté-sous-Jouare.

Kamień zaś przedstawiony na Figurze 398, średnicy $1,4^m$, składa się z 27 kawałków, oko ma średnicy 33 centymetrów, a koło opisane na wielokącie środkowym *c*, 65 centymetrów. Figura ta przedstawia również sposób kreślenia linij krzywych przy nacinaniu kamieni.

Na tylnéj ścianie kamienia *ff* (Fig. 399) kituje się tak zwana *nakładka* (Auflage) *g g* składająca się ze zwyczajnych kamieni lub z cegły, ale wprzódy należy związać gotową dobrą massę kamienną żelazną obręczą *i i*, dla podtrzymania spojności między kawałkami kamienia, szczególniéj w czasie szybkiego obrotu bieguna. W tym celu ustawia się klocek drewniany *h* do oka *a* z czopem *k* i do tego czopa przytwierdza się liniję *l*, mogącą się obracać około kamienia, aby się przekonać, czy kawałki nakładki, jednostajnie rozłożone zostały. W górnéj części nakładki bieguna, robią się dwa otwory *m m* w które wstawia się dwie rurki żelazne (Krahnlöcher), służące do podnoszenia kamienia za pomocą żurawia, o którym niżéj będzie mowa. Aby zaś i nakładkę dokładnie wzmocnić, daje się jeszcze jedna obręcz żelazna *p p*, a dla nadania równowagi kamieniowi robi się w nim symetryczne otwory od góry, aby stósownie do potrzeby, można je było wypełnić roztopionym ołowiem. U samój góry kamienia daje się jeszcze trzecia obręcz żelazna. Ciężar kamienia francuzkiego uważanego jako cylinder, daje się obliczyć z następującéj formuły: $W = 500\,\pi\,(D^2 - d^2)h$, gdy D oznacza średnicę kamienia, d średnicę oka, h grubość kamienia, a π znaną cyfrę 3,141, następnie jeżeli ciężar gatunkowy kamienia przyjmiemy $= 2$. (Ciężar gatunkowy samego kamienia kwarcowego bywa 2,4 do 2,6). Jeżeli biegun posiada średnicę $D = 1,314^m$, $d = 0,365^m$, zaś $h = 0,292$ to wtedy $W = 731,62$ kilogramów.

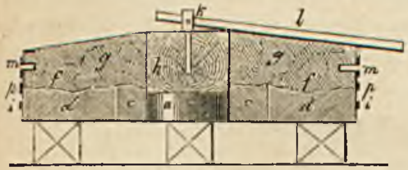


Fig. 399.

428. Nacinanie kamieni. Gdybyśmy powierzchniom mielącym kamieni, zostawili naturalną chropowatość, to mimo troskliwego zbliżenia ich do siebie stósownie do grubości ziarna, miałoby miéjsce nieregularne tylko rozrywanie i gniecenie ziarna, ale nie mogłoby się uskuteczniać mielenie, czyli wydobywanie jądra ze skórki. Przy mieleniu ziarna muszą kamienie spełnić dwa następujące warunki, to jest prawidłowo rozcinać również prawidłowo wyrzucać ziarnka ze środka kamienia ku jego obwodo;wi są to warunki którym tylko zadosyć uczynić można, przez nacięcie czyli nakucie kamieni w kierunku regularnych linij krzywych lub prostych, aby takowe formowały w przecięciu poprzeczném prostokątne rowki czyli brózdy.

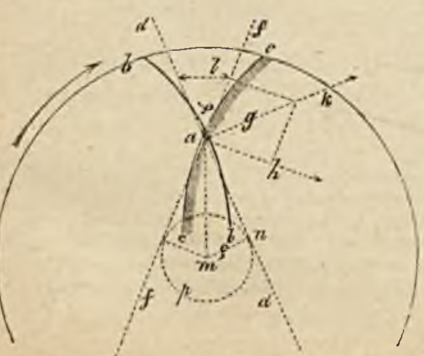


Fig. 400.

Jeżeli na Figurze 400, *b b* stanowi jednę z tych krzywych stanowiących kanty ostrza bieguna, a zaś *c c* takąż samą krzywą leżaka; jeżeli daléj punkt *a* jest wspólném przecięciem się owych krzywych w pewnym momencie ruchu; jeżeli *a d* i af są stycznemi owych krzywizn, to normalną ag uważać można jako kierunek i wielkość ciśnienia wywartego przez biegun na ziarnko a leżące, które to ciśnienie ze względu na nieruchomość krzywizny leżaka, rozkłada się w kierunku normalnéj ah i stycznéj af, tak, że jeżeli kąt daf utworzony przez linije styczne ad i af oznaczymy przez φ, a wielkość siły ciśnienia wyobrażonéj przez liniję wypadkową ag oznaczymy przez K, wtedy otrzymamy:

1) $ah = K$. dos φ siłę rozcinającą ziarno, zaś

2) $ai = K$. wst φ siłę odśrodkową wyrzucającą ziarno ku obwodowi kamienia; tę ostatnią bez względu na tarcie.

Jeżeli teraz promień mn koła mpn objętego stycznemi do krzywych oznaczymy przez ρ, a odległość ma to jest punktu a od środka kamienia przez z, w razie symetryi obu krzywych otrzymamy:

$$\text{wst}\ \frac{1}{2}\varphi = \frac{\rho}{z}\ \text{dla punktu przecięcia}\ a.$$

Równania te pokazują, że zmniéjsza się siła krająca ziarno w miarę zwiększania się kąta φ, ale za to siła rzutu się zwiększa, i odwrotnie.

Jeżeli licznik i mianownik ułamku $\frac{\rho}{z}$ są dowolnie zmienne	wówczas otrzymuje się zmienny kąt przecięcia czyli spotkania, który od środka ku okręgowi zmniéjsza się lub powiększa, przy odpowiedniéj krzywiznie nacięć.
Jeżeli iloraz $\frac{\rho}{z}$ jest stały	wtedy otrzymuje się kąt stały przecięcia i nakucia idą po spiralnéj logarytmicznéj [1]).
Jeżeli licznik ułamku $\frac{\rho}{z}$ jest stały	wtedy otrzymuje się stały kąt przecięcia, ale nacięcia tworzą linije prosto przecinające promienie kamienia młyńskiego, pod kątem równym połowie kąta przecięcia.

Zachodzi tedy obecnie pytanie, który z powyższych stosunków, ze względu na jakość i ilość odpowiada najlepiéj procesowi mielenia, przy spełnieniu trzech następujących warunków: rozcinania ziarna, odrzucania mlewa ku zewnętrznemu obwodowi kamienia, przy użyciu jak najmniéjszéj mechanicznéj pracy. Niestety, najdoświadczeńsi praktycy nie zgadzają się pod tym względem z sobą i dla tego teoryom matematycznym brakuje dotąd téj pewnéj podstawy, bez któréj z rachunku pewnych i nieomylnych rezultatów otrzymać nie można.

Neumann utrzymuje, iż brózdy czyli nacięcia, powinny się przecinać pod kątem 60°, i że jest najodpowiedniéj, kąt przecięcia robić wszędzie jednakowo równy, to jest nacięciom dawać krzywiznę spirali logarytmicznéj.

---

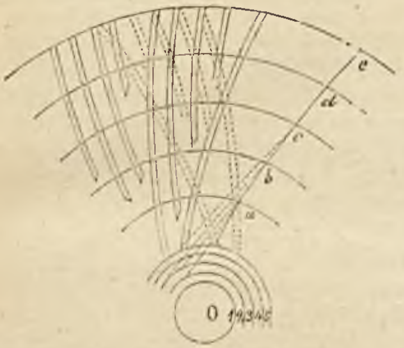
1) Spirala logarytmiczna jest taką liniją krzywą, gdzie dla wszystkich jéj punktów, kąt (jak $\angle fam$ Fig. 400), utworzony przez styczną af z promieniem wodzącym am, jest zawsze téj saméj wielkości. Najnowsza teorya odnosząca się do nacinania kamieni młyńskich, pomieszczona jest w dziele *Wiebego* pod tytułem: „Die Mahlmühlen“, w § 33. *Neumann* w dziele swojém: „Wasser-Mahl-Mühlenbau“, na str. 246, podaje gotowe tablice do kreślenia spirali logarytmicznéj służące, obliczone ze zrównania następującego:

Log. $z = \frac{0{,}00758}{\text{sty.}\ \frac{1}{2}\varphi} \cdot \psi^0$, gdzie z wyraża odległość biegunową ma (Fig. 400), φ kąt przecięcia się krzywych nacięć; ψ liczba stopni kąta w środku kamienia.

Taką samą krzywą zaleca i Meissner (w dziele: Anleitung zum Baue der Mahlmühlen, str. 142) uważając kąt 45^0 jako najwłaściwszy dla przecinających się krzywizn.

Słynny amerykański mechanik Evans, dla kamienia 5-stopowéj średnicy podaje sposób kreślenia krzywéj w sposób następujący:

Ze środka kamienia *O* (Fig. 401) zakreślam dwa współśrodkowe koła 1,5, których promienie 4 *O* = 3 cale, 5 *O* = 5 cali. W przestrzeni od 1 do 5 kreślę jeszcze trzy inne współśrodkowe koła równo oddalone od siebie 2, 3, 4. Te 5 kół, są kołami pomocniczemi. Następnie dzielimy przestrzeń między kołem pomocniczém 5 a obwodem kamienia na 5 równych części i z punktu *O* zataczamy koła promieniami: *Oa*, *Ob*, *Oc* i *Od*. Następnie kładziemy



jeden koniec linii w punkcie *e*, drugi zaś koniec na kole pomocniczém 5 i prowadzimy linię prostą *e d*. Następnie kładziemy jeden koniec linii na punkcie *d* a drugi jéj koniec na obwodzie koła pomocniczego 4, i prowadzimy linię prostą *dc*. Następnie na punkcie *c* i na obwodzie koła 3-go i prowadzimy linię prostą *c b* i t. d. aż do oka kamienia. Tym sposobem utworzy się krzywa *a e*, podług któréj wyrabia się szablon i z takowego inne linije krzywe

Fig. 401.

kreśli, na których wykuwają się w kamieniu rowki czyli brózdy.

Ale tym sposobem robi tylko Evans, tak nazwane główne brózdy, w pewném oddaleniu od siebie, a przestrzeń pomiędzy niemi zawarta, nazywa się kwaterami albo polami, a nakuwanie tego rodzaju nazywa się *kwaterowém* albo też *szczotkowém*. Na 5-stopowym kamieniu, Evans daje takich kwater 18, a w każdéj kwaterze prowadzi uboczne brózdy, równolegle od głównéj. W każdéj kwaterze daje Evans trzy uboczne brózdy, zkąd otrzymuje 18 brózd głównych a 54 ubocznych, cała więc powierzchnia miełąca ma takich brózd razem 72.

Każda brózda posiada odpowiednią szerokość i głębokość, a pomiędzy dwiema każdemi brózdami zostaje jeszcze kawałek pola, mający pierwotną wysokość kamienia, który się *belką* po młynarsku nazywa. Figura 401 służy do objaśnienia tego cośmy tutaj powiedzieli. Na dole widzimy także rysunek przedstawiający przecięcie pionowe dwóch kamieni na sobie leżących, bieguna oraz leżaka, w czasie działania, t. j. w czasie mielenia zboża. Kierunek ruchu bieguna wskazuje narysowana strzałka.

Przekroje *A*, *B*, *C*, *D* nacięć czyli brózd stanowią trapezy, których boki równoległe, są prostopadłymi do powierzchni mielącéj kamieni, a jeden z dwóch drugich boków, cokolwiek jest zakrzywiony.

Przedstawiona na Figurze 401 forma przekroju, jest najwięcéj używaną, lecz są także formy półokrągłe, trójkanciaste i t. p.

Kąty pod jakiemi się przecinają główne brózdy, podaje Evans 75 stopni przy *a*, 45^0 przy *b*, 35^0 przy *c*, 31^0 przy *d*, a 27 przy *e*.

Profesor Wiebe obliczył te kąty Evansa z całą starannością, z tą jednak różnicą, że powierzchnię mielącą kamienia nie podzielił jak Evans na Figurze 401 na 5 równych współśrodkowych części, ale tylko na cztery. Oznaczywszy przeto promień kamienia przez *R*, otrzymał następującą tablicę:

Odległość punktu przecięcia się głównéj krzywéj od środka kamienia $= z$	Promień koła pomocniczego $= \rho$	Wstawa kąta jaki tworzy główna brózda z promieniem $=$ wst $^1/_2\, \varphi$.	Kąt powstały z przecięcia się dwóch głównych brózd $= \varphi$.
$\frac{1}{5} R$	$\frac{1}{8} R$	$\frac{5}{8} =$ wst $38^0\ 40'$	$77^0\ 20'$
$\frac{2}{5} R$	$\frac{1}{8} R$	$\frac{5}{16} =$ wst $18^0\ 20'$	$36^0\ 40'$
$\frac{3}{5} R$	$\frac{1}{6} R$	$\frac{5}{18} =$ wst $16^0\ 10'$	$32^0\ 20'$
$\frac{4}{5} R$	$\frac{5}{24} R$	$\frac{25}{96} =$ wst $15^0\ 10'$	$30^0\ 20'$
R	$\frac{1}{4} R$	$\frac{1}{4} =$ wst $14^0\ 30'$	$29^0\ 0'$.

Co się zaś kątów dotyczy, pod jakiemi brózdy uboczne nacięć przecinają się z sobą, to się pokazuje, że te kąty rosną w miarę zmniéjszania się brózd, t. j. im krótsze są brózdy, tym są większe kąty, a zatém główne brózdy przecinać się muszą pod kątami najmniéjszymi.

Największe zatém kąty wypadają jak następuje:

Dla $z =$	$\frac{1}{5} R$	$\frac{2}{5} R$	$\frac{3}{5} R$	$\frac{4}{5} R$	R
φ	$77^0\ 20'$	$41^0\ 0'$	$43^0\ 20'$	$48^0\ 40'$	$53^0\ 20'$.

Zkąd otrzymujemy kąty dla środkowych przecięć wszystkich brózd jak następuje: $77^0\ 20'$, 41^0, $37^0\ 50'$, $38^0\ 16'$ i $40^0\ 30'$. Zkąd wypada, że kąt przecięcia téj części kamienia, gdzie się właściwie odbywa mielenie, można przyjąć jako równy 39 stopniom i 24 minutom.

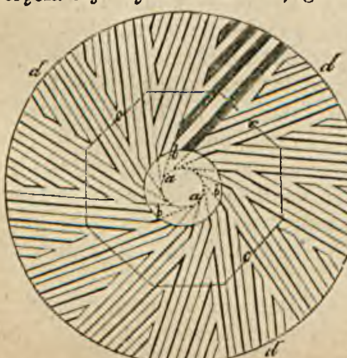


Fig. 402.

Niektórzy młynarze, przekładają ostrzenie kamieni francuzkich w kierunku linij prostych, a nie krzywych, utrzymując, iż takie nacinanie jest trwalsze i łatwiéj utrzymać go w dobrym stanie, aniżeli nacinanie krzywe.

Przy nacinaniu prostém, tak zwaném amerykańskiém, jak to Fig. 402 przedstawia, promień ρ jest stałym, zatém kąty przecięcia od osi bieguna ku jego obwodowi maleją.

Kamień dzieli się na 12 do 15 pól czyli kwater. Im gęściejsza czyli zbitsza jest massa kamienia, tym więcéj daje się kwater, tym zatém węższe wypadają między niemi pola czyli ławki. W każdéj kwaterze robi się znowu 4 do 5 brózd na $^3/_8$ cala miary ang. głębokich. Wielkość kamienia mało wpływa na szerokość belek. Kamień mający 4 stopy (ang.) średnicy, ma belki $1\,^1/_2$ cala szerokie, kamień zaś mający 5 stóp średnicy, będzie miał belki na $1\,^3/_4$ cala szerokie.

Wielkość odśrodkowości rowków na każdą stopę średnicy kamienia daje się $^1/_2$ cala, zatém odśrodkowość kamienia $4\,^1/_2$-stopowego wynosić będzie $\frac{4\,^1/_2}{2} = 2\,^1/_4$ cala.

Jeżeli kamień obraca się wolno, to należy odśrodkowość powiększyć. I tak przy 100 obrotach kamienia w minucie, o 5-stopowéj średnicy, $2\,^1/_2$ cala odśrodkowości zupełnie wystarcza, a przy 80 obrotach w minucie, odśrodkowość musi wynosić $3\,^3/_4$ cali. Wentylacya kamieni, wywiéra skutek zupełnie przeciwny.

Figura 402 przedstawia kamień francuzki *d d* do mielenia pszenicy o 5-stopowéj średnicy zupełnie podług powyższych przepisów nacięty. Kamień ten robi 80 do 85 obrotów w minucie czasu, w młynarstwie amerykańskiém płaskiém. Serce *c c* wykute jest z kamienia piaskowca, oko bieguna *b b* ma 13 cali średnicy; największa zaś szerokość powierzchni mielącéj *c d*, wynosząca 1 stopę i 2 cale, wykonana jest z kamienia francuzkiego La-Ferté-sous-Jouarre. Liczba kwater wynosi 14, odśrodkowość brózd $3\,^7/_8$ cali, każda kwatera opatrzona jest 4-ma bróździami $1\,^1/_4$ cala szerokiemi, a $^3/_8$ głębokiemi; pomiędzy bróżdami znajdują się belki na $1\,^5/_8$ cala szerokie. Fig. 403 przedstawia owe brózdy wraz z belkami w naturalnéj wielkości. *A A* wyobraża kamień górny

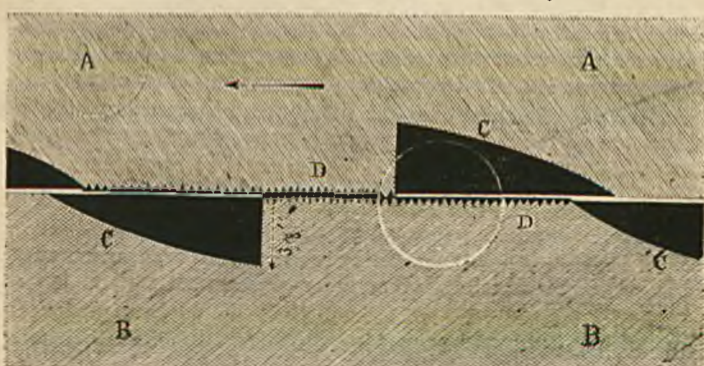


Fig. 403.

czyli biegun, *B B* kamień dolny stały czyli leżak; *C C* są to brózdy czyli nacięcia; *D D* belki pomiędzy bróżdami. Belki opatrzone są również małemi sztucznemi nacięciami, które to nacięcia przy naturalnéj chropowatości i ostrości kamieni francuzkich zaniechane być mogą.

429. Maszyna do nacinania kamieni. Najlepsze nawet kamienie wymagają regularnego, we właściwym czasie odbywającego się nacięcia.

Lecz praca ta jest żmudna, wiele zabierająca czasu i wprawnéj wymagająca ręki. I dla tego to oddawna przemyśliwano już nad wynalezieniem takiéj maszyny, któraby sama tę czynność uskuteczniała. Jedną z takich maszyn do nacinania kamieni, wynalazł niedawno anglik *Walker* i na takową otrzymał przywiléj. Figura 404 przedstawia nam tę maszynę, ustawioną na silnéj płycie fundamentowéj, przymocowanéj do kamienia mającego się nacinać. Na owéj płycie umieszczona jest mała maszynka poruszana parą albo zgęszczo-

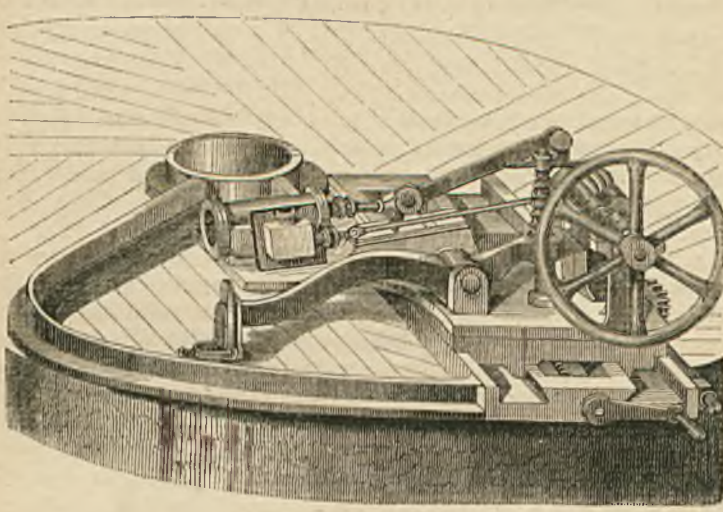


Fig. 404.

ném powietrzem. Maszynka ta złączona z przyrządem do nacinania może się przesuwać za pomocą śruby. Do regulowania szerokości nacięć czyli brózd, cała płyta fundamentowa może odbywać ruchy prostopadłe do ruchu głównego; głębokość zaś nacięć reguluje się za pomocą śruby, którą można wyżéj albo niżéj nastawić. Rysunek przedstawia dokładnie całe to urządzenie.

430. Maszyny do podnoszenia i przenoszenia kamieni. Dla podniesienia bieguna, lub téż dla położenia go na leżaku, używa się teraz, w każdym porządnie urządzonym młynie, maszyny do podnoszenia, nazywanéj *żurawiem* albo *kranem* (Steinkrahn), który łączy się czasami z wózkiem, aby kamienie można było odwozić na większą odległość do miéjsca przeznaczonego na nacinanie kamieni.

Taki żuraw do podnoszenia kamieni, ale nie przenośny, przedstawia nam Fig. 405 w dwóch różnych widokach. Kran ten czyli żuraw jest tak ustawiony, że może z czterech złożeń podnosić kamienie.

Jak zwyczajne żurawie, tak samo przedstawiony na Figurze 405 składa się ze słupa drewnianego *a*, ramienia *d* podpartego sztrabą *c*. Na zewnętrznym końcu ramienia *d* znajduje się buks mosiężny opatrzony mutrą *k* w któréj się żelazna śruba *f* znajduje. Śruba ta w punkcie *g* dźwiga żelazną podkowę *g h h*, opatrzoną po końcach czopami, które wchodzą do otworów *m m* kamienia na Figurze 399 wyobrażonych, kiedy chcemy takowy unieść do góry.

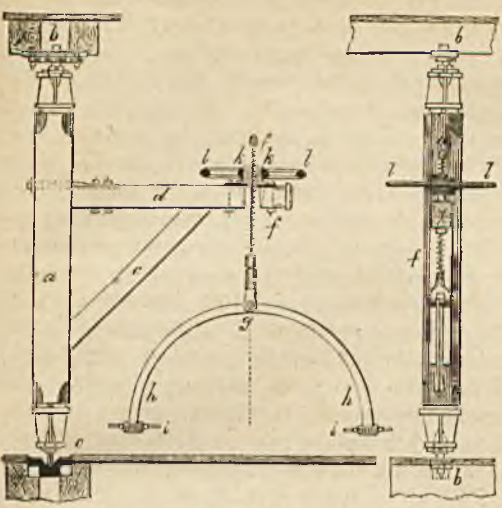


Fig. 405.

Kiedy już czopy *i i* znajdują się w otworach *m m*, wtedy obracając kółkiem *l l* mutra *k k* podnosi kamień do góry, który się w powietrzu obraca, aby powierzchnia jego mieląca znajdowała się z wierzchu, następnie kamień odsuwa się na bok i ustawia się go na drewnianych legarach, lub na rusztowaniu umyślnie do tego celu służącém.

Maszyna przenośna do podnoszenia i przewożenia kamieni, funkcyonująca w młynie w Berg pod Stuttgardem, przedstawiona jest na Figura 406. Oś *h* dwukolnego wózka jest odpowiednio wygięta i o tyle w środku wzmocniona, że przez nią przechodzić może śruba *f*, której mutra znajduje się w dwuramiennym drążku *g g*. Na końcu śruby *f* w punkcie *e* znajdują się widełki *d*, któremi objąć można paprzycę *c* i kamień *b b* podnieść do góry, jak rysunek pokazuje; poczém wózek wraz z kamieniem odprowadza na dogodne miéjsce, odwraca się powierzchnię mielącą do góry i kamień nakuwa. Gdy kamień jest już nakuty, odwraca się go znowu powierzchnią mielącą na dół i na swoje miejsce odwozi jak Figura 406 pokazuje. Jedna taka maszyna jest na 10 złożeń zupełnie wystarczającą.

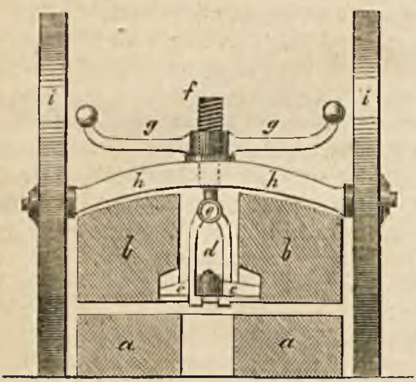


Fig. 406.

431. Opór przy mieleniu zboża. Potrzebna siła poruszająca. Prędkość obrotu kamieni. Ilość wyprodukowanéj mąki przez młyny. Wszystkie dotychczasowe obliczenia teoretyczne, mające na celu ocenienie oporu powstającego w czasie mielenia ziarna na kamieniach nie dały zadawalniających wypadków, przedsiębrane bowiem były bez należytych danych, a osobliwie, że nie towarzyszyły im żadne dynamometryczne pomiary. Wyrażenie matematyczne, któreby wskazywało wielkość potrzebnéj siły na pokonanie oporów, musiałoby być funkcyą średnicy, chyżości obwodowéj, materyału z jakiego się składa kamień, odległości bieguna od leżaka, nacięcia kamieni; nakoniec wyrażenie to musiałoby mieć wzgląd na gatunek i przymioty zboża, jak również i na rodzaj żądanego mlewa. Dopóki te wszystkie dane nie zostaną należycie uwzględnione, dotąd wszelkie analityczne wywody, nie powinny znaleźć miejsca w książce, któréj celem jest praktyczny użytek.

Najrzetelniejsze wypadki skutku i siły poruszającéj dawniejszych młynów, podaje nam Egen według własnych doświadczeń. I tak podług Egena młyny westfalskie mielą w godzinie i na siłę konia parowego 0,5 szefla (0,2748 hektolitra) pszenicy, lub 0,8 szefla żyta na mąkę chlebową, lub 1,2 szefla jęczmienia na śrutę, gdzie jednak wyraźnie jest powiedziano, że tarcie części maszynowych było bardzo wielkie, gdyż pochłaniało $^1/_3$ część całkowitéj poruszającéj siły[1]). Nie powinno więc zadziwiać, że młyny parowe Maudslaya w przecięciu wymielały 0,75 szefli pruskich na godzinę i na konia parowego na piękną mąkę, gdyż i Egen w swoim czasie znalazł, że młyn parowy Freunda w Magdeburgu, wymielał 0,70 szefla w godzinie czasu i na siłę jednego konia parowego. Podług Fareya każdy koń parowy w młynach parowych angielskich, powinien w godzinie czasu zemleć na mąkę 0,61 szefla pszenicy; jest to wypadek, który i w młynie Fairbairna w Taganrogu na miejsce; gdyż ów młyn wymiela w godzinie 180 buszli czyli 119 pruskich szefli albo 65,4 hektolitrów francuzkich, przy sile 200 koni parowych nadających ruch młynowi, co czyni 0,59 pruskich szefli czyli 0,3245 hektolitra na siłę jednego konia w godzinie czasu. Armengaud podaje (w „Publication industr." t. 6, str. 324), że w okolicach Paryża, gdzie są liczne żądania delikatnych i białych gatunków mąki, otrzymują w godzinie czasu i na siłę konia parowego nie wiele więcéj nad 20 do 22 kilogramów mlewa, czyli pół szefla pruskiego, gdy tymczasem w Lyonie i Dijon, gdzie żądania są skromniéjsze, wymiela się na młynach 21 do 26 kilogramów czyli blizko $^2/_3$ szefla pruskiego w godzinie i na siłę jednego konia parowego (75 kilogrammetrowego).

W młynie turbinowym Darbleya w St. Maur, 40-gankowym, o sile 160 koni, z którego mąka uchodzi we Francyi za najwyborniejszą, przemiela się kamieniami na 1,3 metra średnicy, na każdém złożeniu we 24 godzin czasu 20 hektolitrów pszenicy, licząc średnio po 75 kilogramów wagi na każdy hektolitr. Ponieważ jednak na każde 6 złożeń, jedno z powodu nakuwania kamieni lub z powodu innych reparacyj stoi nieczynne, przeto licząc tylko 5 złożeń w ustawicznym ruchu $\frac{6}{40} \cdot 160 = 24$ koni, skutek przeto na godzinę i na konia parowego wyniesie:

$$\frac{5 \cdot 20 \cdot 75}{24 \cdot 24} = 13$$ kilogramów mlewa czyli około 0,31 pruskiego szefla.

Inżynier Neumann (w dziele: „der Mahlmühlenbetrieb," Weimar, 1864) powiada, że skutek nowych dobrych młynów niemieckich z kamieniami francuzkiemi, należy obliczać jak następuje:

1) W młynach amerykańskich płasko mielących bez wentylacyi na ganek rachuje się 7 koni parowych jako siła poruszająca; zemleć można na jedném złożeniu w godzinie czasu 25 do 30 funtów pszenicy na piękną mąkę lub (licząc szefel na 83 funtów wagi) 0,30 do 0,36 szefla pszenicy.

2) Przy témże samém mieleniu płaskiem, ale przy użyciu wentylacyi, rachuje się na ganek 8 $^1/_2$ koni parowych, ale zato w godzinie czasu i na konia

[1]) $2^1/_4$ szefli = 128 litrów = 1 korcowi polsk. 12 szefli = 1 wisplowi.

parowego, można zemleć 35 do 40 funtów lub 0,43 do 0,48 szefli pszenicy na piękną mąkę.

3) W mieleniu kaszkowém, liczy się na ganek tylko 5 koni parowych, ale zato mąki otrzymuje się tylko 18 do 19 funtów czyli 0,22 do 0,23 szefla pszenicy w godzinie czasu i na siłę konia parowego.

Siła potrzebna do pokonania tarcia i innych biernych oporów, oraz do poruszania maszyn pomocniczych, już jest uwzględniona.

Co się tyczy chyżości obwodowéj bieguna, Evans w swoim czasie doradzał, aby mu nie dawać więcéj nad 27 stóp angielskich = 8,229 metrów w sekundzie czasu.

Darbley, kamieniom 1,3 metra średnicy, daje 120 obrotów w minucie czasu, co daje chyżość obwodową w sekundzie 8,168 metrów.

Kamienie francuzkie $4\frac{1}{2}$-stopowe we wzorowym młynie Bydgoskim, również robią 120 obrotów w minucie, co wynosi 28,26 stóp pruskich w sekundzie na chyżość obwodową.

W młynie 36-gankowym Fairbairna w Taganrogu robią 4-stopowe kamienie 140 obrotów w minucie czasu, zatém chyżość obwodowa bieguna wynosi w sekundzie 32,97 stóp ang.

Ale większą jeszcze prędkość dają kamieniom amerykańscy młynarże, przy średnicy $4\frac{1}{2}$-stopowej (ang.) dają im obrotów 146, 160 a nawet i 180 w minucie czasu, co stanowi chyżość obwodową 34,38 stóp, 39,56 stóp, i 42,39 stóp w sekundzie czasu. Amerykanie mieląc w taki sposób, śrutują w godzinie czasu na jednym złożeniu 15 buszli pszenicy, nie zwiększając przytém siły pociągowéj.

Rühlmann doradza dawać tylko chyżość obwodową kamieniowi 26 do 30 stóp pruskich na jedną sekundę, jeżeli chcemy piękne gatunki mąki otrzymać.

432. Perlak. Młyn czyli maszyna służąca do robienia perłowéj kaszy albo krup, nazywa się *perlakiem* (Graupenholländer). Kasza taka albo krupy są to ziarnka jęczmienia albo pszenicy oswobodzone z łuski czyli skórki, kończyn, zamienione w kulki za pomocą wyłuskania, obtarcia, wygładzenia i wypolerowania.

Fig. 407 przedstawia maszynę angielską do robienia krup, z osią pionową i kamieniem obracającym się poziomo. Jęczmień przychodzący na perlak, powinien już być poprzednio ożubrowany i oswobodzony ze skórki, ale przypuszczając, że jeszcze posiada wiele nieczystości, wsypuje się go pewna ilość do kosza *A*, ustawionego na samym wierzchu przyrządu.

Ruchomém korytkiem zawieszoném pod koszem *A*, udają się ziarnka na koryto *b* którego dno górne opatrzone jest grubém sitem drucianém, przez otwory którego, grubsze ziarnka jęczmienia, pewnéj wielkości przechodzą, a zaś wszystkie większe ciałka, jak słoma, bryłki gliny etc. wsypuje do koryta obok leżącego, które ztamtąd wychodzą na zewnątrz maszyny. Drugie dno *e* w korycie *b* jest także drucianém sitem, lecz tak delikatném, że przez jego otworki, dobre ziarnka kaszy nie przechodzą, lecz udają się do kosza *g*, podczas gdy nieużyteczne drobne ziareczka wpadają do kosza *f*. Kosz *g* jest na dole opatrzony zasuwką *h*, która się dopiero wtedy otwiera, kiedy ziarno można już wpuszczać na biegun *B*, o którym wprzódy kilka słów powiemy. Kamień perlaka wyrabia się pospolicie z kamienia piaskowego, który się nigdy nie gładzi i nie poleruje, ale owszem zawsze pozostaje chropowatym i ziarnistym.

Z powodu swéj wielkiéj średnicy ($5\frac{1}{2}$ stóp na 1 stopę grubości) utwierdza się go dwa razy na wale pionowym, za pomocą paprzyc krzyżowych *m*, z których jedna wpuszcza się w kamień u góry, a druga na dole.

Kamień perlakowy otoczony jest współśrodkowym płaszczem *i*, mianowicie w taki sposób, aby pomiędzy kamieniem a płaszczem znajdowało się wolnéj przestrzeni na $\frac{3}{8}$ do $\frac{3}{4}$ cala a najwyżéj na 1 cal. Płaszcz ten składa się z 8

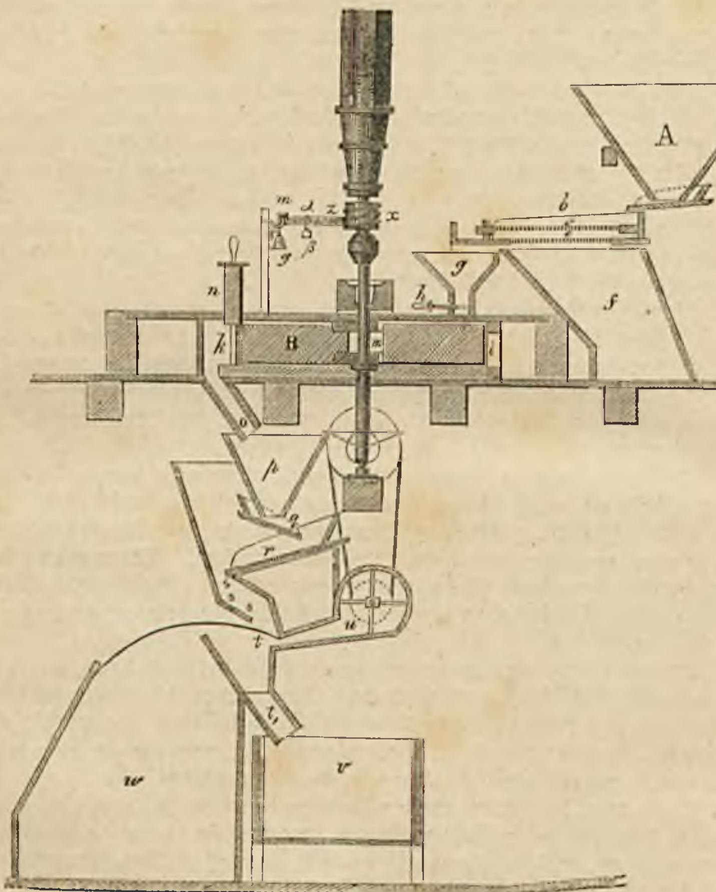


Fig. 407.

ram drewnianych połączonych z sobą śrubami albo téż hakami, w które wstawione są dziurkowane blachy, tak aby bródki owych dziurek zwrócone były do obwodu kamienia *B*. W odpowiedniém miejscu płaszcz *i* opatrzony jest otworem *k*, który za pomocą zasuwki *n* opatrzonéj również dziurkowaną blachą, można wedle potrzeby otwierać albo przymykać. Od góry nakrywa się ten płaszcz drewnianemi klapami; dół zaś zakryty jest klapami, które od wewnątrz obite są żelazną blachą. Tym sposobem kamień dolny czyli leżak jest tu wcale nie potrzebny, i całą też robotę mielenia wykonywa sam biegun *B*.

Figura 408 przedstawia dolną powierzchnię bieguna *B* opatrzoną sześcioma wygiętymi w kształcie łuków kanałami wiatrowemi *l* 1 $^1/_2$ do 2 cali szerokiemi, a $^3/_4$ cala głębokiemi.

Fig. 408.

Cel owych kanałów jest podwójny, mianowicie utworzenie wiatrociągów dla chłodzenia mlewa, a powtóre zapobiegania gromadzeniu się i rozbijaniu ziarnek na nieforemne kawałki, pomiędzy dolną powierzchnią kamienia a dnem płaszcza otaczającego kamień, gdyż temi kanalikami całe ziarnka wyrzucane są na zewnątrz kamienia.

Robota krup odbywa się pomiędzy obwodem bieguna i płaszczem blaszanym stanowiącym tarkę, i otaczającym kamień, gdyż ziarno spadając z kosza *g* pomiędzy kamień i tarkę, dotąd odbywa rozmaite spiralne drogi i dotąd jest obcierane, dopóki nie dostanie się na dno kamienia. Jeżeli kamień *B* niema dostatecznéj naturalnéj chropowatości, to w takim jedynie razie nacina się jego obwód, tak aby nacięcia czyniły kąt z poziomem 12 do 20 stopni.

Jeżeli ziarna jęczmienia mają posiadać zupełną postać kuleczek, to wpuszcza się z kosza *g* do maszyny, tylko pewną ilość ziarna i dopóki takowa zupełnie obrobioną nie zostanie, nie otwiera się dotąd zasuwki kosza. Ilość jęczmienia, jaką za każdym razem wpuszczać do maszyny trzeba, zależy od rodzaju jęczmienia i gatunku krup jakie zamierzamy wyrabiać; daléj od wielkości kamienia i płaszcza blaszanego otaczającego kamień, nakoniec od ostrości ziarnek kamienia. Zasada ogólnie przyjęta jest taka, że jednorazowe zasypanie jęczmienia, nie powinno przenosić $^7/_8$ całkowitéj przestrzeni między kamieniem i płaszczem.

Chyżość obwodowa bieguna wynosi przytém 50 stóp na sekundę, tak, że kamień przedstawiony na naszym rysunku, robić powinien obrotów 173 do 174 w minucie czasu.

Czas przez jaki wprowadzona ilość jęczmienia na kamień winna tam pozostać, ażeby z niego doskonałe krupy otrzymać, da się jedynie oznaczyć dla każdego gatunku jęczmienia i krup przez próbowanie. W przybliżeniu czas ten wynosić może 10 do 20 minut. Samo z siebie się rozumie, że w czasie téj operacyi, obie zasuwki winny być zamknięte, to jest zasuwka *h* wpuszczająca ziarno i zasuwka *n* służąca do wypróżniania kamienia.

Dla oznaczenia potrzebnego czasu pracy, albo raczéj dla oznaczenia liczby obrotów kamienia, umieszczony jest na wrzecionie osobny przyrząd, nazywający się u młynarzy *budzikiem* (Wecker), przedstawiony na Figurze 407.

Na przedłużoném wrzecionie kamienia [1]), umieszczona jest śruba x, zaczepiająca o koło spiralne czyli ślimakowe, którego oś z również śrubą jest opatrzona. Na téj drugiéj śrubie zawieszona jest druciana pętelka α, którą aby utrzymać w kierunku pionowym, opatruje się ciężarkiem β. Za każdym obrotem śruby z, ciężarek β posunie się o wysokość jednego kroku śruby, tak, że nakoniec pętelka α spotka się a raczéj uderzy o ramię m małego dzwonka g. W skutek czego spada ramię m dzwonka na korbkę γ, która w skutek swojego obrotu, wprowadza w ruch ustawiczny dzwonek, który dotąd będzie dzwonić, dopóki ramienia m jako téż pętelki α w pierwotnych nie ustawimy miejscach [2]).

Jak tylko dzwonek g da sygnał o ukończonéj robocie, podnosimy jak można najśpieszniéj zasuwkę n w górę, w skutek czego krupy wysypują się otworem k do rury o, a ztamtąd udają się do przyrządu oczyszczającego, gdzie obtarte z jęczmienia części, mianowicie pył, łuska, kasza i mąka od krup bywają oswobodzone. Następnie cała massa gromadzi się w koszu p, zkąd udaje się do trzewika ruchomego q a ztamtąd na sito również ruchome r, gdzie krupy i inne téj saméj wielkości części, staczają się po równi pochyłéj i wpadają do przestrzeni s s. Krupy i inne téj saméj wielkości części przebiegając przed otworem t wentylatora u, oczyszczane są z wszelkich ciałek lekkich i nakoniec dostają się rurą t_1 do zbiornika v. Wszystkie zaś lekkie cząsteczki udają się na lewo do drewnianéj skrzyni w, mającéj pokrywę blaszaną.

Aby zaś nasypywanie jęczmienia, odbywać się mogło automatycznie, bez pomocy ręki ludzkiéj, używa się mechanizmu bardzo dowcipnego, który sam otwiera zasuwkę h (Fig. 407) wpuszczającą do kamienia jęczmień, jako téż zasuwkę n do wypuszczania krup z kamienia, i który te zasuwki sam we właściwym czasie zamyka. Fig. 409 do 412 przedstawiają taki automatyczny aparat, zastósowany w młynie gdzie dwa razem perlaki, obsługiwane są jednocześnie jednym aparatem.

Na przedłużonym wale A młyna wodnego, osadzona jest mała korba B, która za pomocą trzona C przenosi ruch na koło zębate r. To koło zaczepia o zęby większego koła R, podczas gdy na przedłużonéj osi R osadzone jest kółko palcate β β (Fig. 410) jak u zegarów bijących. W pewnych przestankach czasu, jeden z palców tego koła γ γ naciska na koniec g dwuramiennego drążka f g h, obracającego się około punktu f, i sprawia to że się wznosi przy g, a opada przy h. W skutek czego trzon h m idzie na dół, zaś trzon c n e podnosi się w górę.

Dwa ramiona W a i W b służą do przenoszenia ruchu na zasuwki s i s_1 zbieralnika jęczmienia, już oczyszczonego poprzednio. Trzon c n e, wywiera działanie na drążek kątowy e k t, którego przeznaczeniem jest otwierać albo

[1]) Ruch perlaka przedstawionego na figurze 408, odbywa się z góry, po nad kamieniem.

[2]) Podajemy tu szczegółowy opis działania *budzika.* Wrzeciono kamienia niechaj robi 174 obrotów w minucie czasu, zatém w 20 minutach zrobi 3480 obrotów. Koło ślimakowe x zaczepiające o śrubę x ma 87 zębów, a więc koło a z niém i oś z w 20 minutach, zrobi 40 obrotów. Jeżeli więc ilość zasypanego jęczmienia ma się zamienić na krupy w 20 minutach czyli przy 3480 obrotach kamienia B, daje się więc osi z 40 gwintów, a pętelka α zawiesza się wtedy przy rozpoczęciu roboty na 40-m gwincie osi z od punktu m licząc. Jeżeli zaś robota krup ma się odbyć w 5 minutach czyli przy 870 obrotach kamienia, wtedy pętelka α zawiesza się na 10-m gwincie licząc zawsze od punktu m gdzie jest dzwonek zawieszony i t. d.

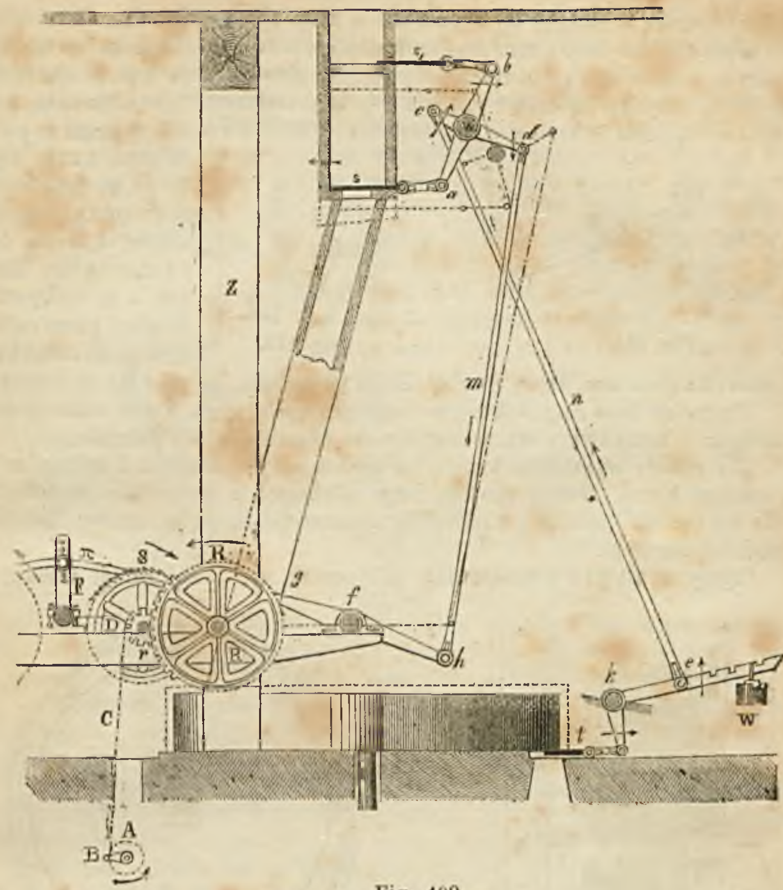


Fig. 409.

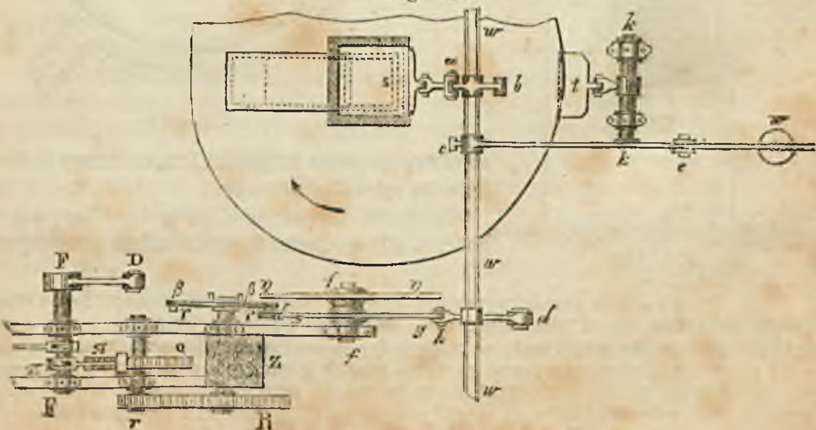


Fig. 410.

zamykać zasuwkę t, służącą do wypuszczania krup z pod kamienia. W skutek ruchu drążka $m\ h$ na dół, a tém samém drążka $e\ n\ c$ do góry, zasuwka s_1 zostaje zamkniętą, a zasuwki s i t otwierają się wtedy, gotowe więc krupy odchodzą z kamienia, a świéży jęczmień wsypuje się do przestrzeni zawartéj między zasuwkami s i s_1. Jak tylko palec γ przestanie działać na koniec g drążka $g\ f\ h$ (Figura 411), ciężar W na drążku $k\ e$ zawieszony, ciągnie drążek $c\ n\ e$ na dół i jednocześnie drążek $a\ m\ h$ popycha do góry, przez co zamykają się zasuwki s_1 i t, a zasuwka s otwiera, którą gotowa porcya jęczmienia, zsypuje się do perlaka.

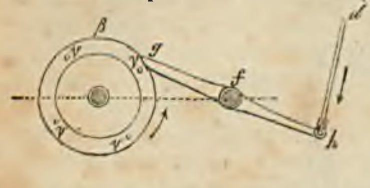


Fig. 411.


Fig. 412.

Wszystkie inne części składowe naszego rysunku, np. kółko hamulcowe ρ z klamką π i haczykiem φ etc. szczegółowego objaśnienia nie potrzebują.

Aby proces wyrabiania krup o ile można uczynić ciągłym i uniknąć nieprzyjemnego kurzu tworzącego się przy perlakach z kamieniem poziomym, budują się obecnie perlaki z kamieniem pionowym na podobieństwo kamieni do ostrzenia narzędzi [1]).

Figury 413 i 414 przedstawiają taki perlak w $^1/_{32}$ naturalnéj wielkości,

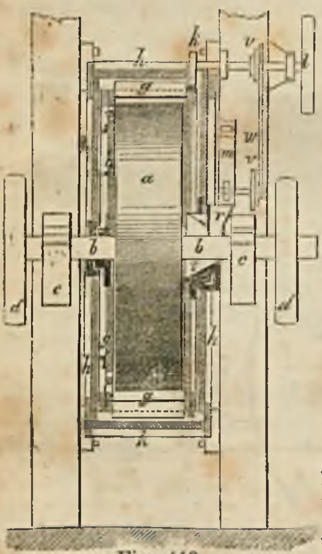


Fig. 413.


Fig. 414.

zbudowany przez inżyniera Dannenberga w Berlinie do młyna w Odessie.

Kamień a ma prawie 4 stopy średnicy, a grubości 1 stopę; opatrzony jest wałem poziomym b

---

[1]) Tego rodzaju perlaki wyrabiała dawniéj fabryka hr. A. Zamoyskiego i Wsp., obecnie wyrabiają je, z tém ulepszeniem, iż gdy walec $b\ b$ obracający się nader szybko ulega częstokroć zagrzaniu, co może pożar spowodować, więc urządza się dla walca $b\ b$ panewkę któréj spód stanowi ruchomy krążek mosiężny a dwa boki są płaszczyznami pionowemi, zatém wał dotyka się tylko trzech punktów panewki. Dolny walec zatopiony jest w oliwie, przez co ciągłe smarowanie ma miejsce i zagrzanie nigdy nie nastąpi.

obracającym się w panewkach c i c, za pomocą dwóch kół pasowych dd osadzonych na wale b po obu stronach perlaka.

Kamień otoczony jest płaszczem g z blachy żelaznéj chropowatéj od strony kamienia, który jednak nie jest stałym jak na poprzedniéj Figurze 407, ale obracającym się w przeciwnym kierunku obrotu kamienia, 44 razy wolniéj od kamienia, gdyż robi tylko 5 obrotów w minucie czasu. Dla utrzymania w ruchu pudła czyli płaszcza g otaczającego kamień, umieszczone jest na jego zewnętrznym obwodzie koło zębate i średnicy 55 cali (Fig. 415), poruszane małém kółkiem zębatem k mającém średnicy $4\frac{1}{4}$ cala. Kółko to wprawiane jest w ruch obrotowy, za pomocą koła pasowego l. Płaszcz g obraca się w oddzielnych panewkach, nie zależnie od kamienia. Cały ten przyrząd, to jest kamień wraz z płaszczem, nakryty jest stałém, drewnianém pudłem h.

Fig. 415.

Jęczmień dobrze oczyszczony i przygotowany zsypuje się z kosza w rurę m (Figura 413), gdzie umieszczone jest kółko wprowadzające zboże wolno albo szybko do leja r. Ruch szybszy albo wolniejszy owego kółka reguluje się za pomocą pasa w i kół stopniowych $v\,v$. Z leja r spada jęczmień po obu stronach wału $b\,b$ do t a ztamtąd do przestrzeni pustéj pomiędzy kamieniem a a płaszczem g.

W skutek odwrotnych ruchów kamienia i płaszcza, jęczmień się obciera i zaokrągla. Stósownie do tego, czy chcemy robić krupy grubsze czy drobniejsze, powinien jęczmień zostawać w maszynie krócéj albo dłużéj.

Na obwodzie płaszcza g są umocowane skórzane szufelki $a\,a$ (Fig. 414), wygarniające gotowy już produkt do rury β; produkt ten udaje się następnie do elewatora, który go podnosi na wyższe piętro budynku, i wysypuje na sita i sortowniki. Stósownie do delikatności krupek, muszą ziarna jęczmienia, jak to już mówiliśmy wyżéj, pozostawać w maszynie krócéj albo dłużéj, i dla tego zasypywanie odbywa się raz jeden lub kilka razy. Najdelikatniejsze krupki, nazywane *perłowemi*, zasypują się 6 do 7 razy na kamień.

Podług p. *Naue* właściciela młyna do wyrabiania krup w Erfurcie z jednego pruskiego wispla (1152 litrów) jęczmienia ważącego 17 centnarów, a po odarciu ze skórki 16 centnarów, można otrzymać ordynarnych krup 11 do 12 centnarów, średnich 7 do 8 centnarów, 5 do 6 centnarów bardzo pięknych, a nakoniec 3 do 4 centnarów perłowych krupek.

433. Jagielnik. Kasza jest to mniéj więcéj grubo śrutowany jęczmień, owies, gryka czyli tatarka, jak również pszenica; jagła zaś (panicum, Hirse) jest to pewien rodzaj zboża, uprawianego w ciepłych okolicach, tam gdzie wino dojrzewa.

Dla usunięcia skórki z jęczmienia etc. i z jagły, używa się do tego zwyczajnych młynów, ale także i stępy, któréj szkicę przedstawia Figura 416. Przyrząd ten składa się ze stępora, wału palcatego i z właściwéj stępy.

Stępory a, wyrabiają się z drzewa dębowego, długość ich wynosi od 10 do 12 stóp, szerokość cali 8, a grubość cali 6. Odbywają ruch pionowy pomiędzy listwami *b b*; opatrzone są wyskokami *c*, za pomocą których palce *d* na wale *m* umieszczone mogą stępory podnosić do góry, na dół zaś spadają takowe w skutek własnego ciężaru.

Fig. 416.

Ziarno mające być wyłuskane, wsypuje się do stępy dębowéj *f*, mającéj w kwadrat 20 do 26 cali i wyżłobionéj w sposób jak rysunek pokazuje[1]).

Jeżeli stępory robić będą drogę 12, 16 lub 20 cali, to podnosić się i spadać będą mogły w jednéj minucie czasu 45 do 60 razy. Paluchy *d* na wale *m* można tak osadzić, że ich będzie 2 i 3 na jednéj płaszczyznie pionowéj, to jest, że każdym obrotem wału, stępory podniosą się i spadną dwa-albo trzy razy, czyli jak się mówić zwykło, że wał będzie dwu albo trzyskokowy. Spód stęporów opatruje się zwyczajnymi butami, albo zazębieniem jak we foluszach, lub téż wreszcie opatruje się końce karbowanemi kulami, jak się to w Saksonii pospolicie praktykuje.

Po oddzieleniu skórki od ziarna w opisanéj stępie, śrutuje się tę massę pomiędzy tępymi kamieniami młyńskiemi, których leżaki robią się czasami z gliny.

Grykę czyli tatarkę, nim się ją zamieni na kaszę, należy nieco wysuszyć. Owies należy wprzód oblać gorącą wodą, a następnie zimną wodą i na lasach wysuszyć.

434. Młyny do mielenia kości. Siła nawozowa fosforanu wapna zawartego w kościach zwierzęcych, wzrasta jak wiadomo w miarę większego rozdrobienia tychże kości. Praktyka rolnicza już dawno oceniła wpływ większego lub mniéjszego stopnia delikatności na skuteczność mąki kościanéj i za lepiéj mielony preparat, chętnie wyższe ofiaruje ceny. Surowe czy téż parowane kości, jeżeli tylko posiadają jednakową miałkość, są jednakowéj wartości; zatém sposób przerobienia takowych na mąkę od tego jedynie zależy, jaki sposób uważamy za najtańszy.

Wielką wytrzymałość jaką posiadają kości surowe, mianowicie zaś utkanie włókniste tychże kości, pochłania bardzo wiele siły przy ich przerabianiu na mąkę. Ale te same kości wystawione wprzód na działanie pary w kotłach z blachy żelaznéj

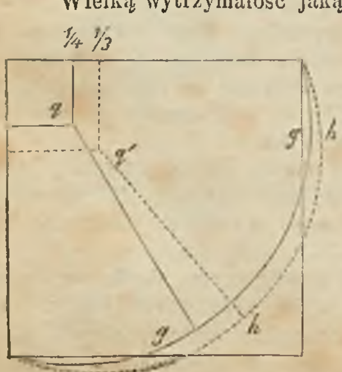


Fig. 417.

1) Dzieli się szerokość i głębokość stępy na 4 sobie równe części, i z punktu *q*, jako z $\frac{1}{4}$ części zatacza się łuk *g g*. Większy łuk *h h* otrzymuje się, dzieląc otwór zamiast na 4 tylko na 3 części, i z $\frac{1}{3}$ części to jest z punktu *q'* zataczając łuk *h h*, jak to fig. 417 objaśnia.

z blachy żelaznéj szczelnie zamykanych, do tego stopnia kruszeją, że potém łatwo dają się tłuc na drobne cząsteczki, a następnie na mąkę zamieniać.

Najskuteczniejszemi maszynami do wyrabiania mąki z surowych kości są i zostaną na zawsze tak zwane *młynki Yorkszyrskie* opatrzone zębatymi walcami, z których jeden taki walec, przedstawiają Figury 418 i 419.

Na grubym poziomym wale *a*, opatrzonym w szyje łożyskowe *b* i *c*, osadzonych jest 9 do 10 tarcz stalowych, z których każda składa się z dwóch odmiennych części, to jest z pierścienia zębatego *d* i z pierścienia gładkiego *e* (III Fig. 419) średnicy $11^1/_4$ i $9^1/_2$ cali, przy szerokości 10 do 11 linij. Wszystkie te obrączki nasunięte na wał opatrzone są z obu stron mocnemi żelaznemi tarczami *g g*, a związane w jedną całość czterema śrubami *f f*, których całkowita długość wynosi cali $21^3/_4$. Zwracamy uwagę, że obrączki na-

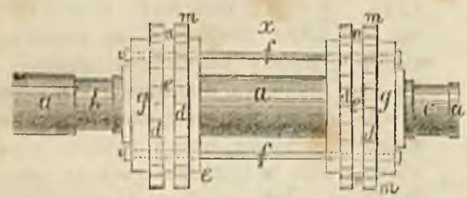


Fig. 418.

Fig. 419.

sunięte na wał, umyślne w środku narysowanemi nie są, aby lepiéj zrozumieć rysunek. Drugi walec takiéj saméj konstrukcyi, ustawia się w taki sposób, aby zęby *d d* jednego walca, trafiały w gładkie zagłębienia *e e* drugiego walca.

Po nad najwyższą pierwszą parą walców, umieszczony jest kosz, w którym znajdują się kości, zaś przy dolnéj parze walców, z zębami delikatniejszego podziału, ustawiony jest z boku rotacyjny cylinder opatrzony sitem, dla oddzielania grubszych od drobniejszych części.

Tego rodzaju doskonałe młynki dostarcza fabryka maszyn Croskilla w Beverly, nieopodal od Hull.

Młyn opatrzony dwiema parami walców $13^1/_2$ cali średnicy, poruszany maszyną parową 8-konną, przerabia w 12 godzinach 20 tonów czyli 400 centnarów kości, częściowo na mąkę, częścią zaś na $1^1/_2$ calowe kawałki.

Dla otrzymania większéj ilości delikatnéj mączki, części grubsze, które nie przeszły przez sito, najlepiéj jest zemleć na zwyczajnym młynie, opatrzonym kamieniami francuzkiemi.

Fabryka machin Andrzeja hr. Zamoyskiego i Współki w Warszawie, urządziła dla p. Ludwika Spiessa cały zakład do mielenia kości w Kamionkach na Pradze, gdzie kości wyparowane udają się na suszarnię, daléj pod stępy, następnie do pytla drucianego, ztamtąd grubsze części elewator wprowadza na kamienie francuzkie. Zakład ten jest jednym z pierwszych w Królestwie Polskiém.

435. Młyny do mielenia wapna i cementu. Maszyny dzisiaj w użyciu będące, dla przyspasabiania zaprawy, składającéj się z wapna, piasku i innych mineralnych substancyj, są to cylindry pionowe stałe, z wałem ruchomym umieszczonym w środku i opatrzonym ramionami poziomemi, służącemi do mieszania massy, tamże zawartéj.

Młyn taki pionowy, z ramionami ruchomemi przedstawiony na Figurach 420, 421 i 422 zastósowany był najpierw przez francuzkiego architektę *Roger* przy budowie portu w Algierze, a następnie użyto takiegoż młyna przy budowie mostu na drodze żelaznéj Hanowersko-Göttingskiéj. Fig. 420 przedstawia przecięcie pionowe, zaś Figury 421 i 422 przecięcia poziome w $^1/_{48}$ naturalnéj wielkości.

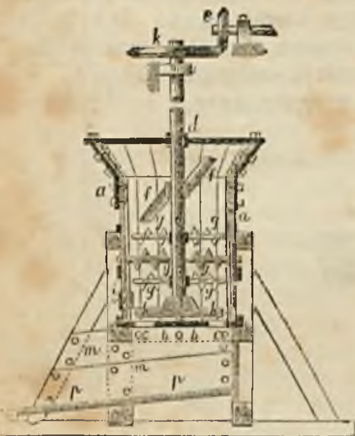


Fig. 420.

Fig. 421.

Fig. 422.

Drewniana beczka *a a*, 3 stopy i 4 cale wysoka, 2 stopy i 4 cale w świetle średnicy mająca, opatrzona jest żelazném laném dnem *b b*, grubém na 1 $^1/_2$ cala, opatrzoném 16-ma otworkami *c c* podłużnie zakrzywionymi (Fig. 422). W owym pionowym cylindrze obraca się wał także pionowy *d* za pomocą przystawki z trybów konicznych złożonéj *k* i *e*. Na wale pionowym *d* osadzone jest mieszadło. składające się z 4-ch ramion *f f* z płaskiego 4-calowego żelaza, oraz 3 ramiona *g g* stanowiące grabie w kształcie gwiazdy ustawione. Środkowe ramię, nie jest przymocowane do wału, lecz do ścian cylindra i dla tego jest nieruchome.

Części składowe zaprawy dostają się z góry do cylindra otworem lejkowym gdzie przerabiane są rzeczonemi ramionami; cała zaś massa przerobiona dostaje się z tarczy żelaznéj *h* na dno żelazne lane *b* i jako ciągła, jednostajna miazga otworami *c c* spada do zbiornika *mp mp* pod spodem cylindra ustawionego. Nad tarczą *b c* znajduje się w ścianie cylindra zasuwka *i*, służąca do wyczyszczenia wewnątrz cylindra. Maszyna ta, nie tylko uskutecznia mięszanie, ale i rozdrabianie części składowych zaprawy.

Wał *d* robi 5 obrotów w minucie czasu, a beczka napełniona będąc do samego wierzchu, zużywa najwyżéj siłę jednego konia parowego.

Mielenie palonego kamienia cementowego odbywa się najkorzystniéj między powierzchniami poziomemi kamieni francuzkich, ale z tą uwagą, że otwór środkowy bieguna musi być wielki, aby przez takowy i grubsze kawałki tłuczonego kamienia wprowadzać było można. W jednym z młynów cementowych w hanowerskiém, kamienie francuzkie mają 4 $^3/_4$ stóp średnicy, biegun posiada otwór na 22 cale średnicy. Powierzchnia bieguna ma brózdy na $^1/_8$ cala głębokie, zaś brózdy kamienia spodniego, mają głębokość na $^1/_4$ cala. Przy 80 obrotach bieguna w minucie czasu, przy użyciu koła wodnego, posiadającego siłę 8 koni parowych, w 24 godzinach otrzymuje się 50 tonnów (po 400 funtów) drobno mielonego i przesianego cementu. Do przesiewania cementu używa się cylindra naciągniętego siatką drucianą, obracającego się około swéj osi.

Cement jest połączeniem chemiczném kwasu krżemnego, wapna, glin i tlenku żelaza. Skład chemiczny cementów jest różny, ta różność jednak byle w pewnych pozostawała granicach, nie wpływa na dobroć cementu.

Najlepsze cementy zagraniczne są następujące:

1) Angielskie: Robinsa i Wyatta. 2) Francuzkie: Buloński Portland, Vassy i Pouilly. 3) Pruskie: Szczeciński, Wildauerski i z Bonn. 4) Austryacki: Perlmoos z Tyrolu.

Dobroć cementu zależy nie tylko od jego składu chemicznego, ale i od chemicznego pomięszania ciał w skład ten wchodzących, a nadto od sposobu wypalania i dokładnego zmielenia. Temperatura czerwona do wypalania cementu jest niedostateczna, potrzeba do tego temperatury białéj około 2000 stopni. Przy téj dopiero temperaturze wszelkie ciała w skład cementu wchodzące przechodzą w stan płynny i łączą się chemicznie z sobą.

Skład cementu portlandzkiego jest następujący:

Wapna	59,42	Tlenku żelaza	3,85
Magnezyi	1,50	Alkaliów	1,44
Kwasu krzemnego	23,32	Gipsu	1,70
Glinu	7,14	Piasku	1,63.
		Razem	100,00.

Cement mieć może różne kolory; najwięcéj upowszechnionym jest kolor sinawo-zielonkowaty. Lecz kolor nie daje oznaki dobroci cementu, bo dobroć zależy od ilości żelaza w nim zawartego i od sposobu, w jaki wypaloną została massa surowa na cement.

Cementy sztuczne mają rozmaitą ciężkość. Stopa sześcienna krajowego Roman-cementu waży funtów $85\frac{1}{2}$; stopa Grodzieckiego Portland funt. 111, a stopa cementu angielskiego z fabryki Robinsa funtów 109.

Mamy w kraju dwa gatunki cementów, jeden naturalny wyrabiany pod miastem Sławkowem w powiecie Olkuskim, na osadzie Kozioł. Cement ten ma kolor cynamonowo-brunatny, na powietrzu i w wodzie twardnieje i ma tę zaletę, że będąc więcéj jak inne gliniasty, jest do tynków lepszy, bo się daje wolno i gładko obciągać. Drugi cement sztuczny, wyrabiany na sposób angielskiego Portland w dobrach Grodziec, powiecie Bendzińskim, ma kolor popielato-szary, podobnie jak cement angielski Robinsa. Pierwsza z tych fabryk założoną została w r. 1853, a druga w r. 1857. Obie należą do radcy stanu Ciechanowskiego [1]).

436. Młyny do mielenia gipsu. Maszyny do tego celu używane, bywają rozmaite, stósownie do tego, czy gips (siarkan wapna) ma być przerabiany w stanie surowym, czy téż w stanie przepalonym; czy mączka ztąd otrzymana ma być do celów rolniczych jako nawóz użyta, czy téż w budownictwie jako zaprawa, na sztukaterye i t. p.

W Ameryce, gdzie od bardzo dawna używają wiele niepalonego gipsu na nawozy, jeszcze w zeszłym wieku, sławny inżynier Oliwier Evans urządził maszynę do rozdrabniania surowego gipsu, składającą się ze śruby poziomej, obracającéj się w kadzi któréj dno opatrzone było rusztami. Maszyna ta w zasa-

---

1) Obacz broszurę L. Ertel b. nacz. inż. Dr. Żel. War. Wied. i W. Bydg. p. t. „O użyciu cementów“. Warsz. 1871 r. Obecnie przy restauracyi Zjazdu w Warszawie (w r. 1878) pod kierunkiem Inż. H. *Sumińskiego* użyto 1000 beczek cementu portlandzkiego Robinsa.

dzie podobną była do maszyny zbudowanéj późniéj przez inżynierów francuzkich pp. Baratte i Bouvett, wyobrażonéj na Figurach 423, 424, 425 i 426.

Kiedy maszyna Evansa, składała się ze zwyczajnéj, płasko-kanciastéj dwukrokowéj śruby, francuzi nadali jéj postać przedstawioną na Figurze 426, umieściwszy na dnie kosza *B* ruszt półokrągły *C*, w rozwinięciu wyobrażony na Figurze 425.

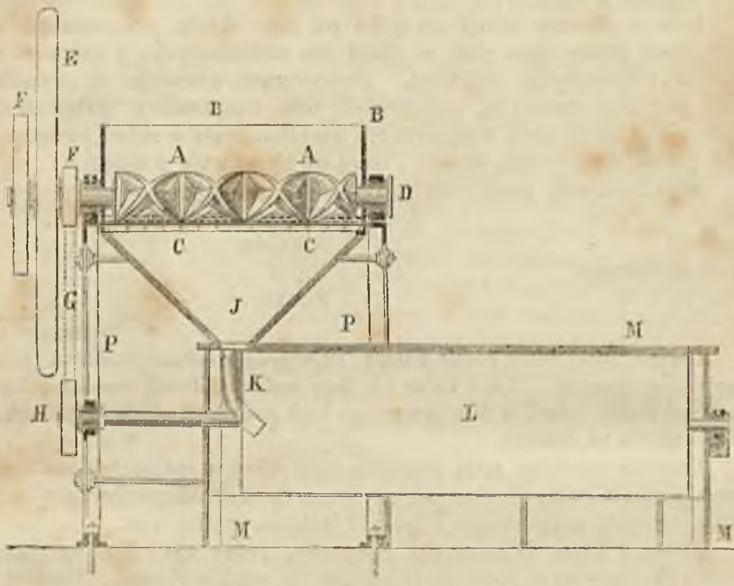


Fig. 423.

Postument *P* téj maszyny, koło zębate *F* nadające ruch owéj maszynie, koło zamachowe *E* i t. d. nie potrzebują szczegółowego objaśnienia, jak również cylinder druciany *L* umieszczony w zamkniętéj skrzyni *M*, z rurą *K* i przystawką pasową *G H* [1]).

Fig. 424.

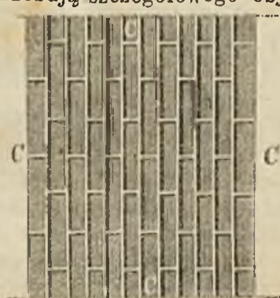


Fig. 425.

Z pomiędzy maszyn, służących do mielenia mączki gipsowéj, okazały się najpraktyczniejszemi młyny z kamieniami francuzkiemi, obok nich uwa-

---

[1]) Podług Armengaud, pp. Baratte i Bouvet używają również téj maszyny z dobrym skutkiem do mielenia kości zwierzęcéj, przy fabrykacyi cukru.

Fig. 426.

Fig. 427.

żane są także za dobre młyny Fauconniera w Paryżu, z kamieniami pionowymi, jak przy fabrykacyi oleju. Lecz jakkolwiek te ostatnie młyny z kamieniami gładkiemi, okazały się bardzo praktycznemi do produkowania mączki gipsowéj na sztukateryę, dla wyrobu jednak mączki na zaprawę i nawóz są zbyt kosztownymi i dla tego inżynier Bechu urządził do tego celu młyny, na zasadzie młynków do mielenia kawy, jak je Figura 427 przedstawia.

Kosz czyli lej młynka jest na Figurze 427 oznaczony głoską *a* i wspiéra się na ramie drewnianéj *f f*, któréj końce, wspierają się znowu na murze. Przyrząd wewnętrzny *b*, stanowiący stożek, umocowany do wału pionowego *o*, i obracający się z nim razem, opatrzony jest żebrami, od dołu cieńszemi, tak samo jak wnętrze płaszcza *a a*. Cała robota z owego młynka spada na płytę *c* cokolwiek stożkową, po któréj toczą się cztery stożki *e*, przymocowane do sztendrów *d d* mających kształt kątów prostych. Mielenie za pomocą owych stożków, odbywa się dobrze i szybko, gdyż tu nie tylko wywiéra skutek ciężar stożków *e e*, ale i ciężar przyrządu górnego *b*. Wraz z obręczą *a' a'*, płaszcza *a a*, odlane cztéry ucha, w których utwierdzone są cztery filarki *g*, których dolne końce zakończone są gwintami. Mutry owych gwintów, znajdują się w piastach czterech kół zębatych *i i*, a na nich założony jest łańcuch bez końca *h*; z pomocą którego można pomienione koła jednakowo nakręcać. Ponieważ w skutek tego nakręcenia zazębione mutry *i i* mogą się podnosić do góry albo na dół zniżać, robią więc takie same ruchy klepisko *c*, stożki *e* jak również i młynek *b*. Aby jednak wielkość ciśnienia stożków obrotowych na klepisko *c* można było regulować, znajduje się pod dolną stojącą panewką wału *o* śruba, mogąca się odkręcać albo téż przykręcać za pomocą kółka *j* poruszanego ręką. Przy pomocy siły jednego żywego konia, zaprzężonego do dyszla osadzonego na wale pionowym *o*, na takiéj maszynie można w godzinie czasu zemleć gipsu na delikatną mączkę, najmniéj 4 metry sześcienne.

437. Młyn do rozdrabniania kruszców i materyałów kamiennych. Do drobnienia i gniecenia kruszców, żużli i twardych kamieni jak bazalt, granit, szara waka, kwarc i t. p. jako téż łatwo rozgniatających się mass, jak blejwas, topiona soda i t. p. używa się stęp, lub téż rowkowanych albo gładkich walców (rzadko bardzo młotów mechanicznych), lub téż umyślnie do tego celu zbudowanych maszyn, przy których nie traci się tyle mechanicznéj pracy przez uderzenie jak przy użyciu stęp, i gdzie nie wydarzają się tak często uszkodzenia i reparacye, jak przy walcowniach.

Do dnia dzisiejszego żadna maszyna nie okazała się lepszą nad *gniotownik* amerykanina Blake, który go po raz pierwszy produkował na wystawie Londyńskiéj w r. 1862, a który późniéj ulepszony został przez inżynierów hutniczych (Georg-Marien-Eisenhüttenwerk) niedaleko Osnabrück.

Figura 428 przedstawia taką maszynę w przekroju pionowym, na którym przedewszystkiem widać, iż ta maszyna jest bardzo dowcipną kombinacyą korby (mimośrodu), drążka złamanego i klina. Wał *A* a zatém i korba *Aa* przenosi ruch za pomocą trzona *B*, na drążek złamany α β γ, a ten wywiera swój skutek na bakę *M* ruchomą w punkcie *D*, która wraz z częścią wprawdzie nieruchomą *N*, ale mogącą się przestawiać za pomocą klina *E*, tworzy pewien rodzaj gardzieli *Z*, w której uskutecznia się rozdrabnianie materyału. Silny żelazny lany postument *C* dźwiga na sobie tę całą maszyneryę, która może się przenosić z miejsca na miejsce, gdyż jest na wozie 4-kołowym. Dla zmiany wysokości skoku drążka złamanego, stósownie do wielkości kawałków materyału mającego się ugniatać, służy klin *d*; zaś dla bezpieczeństwa, aby tenże drążek (α γ) nie odsunął się na lewo w czasie swego ruchu, zapobiega temu bufor gummowy *F*, który zarazem ułatwia powrót tegoż drążka na swoje miejsce.

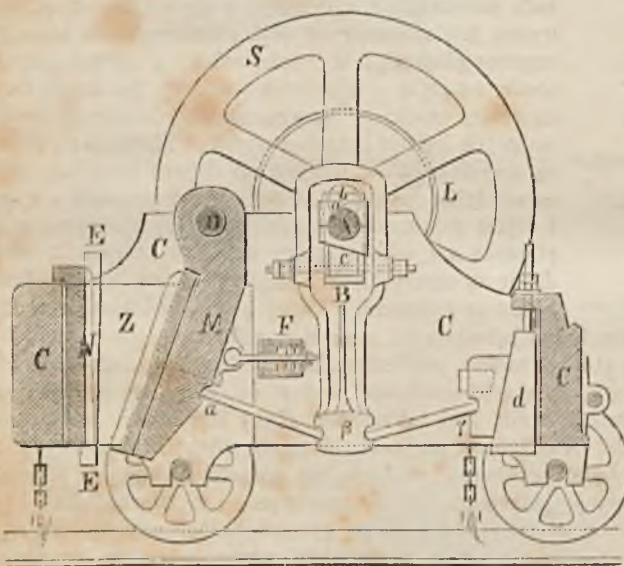


Fig. 428.

Bardzo ważną jest forma ścian owéj gardzieli, które stósownie do materyału mającego być gniecionym, są albo faliste, płaskie lub ostrokanciaste i t. p.

Ruch owéj maszyny, odbywa się jedynie siłą wody lub pary, do czego służy koło pasowe *L*, osadzone na wale *A* koła zamachowego *S*. Liczba obrotów wału *A*, wynosi od 200 do 250 w minucie czasu.

Maszyna Blakego, może w godzinie czasu rozdrobić czyli potłuc 200 centnarów, twardego, ziarnistego granitu na szaber szosowy, przy sile nadającéj jéj ruch, 5 koni parowych dynamometrycznych.

Maszyny do mielenia blejwasu, budują się obecnie albo z walcami, albo też nakształt młynków do kawy i te służą do pierwszéj czynności, czyli do mielenia z grubszego; zaś kamienie poziome jak w młynach zbożowych, ale z białego marmuru, służą do mielenia blejwasu już przygotowanego na mączkę.

Do mielenia zaś topionej sody i węgli kamiennych używa się młynków Bogardusa z tarczami żelaznemi mimośrodkowemi.

438. Młynki do tarcia farb. Do rozcierania farb olejnych i wodnych, używa się z dobrym skutkiem pewnego rodzaju młynka do mielenia kawy, jaki przedstawia Figura 429 w przekroju pionowym.

Do postumentu żelaznego lanego AB przymocowany jest śrubami spód żelazny lany C, zaś biegun żelazny E, związany jest za pomocą mutry z wałem pionowym H tudzież lejem G. Tak część środkowa spodniego kamienia C, jako też wewnętrzna powierzchnia bieguna E opatrzone są żebrami, gniotącemi farbę z grubszego, poczém dopiéro robota dostaje się pomiędzy gładkie części spodu i bieguna, gdzie się ostatecznie na delikatną mąkę rozciera.

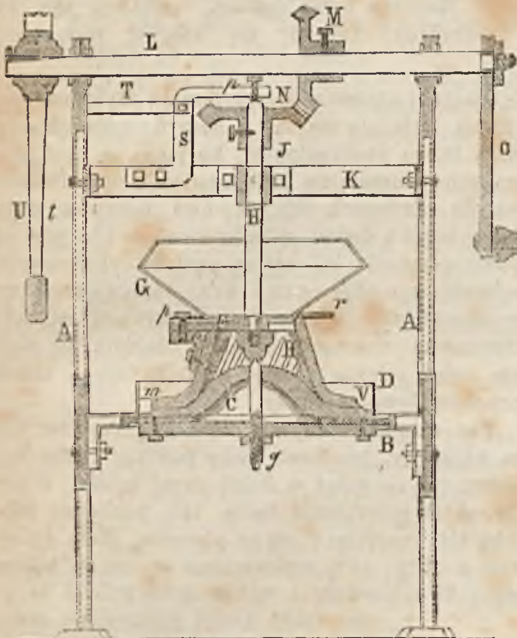


Fig. 429.

Brok stojącego wału H, panewka I na ryglu K osadzona, jako też ruch nadany kamieniom za pomocą korby O, wału L i trybów stożkowych M, N, oraz koło zamachowe U nie potrzebują żadnego objaśnienia. Przyciskanie bieguna E do dolnego kamienia C uskutecznia się za pomocą śrub p i g. Farba wychodząca z pomiędzy kamieni, dostaje się do korytka V, objętego pierścieniem blaszanym D. Na biegunie E, umocowany jest wyskok m, który farbę z korytka odbiera i do naczynia ustawionego na dole wprowadza.

Za pomocą téj maszyny, jeden człowiek na tarczach czyli kamieniach 14-calowéj średnicy, może w ciągu dnia, cent. farby przerobić.

Herrmann w Paryżu i mechanik Werner w Lipsku, budują bardzo praktyczne młynki do tarcia farb, składające się z 3-ch walców jednakowéj średnicy, których także można używać do przyspasabiania farby drukarskiéj.

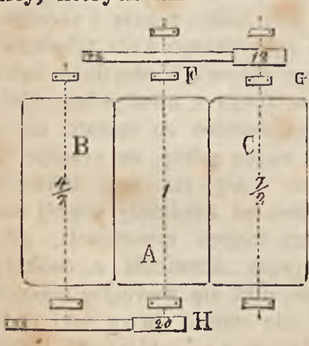


Fig. 430.

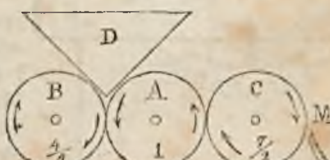


Fig. 431.

Walce te stósownie do rodzaju materyału, z którego wyrabia się farba i do delikatności takowéj, są albo żelazne lane, albo granitowe. Walce tak żelazne lane jako też i granitowe, opatrzone są osiami żelaznemi kutemi. Każdy z tych trzech walców obraca się z inną prędkością; walec środkowy A (Figury 430 i 431) poruszany jest bezpośrednio przystawką pasową E, zaś walec C za pomocą pary kół zębatych $F\,G$, z których jedno ma zębów 42 a drugie 12; a wreszcie walec B za pomocą pary kół zębatych $H\,I$ opatrzonych 20 i 35 zębami, tak, że gdy A zrobi jeden obrot, to C zrobi takichże obrotów $3\,^1/_2$, a B $^4/_7$. M jest to skrobaczka służąca do obcierania walców z farby, która do nich przylgnęła. Że walce opatrzone są odpowiedniemi śrubami do regulowania między niemi odległości, samo z siebie wypływa. Maszyna teraz opisana, podobną jest do maszyny służącéj do mielenia czekolady, któremi się wsławił Hermann, w całéj Europie.

Osobliwszą formę posiadają młynki używane do rozcierania farby *indygo* zwanéj. Składają się one z naczyń, których dna mają formę zaokrąglonych korytek; w tych korytkach poruszają się kule, osadzone na widełkowatych ramionach; lub téż owe naczynia mają formę koryt z dnami cylindrowemi, w których się walce poruszają; lub téż są pustymi cylindrowymi bębnami $a\,a$ (Fig. 432 i 433) obracającymi się w panewkach około swéj geometrycznéj osi, gdy tymczasem wewnątrz bębna b, znajdują się ciężkie walce żelazne lane $w\,w$, odbywające tamże zupełnie dowolne ruchy.

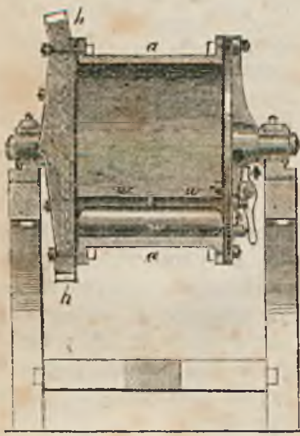


Fig. 432.

Ten ostatni rodzaj młynków, uważany jest dziś za najlepszy, ponieważ walce podczas ruchu bębnów, trą się wciąż o dolną część bębna, i tym sposobem przerabiają farbę tak pomiędzy sobą jako téż znajdującą się na płaszczu. Małe drzwiczki c (Fig. 433) umieszczone w dnie d bębna, służą do wkładania i wyjmowania walców $w\,w$, oraz farby grubo potłuczonéj mającéj się tamże zemleć na delikatną mączkę. Ruch owéj maszyny odbywa się za pomocą wody albo pary. Koło g porusza się za pomocą pasu; na wale tegoż koła pasowego, osadzone jest kółko zębate i zaczepiające o zęby dużego koła zębatego h odlanego razem z lewém dnem bębna i stanowiącego z niem jedną całość. Maszyna dopiéro co opisana ma tę bardzo ważną zaletę, że pracuje cicho i że w niéj materyał zabezpieczony jest od kradzieży więcéj aniżeli przy innych maszynach, gdyż zamknąwszy drzwiczki c osobnym kluczem, nikt się wewnątrz maszyny dostać nie może. Młyn taki (przy 2-stopowéj średnicy bębna w świetle), rozciera 12 do 16 funtów farby indygo w 24 godzinach.

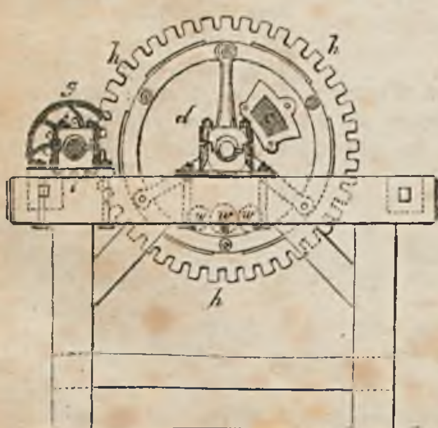


Fig. 433.

439. Młyny do mielenia kory. Maszyna do siekania kory, na kawałki długie $^3/_4$ do 1 cala, przerabia w godzinie czasu 2000 do 2200 funtów, robi 140 krojów w minucie, i potrzebuje siły 4 koni parowych.

Młyn do mielenia kory, jest zwyczajném złożeniem z kamieniami francuzkiemi, 46 cali średnicy, 14 cali wysokim biegunem. Taki młyn przerabia 440 funtów posiekanéj kory w godzinie czasu; robi 100 obrotów w minucie i zużywa siłę 5 koni parowych.

Kora nie powinna być siekana na bardzo krótkie kawałki, długość ich powinna wynosić $1\,^1/_4$ do 2 cali.

Inny znowu system maszyn do siekania kory, opatrzonych trzema nożami, przy 150 obrotach koła zamachowego, a zatém 450 cięciach czyli krojach w minucie, za pomocą siły trzech koni parowych, daje 1500 funtów posiekanéj kory.

Farcot w Paryżu, urządził szczególniejszy młyn do mielenia kory, który takową rozcina na kawałeczki szerokie na $^1/_2$ milimetra. Taki młyn daje w godzinie czasu 200 do 250 funtów gotowéj kory.

Maszyny z biegunami żelaznymi lanymi, mającymi postać dzwona, 0,75 metra średnicy dolnéj, 0,35 metra wysokości, przy 28 do 30 obrotach w minucie, przy zużyciu siły 3 do 4 koni parowych, dają w godzinie 642 funtów gotowéj kory.

440. Folusze. Są trzy rodzaje maszyn, do folowania sukna służących.

1) *Stępy* już powyżéj opisane i przedstawione na Figurze 416, z tą tylko różnicą, że stępory foluszowe ustawione są do poziomu ukośnie.

2) *Młoty*, które wykonywają wprawdzie więcéj roboty, aniżeli stępy, ale zajmują za to dużo miejsca i dla robotników są niebezpieczniejsze, niż stępy. Podnoszenie młota odbywa się za pomocą cykloid (rozwijalnych koła) żelaznych lanych, osadzonych na wale drewnianym. Aby te młoty uczynić cięższymi, przymocowuje się na ich głowach kapy żelazne lane. Fig. 434 przedstawia tego rodzaju maszynę.

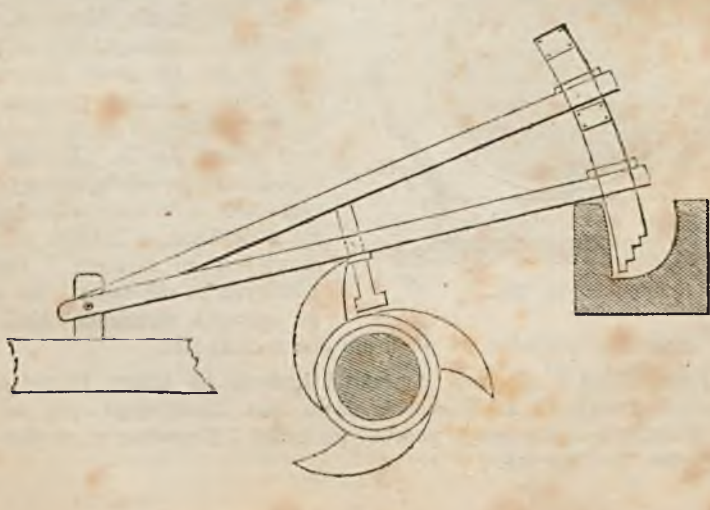


Fig. 434.

3) *Walce*, które są bez porównania lepsze do tego rodzaju roboty aniżeli stępy i młoty, gdyż te ostatnie czasami dziurawią sukno i robota ich nie zawsze jest jednostajną. Fig. 435 przedstawia widok z przodu, zaś Fig. 436 przekrój téj maszyny z walcami. Za pomocą koła pasowego A wprawiają się w ruch dwa tryby żelazne lane B i C. Na wale koła A osadzony jest walec E drewniany, obity blachą miedzianą. Nad owym walcem znajdują się dwa inne mniejsze walce jednakowéj średnicy D, z których każdy poruszany kołem zębatém B. Cały ten mechanizm umieszczony jest w kadzi drewnianéj, któréj dno pokryte jest uryną. Pojedyncze sztuki sukna zszywają się razem, aby stanowiły jedną całość bez końca, która następnie wkłada się pomiędzy walce, gdzie kilkokrotną, stósownie do potrzeby odbywa drogę. Po przewalcowaniu przechodzi sukno do płuczki gdzie się do czysta wypiera.

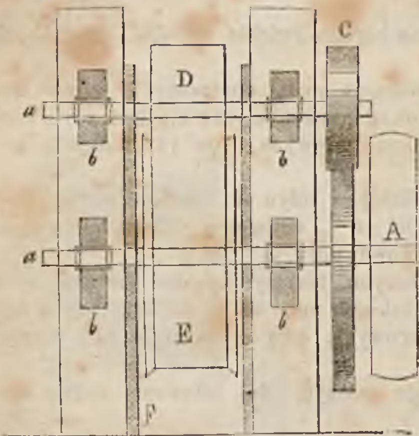


Fig. 435.

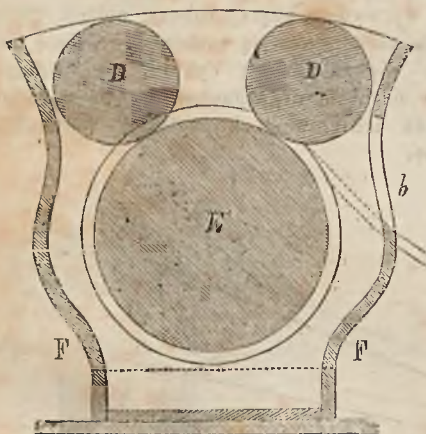


Fig. 436.

Jeżeli folowanie odbywa się za pomocą stęp lub młotów, należy najprzód polać sukno zimną wodą, a następnie polewać go coraz ciepléjszą stósownie do tego, jak gruby materyał chcemy otrzymać. Tym sposobem materyał będzie równy, bez zębów i zmarszczków.

Przy folowaniu sukna, używa się także krochmalu, lecz pośledniego gatunku.

441. Olejarnie. Młyny do wyrabiania oleju, znane już były na Wschodzie na 700 lat przed narodzeniem Chrystusa. Pliniusz przypisuje wynalezienie młynów olejnych Aristausowi synowi Apolla. Bardzo prawdopodobnie, że pierwotnie wyrabiano tylko oléj z owoców oliwnych, nie zaś z siemienia, w którém oléj połączony jest ze szluzem i białkiem, a których to substancyj, bez mocnego ogrzania siemienia, najsilniejsze nawet ciśnienie oddzielić od oleju nie jest w możności.

Prasy olejne z długiemi drągami i śrubami na końcu tychże drągów osadzonemi, przetrwały na Wschodzie aż do dnia dzisiejszego, jak świadczą o tém Niebuhr w opisie swojéj podróży po Arabii i Napoleon w swojém dziele „Description de l'Egypte."

Ekeberg kapitan marynarki szwedzkiéj, w roku 1767, opisał „chińską prasę do wyrabiania oleju i sposób wytłaczania onego,“ zkąd się pokazuje, że Chińczycy wyciskają olej z siemienia za pomocą trzech po sobie idących procesów, które w zasadzie odpowiadają dzisiejszemu sposobowi postępowania. Najprzód gniotą oni i rozcierają siemię, za pomocą młynka żelaznego; po drugie, zmielone siemię ogrzewają nad wrzącą wodą, z któréj wydobywająca się para przechodzi przez siemię zawinięte w maty, przez co, ani się siemię nigdy nie przypali, ani téż oléj nie dostaje nieprzyjemnego smaku. W końcu tak rozparzone siemię wysypują Chińczycy do zbiorników bambusowych a następnie wytłaczają z niego oléj za pomocą pras klinowych, przypominających prasy holenderskie.

Stępy do rozdrabiania nasion oleistych, okrytych twardą skorupą, w Europie zaprowadzone zdaje się zostały, w dziesiątym wieku, zaś prasy klinowe dopiéro w wieku szesnastym.

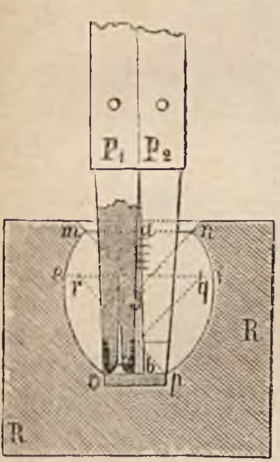


Fig. 437.

Jednę z takich stęp, ustawionych zwykle parami, przedstawia Figura 437, w przekroju pionowym.

Stępy, wyrobione są z kloca dębowego *R* mającego od 24 do 26 cali grubości, w którym wyżłobiona jest jama na 16 do 18 cali głęboka, a od góry 9 do 10 cali szeroka. Aby siemię w czasie roboty, czyli w czasie działania stęporów nie rozbiegało się na zewnątrz, jama czyli stępa posiada formę jaja[1]), dno zaś opatrzone jest płytą żelazną kutą *op* na $^3/_4$ do 1 cala grubą.

Stępory P_1 i P_2 wyrobione z klonu lub grabiny, mają 12 do 14 stóp długości, 6 cali szerokości, a 5 cali grubości. Ciężar stęporów wraz z trzewikami żelaznemi *b*, wynosi 140 do 150 funtów. Jak przekrój stępora P_1 pokazuje, trzewik żelazny przymocowany jest do stępora za pomocą holcśruby z gzynkowaną głową. Przy wysokości skoku stęporów 16 do 20 cali i 50 do 60 skokach w minucie, wał opatrzony bywa dwoma albo trzema paluchami.

Tak nazwane olejarnie holenderskie, jaką przedstawia Figura 438 zaprowadzone zostały w wieku siedmnastym.

W olejarniach tych, siemię przedewszystkiem gniecie się kamieniami stojącymi *K K*, następnie tłucze się w stępach *e* na miałko, w panwiach *x* ogrzewa i nakoniec wyciska się z niego oléj za pomocą pras ramowych *G F z*.

Kamienie granitowe *K K* odbywają ruch podwójny, około swych osi i w około klepiska *A* wzniesionego na 3 stopy po nad podłogą. Klepisko to

---

[1]) Sposób kreślenia takiéj jamy jest następujący: Głębokość *a b* dzieli się na 3 równe części; w $^1/_3$ cz. od góry prowadzi się linija pozioma *e f*. Następnie odległość pomiędzy liniją *e f* a *m a n* dzieli się na 6 równych części i jedną z owych szóściu części odciąwszy pod liniją *e f* w punkcie *g*, będzie $g m = g n$, które to linije będą promieniami dla łuków *e m* i *n f*. Odciąwszy nareszcie tę $^1/_6$ cząstkę z punktu *e* w punkcie *r* i z punktu *f* w punkcie *q*, to $q e = r f$, które to linije będą znowu promieniami dla łuków *e o* i *f p*.

jest murowane, ma 9 stóp średnicy i opatrzone jest od zewnątrz krawędzią na 1 stopę szeroką, a 3 cale grubą, dla zapobieżenia zsypywania się na podłogę siemienia. Kamienie *K K* połączone są z wałem pionowym *B* za pomocą osi *p*, na któréj osadzone są obadwa kamienie, następnie za pomocą ramy *s*, na któréj osadzone są panewki zewnętrzne wału *p*, i do któréj zarazem przytwierdzone są zgarniaczki sięgające aż do samego klepiska. Ponieważ kamienie w swoim obrocie odrzucają siemię na lewo i prawo ze swojéj drogi po któréj biegają, dla tego daje się dwa ramiona postać szufli mające, nazywane zgarniaczami, z których jeden umieszczony jest blizko wału pionowego, a drugi zaś blizko obwodu klepiska [1]).

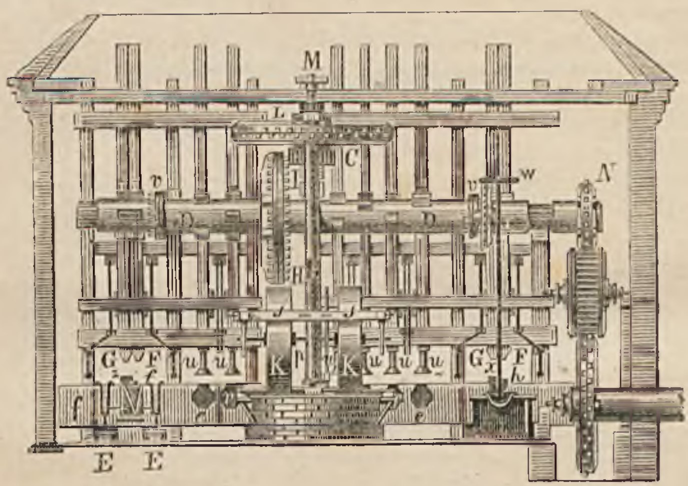


Fig. 438.

W panwi czyli w kotle do prażenia siemienia służącym (za pomocą zwyczajnego ognia), umieszczone jest mieszadło *x x* (Fig. 438) poruszane kołami zębatemi *v* i *w*. Kliny pras stoją i poruszają się pionowo, o które uderzają stępory *F*, zaś stępory *G* uderzają o kliny luźne, tamtym odpowiadające. Dla zatrzymywania w górze stęporów (gdyż stępor luźny *G* musi być wtedy nieczynny, kiedy stępor *F* działa), służą odpowiednio urządzone linki.

Ale najważniéjszy postęp w fabrykacyi oleju, stanowi wynalazek prasy hydraulicznéj przez Józefa Bramah w Londynie, która wyrugowała z użycia

---

[1]) Jeżeli olejarnia wyobrażona na Figurze 438 poruszana jest za pomocą koła wodnego, to na wale palcatym *D* znajduje się koło również palcate *H* zaczepiające o zęby koła *I*, osadzonego na wale stojącym przystawki. Na tym samym wale znajduje się drugie koło zębate *L*, poruszające wielkie koło zębate *C*, z którego wałem połączone są, tak kamienie *K K* jako téż rama *s s* podtrzymująca panewki kamieni i zgarniacze wyżéj wymienione. Jeżeli zaś olejarnia wprawiana jest w ruch za pomocą wiatru, to wał *M* na którym osadzone są tryby *L* i *I* sięga aż pod sam dach wieży, tam opatrzony jeszcze jednem kołem zębatem odbiera ruch od wielkiego koła palcatego osadzonego na wale wiatraka.

prasy klinowe a nawet i prasy śrubowe Samuelsona, choć te ostatnie posiadają nie małe zalety, gdzie fabrykacya oleju odbywa się na małą skalę.

Podług Nichelsona, Bramah zastosował pierwotnie swoją pompę hydrauliczną przy fabrykacyi papieru, prochu strzelniczego, tabaki i t. p. zastępując nią prasę śrubową; następnie używał jéj do podnoszenia ciężarów zamiast żurawi, daléj do poruszania maszyn heblujących deski, do poruszania wiertarń metalowych, do próbowania wytrzymałości łańcuchów, do wyciągania pali z pod wody i t. p.

W Niemczech i Francyi zwrócono dopiéro uwagę na prasę hydrauliczną po drugim pokoju paryzkim. Gilbert (Annalen der Physik, tom 60, r. 1819) powiada, że na początku r. 1818 mechanik Neubauer w Hundisburg pod Magdeburgiem, zbudował prasę hydrauliczną, która poruszana siłą dwóch ludzi, sprawiała ciśnienie 300000 funtów i służyła do wytłaczania soku burakowego, oleju z siemienia lnianego i t. p. Z mechaników francuzkich, piérwszy Mongolfier zastósował prasę hydrauliczną do wytłaczania oleju. Pierwsza taka prasa, produkowaną była na wystawie paryzkiéj 1819 roku. Pierwszą leżącą czyli poziomą prasę hydrauliczną do wytłaczania oleju z siemienia, zbudowano w r. 1821 w Bremen dla niejakiego Henryka Plump, z bardzo dobrym skutkiem.

Figura 439 przedstawia rzeczoną machinę, przyczém się nadmienia, że dwie takie prasy ustawione są jedna za drugą, zasilane jedną wspólną pompą. Cylindry prasowe *B B* spoczywają na żelaznych lanych koziołkach *A A*; *C C*

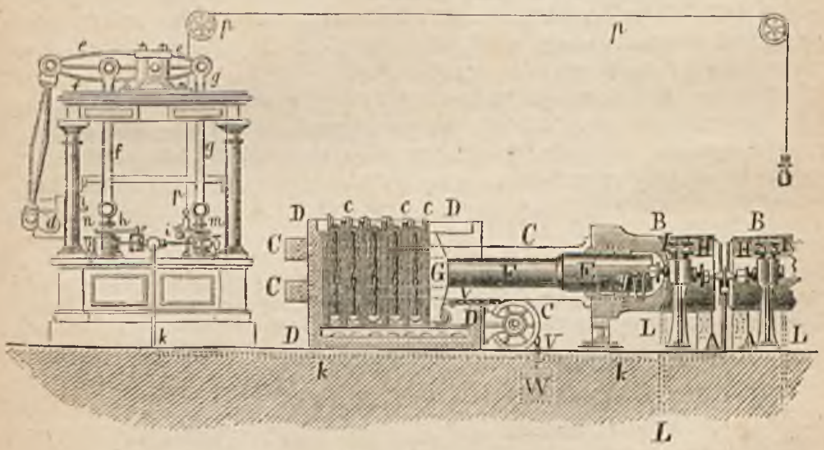


Fig. 439.

są to ankry mocne żelazne kute łączące skrzynkę prasową żelazną laną *D D* z cylindrem prasy *B*. *E* jest to tłok prasy, *F* jego przedłużenie walcowe, a *G* płyta prasy, odbywająca ruchy na krążkach. Dwie pompy zasilające, ustawione obok prasy w silnym postumencie, dostarczają wody cylindrom prasowym *B B* za pomocą rury *K K*. Pompy zasilające poruszane są maszyną parową, oddającą swój ruch korbie *d*, a następnie wahadłu *e e* za pomocą trzona korbowego, na którym osadzone dwa trzony *f* i *g* przenoszą ruch na tłoki pomp *m* i *n*. Tłok *m* jest cztery razy grubszy od tłoka *n*. Z początku, kiedy opór nie jest wielki, puszczają się obie pompy; lecz gdy opór w prasach przybierze wyższe rozmiary, wtedy pracuje się tylko przy pomocy mniejszéj pompki *n*, a tłok większy *m* wysuwa się z roboty, lub téż robotnik stojący przy prasach, za pomocą linki *p* podnosi wentyl bezpieczeństwa *i* do góry, a woda znajdująca się w cylindrze *m* wypchniętą zostanie do skrzynki, w któréj się obie pompki znajdują. Woda znajdująca się w rurze *K K* przechodzi przez otwory *I H* zamykane wentylami stożkowemi za pomocą ręki. Wentyl *H* zamyka komunikacyę pomiędzy rurą zasilającą *K* i dalszym jéj ciągiem *y* prowadzącym wodę do cylindrów prasowych *B B*; drugi zaś wentyl *I* zamyka rury odpływowe *L L*. Jeżeli płyta *G* ma sprawiać ciśnienie na siemię zawarte w skrzyneczkach, to wtedy otwiera się wentyl *H*, a wentyl *I* zamyka. Jeżeli jedna prasa przestaje działać, zamyka się wtedy wentyl *H* a wentyl *I* otwiera; przez co woda spływa z miéjsca *y* rurą *L*, a tłok *E* przy pomocy przeciwciężaru *W* na piérwsze stanowisko powraca.

Usiłowania różnych mechaników i ludzi fachowych, mające na celu zastąpić prasy hydrauliczne do wytłaczania oleju, innemi prasami działającemi również cicho i bez wstrząśnień, nie osiągnęły pożądanego skutku.

Obecnie zajmiemy się opisaniem przyrządów do prażenia siemienia służących. Przyrządy tego rodzaju są niezmiernie ważne przy fabrykacyi oleju, gdyż przeznaczeniem ich jest, utrzymywać siemię ciągle w temperaturze właściwéj i jednostajnéj. Im niższy jest stopień ogrzania, tym mniéj (ale za to lepszego) otrzymuje się oleju, im temperatura jest wyższą, tym oléj przyjmuje więcéj w siebie obcych cząstek składowych siemienia; a gdy temperatura przekracza stopień wrzenia wody, wtedy oléj staje się ciemnym, cuchnącym, a nawet zupełnie do użycia nie zdatnym [1]).

W dawnych olejarniach, ogrzewano siemię w otwartych kociołkach za pomocą zwyczajnego ognia, lub téż nad gorącą wodą; dziś zaś, gdzie maszyny parowe zaprowadzone zostały, jako motory do nadawania ruchu olejarniom, siemię ogrzewane bywa za pomocą pary. Sposób piérwszy jest najmniéj odpowiadający celowi, gdyż niezmiernie jest trudno, umiarkować jednostajną

[1]) Części składowe siemienia zmieniają się stósownie do miejscowości z któréj pochodzą i innych okoliczności. Boussingault i Moride znalczli w trzech gatunkach rzepaku za pomocą analizy chemicznéj, co następuje:

	I	II	III
Wody	11,0	4,35	2,56
Oleju	50,0	30,12	38,50
Substancyj organicz.	35,1	61,36	55,44
Popiołu lub soli mineral.	3,9	4,17	3,50.

Zaś w siemieniu lnianém znaleziono:

Wody	12,3
Oleju	39,0
Substancyj organicz.	42,7
Soli fosforowych i innych	6,0.
	100,0.

Makuchy z siemienia lnianego, podług Soubeirana i Girardina zawierały:

Wody	11,0
Oleju	12,0
Substancyj organicz.	70,0
Substancyj mineral.	7,0
	100,0.

i właściwą temperaturę. Za to dwa drugie sposoby, są więcéj racyonalniéjsze. Wszelako niektórzy praktycy, przekładają tę pierwszą metodę, ponieważ, jak utrzymują, daje im daleko większe wydatki, niż przy pomocy gorącéj wody lub pary.

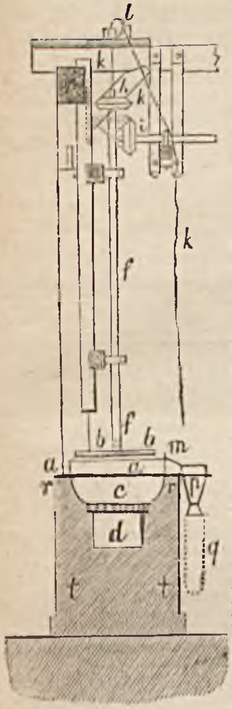


Fig. 440.

Fig. 441.

Urządzenie aparatu ogrzewanego za pomocą ognia, przedstawiają Fig. 440 i 441, pierwsza w przekroju pionowym, druga zaś w rzucie poziomym. Płaska panew *a a*, wraz z płytą *r r* stanowią jedną całość żelazną laną; *c* wyobraża ruszta, zaś *d* popielnik, umieszczony w piecu murowanym *t*. Z jednego boku panwi, znajduje się otwór *m* zamykany zasuwą, służący do wygarniania rozprażonego siemienia do leja *p*, zkąd wsypuje się do worka *q*, wiszącego pod lejem.

Dla jednostajnego rozłożenia siemienia na panwi *a* podczas ogrzewania, służy mieszadło *b b*, osadzone w dolnym końcu wału pionowego *f f*, obracające się za pomocą kół stożkowych *i* oraz *h* dwanaście do 14 razy w minucie. Po ukończonym procesie prażenia, trwającym 6 do 8 minut, wysuwa się mieszadło z roboty, co uskutecznia się przez podniesienie całego wału *f f* do góry, jak to właśnie przedstawia Figura 440. Wał *f f* podnosi się w górę za pomocą linki *k l k*.

Jeden z lepszych przyrządów parowych, zbudowany przez mechaników Cazalis i Cordiera dla olejarni Sallerona w Paryżu, przedstawia Figura 442 w przecięciu pionowym, a Fig. 443 w widoku bocznym. Przyrząd składa się z dwóch współśrodkowych cylindrów *a a* i *c c*, pomiędzy którémi znajduje się para wodna, do ogrzewania siemienia. Dno *d* cylindra wewnętrznego *c*, jest jak widzimy wypukłe; zaś dno cylindra zewnętrznego *a*, stanowi płyta *b b* żelazna lana, spoczywająca z jednéj strony na sztendrach żelaznych lanych *r r*, a z drugiéj strony na podmurowaniu. Rurą *f* wpływa z kotła świeża para do przestrzeni zawartéj pomiędzy cy-

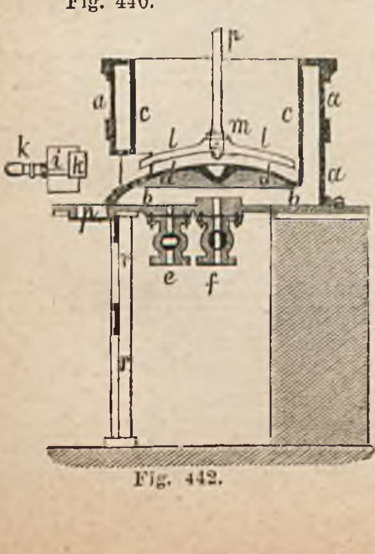


Fig. 442.

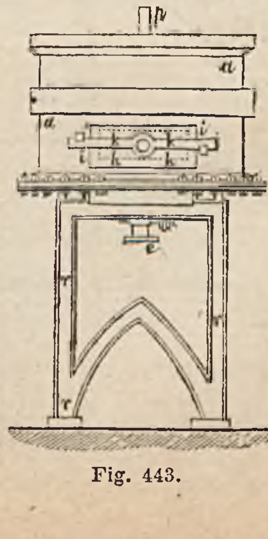


Fig. 443.

lindrami współśrodkowymi, drugą zaś rurą *e* odpływa taż para już skondensowana, czyli zamieniona na wodę. Z boku tego aparatu znajduje się otwór przechodzący przez oba cylindry *a* i *c*, zamykany przyrządem *i h k*. Otworem tym mieszadło *p l m* wygarnia na zewnątrz siemię należycie rozprażone, które następnie zsypuje się do worków zawieszonych pod otworem *p*, na dnie płyty *b b*.

Boussingault podaje tablicę, z której pokazuje się ciężar i zawartość oleju, niektórych siemion oleistych.

Wyszczególnienie siemienia	Waga hektolitra w kilogr.	Znajduje się oleju w 100 czę. siemienia	Wyszczególnienie siemienia	Waga hektolitra w kilogr.	Znajduje się oleju w 100 czę. siemienia
Rzepak zimowy . .	68	30 do 41	Konopie	43	14 do 26
Rzepak letni . . .	65	29	Orzech włoski . .	43	40 do 70
Słonecznik	67	15	Orzech laskowy . .	43	60
Len	67	11 do 22	Bukiew	46	15 do 28
Mak	66	34 do 63	Ricinus	43	62.

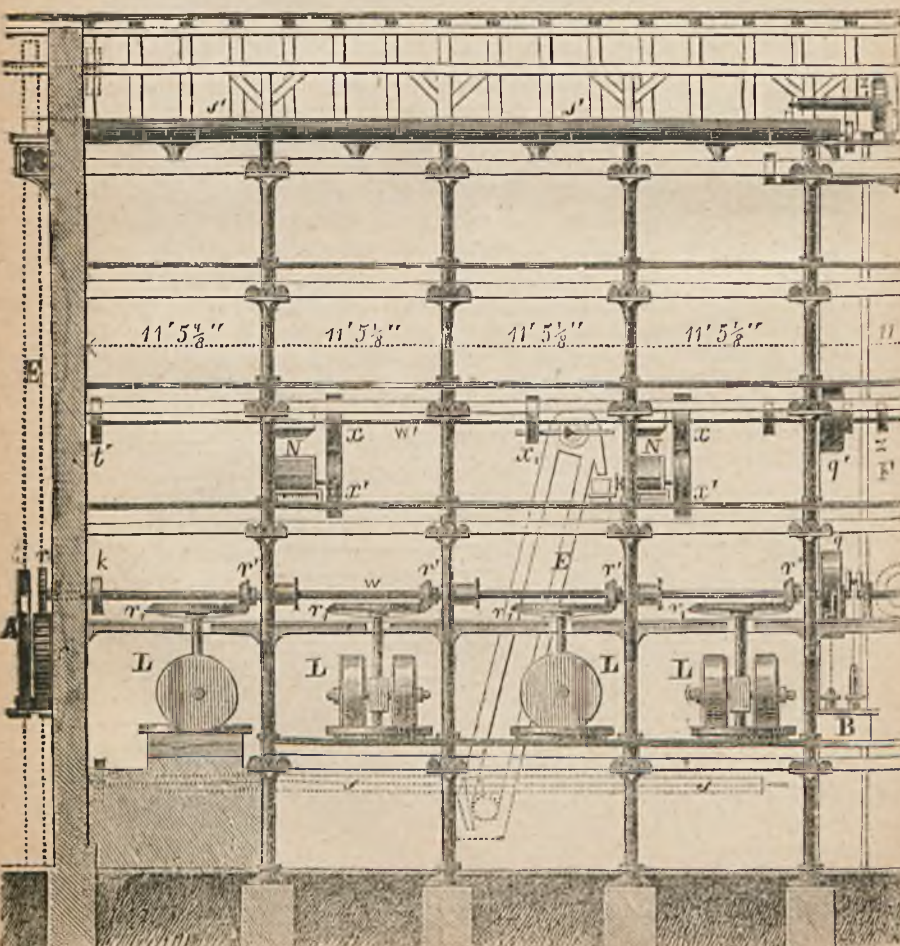
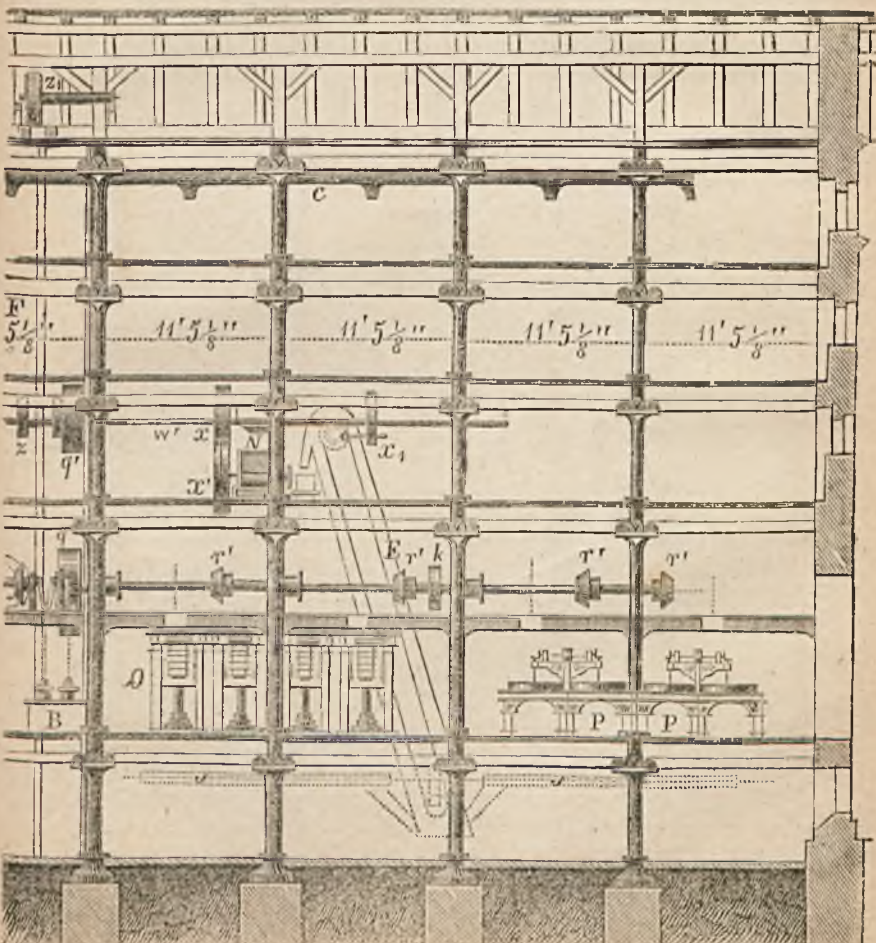


Fig.

Dotąd opisaliśmy wszystkie główniejsze maszyny służące do fabrykacyi oleju. Obecnie opiszemy parę zakładów tego rodzaju, mogących służyć jako wzory przy budowie olejarni.

Figury 444 i 445 przedstawiają olejarnię parową w przekrojach podłużnym i poprzecznym, zbudowaną przez fabrykę machin Egellsa w Berlinie i przez tęż fabrykę ustawioną w Petersburgu. Olejarnia ta posiada 3 pary walców do gniecenia siemienia, 8 par kamieni pionowych, 16 panwi do prażenia i 16 pras hydraulicznych. Na figurze 444, *A* wyobraża koło zamachowe maszyny parowej systemu Woolfa, robiące 19 obrotów w minucie czasu; z koła tego za pomocą kół zębatych *r r*, przenosi się ruch na główny wał transmissyjny *w w*, robiący 38 obrotów w minucie czasu. Z wału poziomego *w w* przenosi się ruch na rozmaite machiny robocze, w sposób następujący: Za pomocą kół pasowych *q q* i *q′ q′* (Figura 444) przenosi się ruch na wał *w′ w′* umieszczony na drugiem piętrze, gdzie między innemi maszynami porusza



444.

i elewator E', ustawiony z lewéj strony na zewnątrz budynku, pokazany na Figurze 445. Elewator ten podnosi surowe siemię do góry i oddaje go śrubom poziomym s' s' znajdującym się na czwartém piętrze. Śruby te wprowadzają siemię na maszyny oczyszczające. Maszyn takich jest dwie i oznaczone są głoską M na Figurze 445; są to sita pryzmatyczne, do poziomu nachylone i obracające się około swéj geometrycznéj osi. Z cylindrów sitowych M,

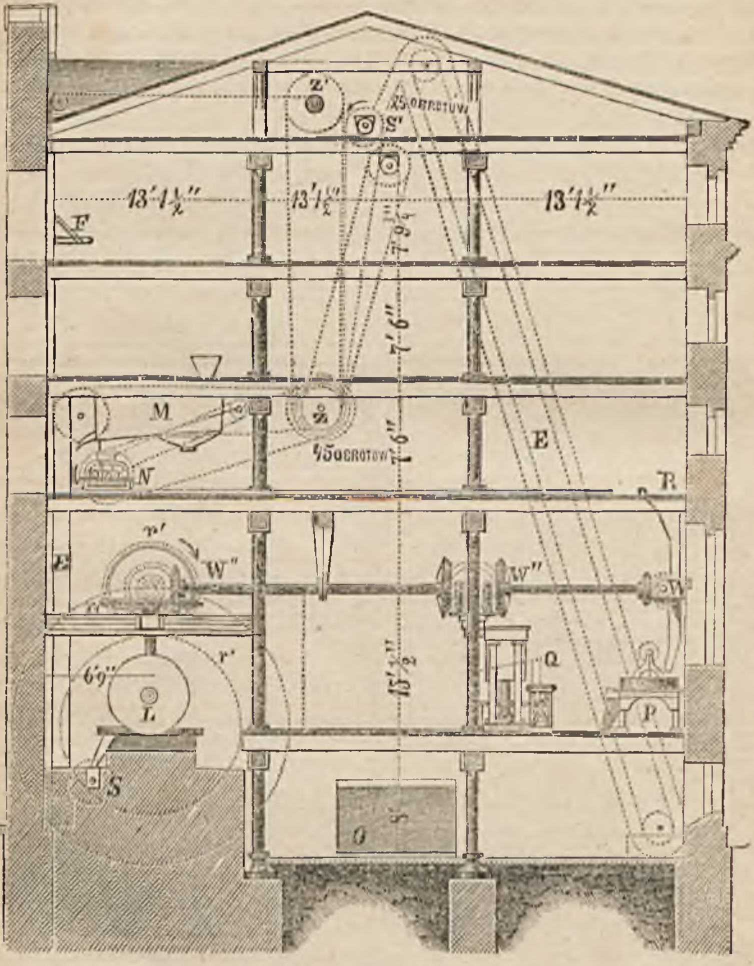


Fig. 445.

udaje się siemię na gniotowniki walcowe N (figury 446 i 447 przedstawiają tę maszynę na większą skalę), odbierające ruch od wału w' w' za pomocą kół pasowych x x'. Ztąd odwozi się siemię wózkami posiadającemi skrzynki, do kosza R (Fig. 445), wprowadzającego siemię do panew w których się ogrzewa. Panwie P P opatrzone są mieszadłami i ogrzewają siemię do temperatury

75° Celsyusza. Tak ogrzane siemię, oddaje się tłoczniom hydraulicznym Q, a wytłoczony oléj spływa rurkami miedzianemi do rezerwoaru O ustawionego na samym parterze, gdzie w części odbywa się zaraz klarowanie. Aby jeszcze z makuchów wycisnąć resztę pozostałego oleju, należy je znów sproszkować za pomocą kamieni pionowych L, zkąd mąka spada do zbiornika, w którym poruszają się śruby s s, oddające takową elewatorowi E. Ten podnosi znowu siemię na drugie piętro, zkąd za pomocą wózków, powtórnie dostaje się do kosza R, a ztamtąd na panwie ogrzewające. Każdy z kamieni pionowych ma 5 stóp średnicy, a 18 cali grubości. Ruch przenosi się z wału w za pomocą kół zębatych stożkowych r' r' na wał stojący, w skutek czego kamienie robią obrotów $\frac{38}{4} = 9^1/_2$ w minucie czasu, około osi pionowéj.

Z panwi ogrzewających, udaje się znowu siemię do drugich pras (Nachpressen) różniących się tylko od pierwszych (Vorpressen) rozmiarami i ciśnieniem, i tém że pierwsze mogą tylko 5 makuchów pomieścić, gdy drugie prasy pomieścić ich mogą dziesięć [1]).

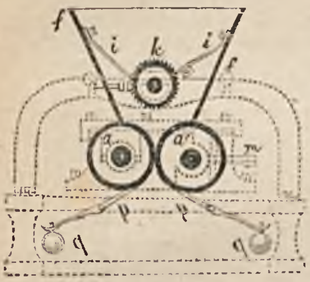


Fig. 446.

Dla utrzymania komunikacyi pomiędzy piętrami, urządzona jest platforma F (Fig. 445), która za pomocą transmissyi pasowéj Z Z' odbiéra ruch od wału w w'.

Figury 446 i 447 przedstawiają walce do gniecenia siemienia w $^1/_{24}$ naturalnéj wielkości, mianowicie w przecięciu pionowém i w rzucie poziomym. Każdy z walców a a' ma $8^3/_4$ cali średnicy i 24 cali długości; walec czynny a odbierający ruch wprost od koła pasowego d, robi w minucie czasu 45 obrotów, bierny zaś a' robi obrotów tylko $45 . \frac{17}{24} = 31{,}83$ w tymże samym

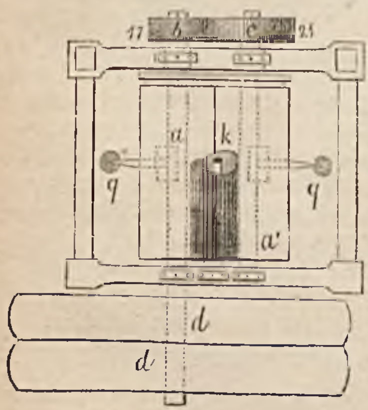


Fig. 447.

czasie, gdyż na przedłużonéj osi walca pierwszego osadzone jest koło o 17 zębach, zaczepiające o zęby innego koła a o 24 zębach. K jest to walec zasilający z powierzchnią opatrzoną karbami, na osi którego osadzone jest koło o 24 zębach, poruszane trybem c. Do odsuwania lub zbliżania ku sobie walców a a' służą śruby m (Fig. 446). Zaś wsypywanie się siemienia z kosza f na walce, reguluje się za pomocą klap i i. Aby siemię nie lgnęło do walców, opatrzone są takowe skrobaczkami p p, na końcach których zawieszono są ciężary q i q.

Nie zawsze jednak zdarza się sposobność budowania tak wielkiego zakładu. Częstokroć jesteśmy w potrzebie budowania ole-

[1]) Tłok prasy pierwszéj (Vorpresse) ma średnicy $11^5/_8$ cala, ściany zaś cylindra grube są $5^1/_2$ cali. Powierzchnia tłoczona wynosi 294,28 cali kwadratowych,

jarni na małą skalę, lecz aby i taka odpowiadała wszelkim warunkom nauki i ostatnim zdobyczom praktyki, przedstawimy tutaj w przekroju poprzecznym (Fig. 448) i w planie (Fig. 449) fabrykę oleju p. Capelle w mieście Hanowerze. Cała fabryka poruszana jest maszyną parową pionową *a* o sile 6 koni parowych. Wał koła zamachowego *c* wspiera się jednym końcem na koźle żelaznym lanym *b*, a drugim końcem na murze. Koło zamachowe robi obrotów 50 w minucie czasu. Przystawka pasowa *e f* odbierająca ruch od wału koła zamachowego, udziela go pompom zasilającym *d d* w ten sposób, że korba robi obrotów 30 w minucie czasu. Skok tłoka wynosi 5 cali, średnica tłoka małéj pompki 1 cal, zaś większéj $1^3/_4$ cala. Największe ciśnienie w małym cylinderku wynosi około 3900 funtów na cal kwadratowy, zaś w cylindrze większym 1000 funtów na cal □ angielski. Przystawka trybowa *g h* przenosi ruch na wał *i* przeprowadzony na całym parterze pod samym sufitem, z którego przeprowadzony jest ruch za pomocą kół zębatych stożkowych *l m* na wał pionowy *M* kamieni pionowych *A A* w taki sposób, że też kamienie obracają się 9 razy w minucie.

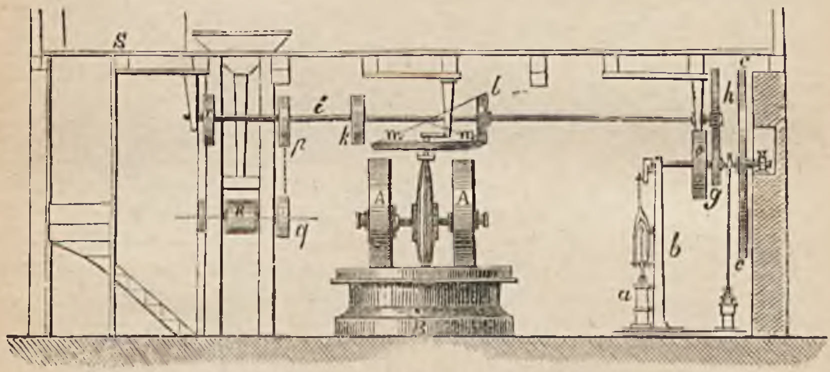


Fig. 448.

Każdy kamień ma 5 stóp średnicy (ang.), a 14 cali grubości, gdy nieruchome klepisko *B* ma średnicy $7^1/_2$ stóp angielskich. Przystawka pasowa *k n* (Fig. 449) przenosi ruch na wał poziomy *E* również na parterze, po nad stołem *D* służącym do zawijania siemienia w płaty, zkąd przenosi się ruch za pomocą kół stożkowych jednakiéj średnicy na wał stojący *N* mieszadła, robiącego obrotów 30 w minucie. Panwie *C* do ogrzewania siemienia służące, mają

---

zatem ciśnienie na 1 cal kwadr. (gdyż prasa pracuje pod ciśnieniem 800000 funtów) będzie $\frac{800000}{294} = 2721$ funtów czyli około $\frac{2721}{15} = 181$ atmosfer.

Prasy służące do drugiéj roboty (Nachpressen), są zupełnie podobne do pras pierwszych, rozmiary ich tylko są między sobą różne. Tłok ma tutaj 10 cali średnicy, zaś ściany cylindra są 6 cali grube. Prasa opatrzona jest 10 blachami, tak że 10 pakietów siemienia na raz wytłaczać może, kiedy prasy do pierwszej roboty wytłaczają tylko po 5 pakietów. Każda z tych blach ma około 150 cali kwadr. powierzchni; zatem ciśnienie na cal kwadrat. wypadnie tutaj daleko większe niż w Vorprasach bo $\frac{800000}{150} = 5333$ funtów czyli $\frac{5333}{15} = 355$ atmosfer.

średnicy w świetle 24 cale, głębokości zaś 13 $^1/_2$ cali, są téj saméj konstrukcyi, jak przedstawiają figury 440 i 441, któreśmy już opisali powyżéj. Przystawka pasowa *p q* służy do przeprowadzenia ruchu na gniotownik walcowy *R* podobny gniotownikowi przedstawionemu na Figurach 446 i 447, z tą tylko różnicą, że tutaj walce mają średnicy 11 $^{15}/_{16}$ cali i 24 cali długości, gdy na osiach walców osadzone tryby i wzajemnie się zaczepiające, mają zębów 33 i 27. Inna znowu przystawka *r t* służy do uruchomienia gniotownika *U* służącego do rozdrabniania czyli do gniecenia makuchów. Miejsce, gdzie umieszczone są prasy oznaczone jest głoskami *F F*, zaś zbiornik *W* do zbierania oleju służący jest zamurowany w podłodze; inne zaś wolne przestrzenie, zajęte są na magazyn zapasowego siemienia oraz na makuchy, chętnie nabywane jako pożywna karma dla bydła.

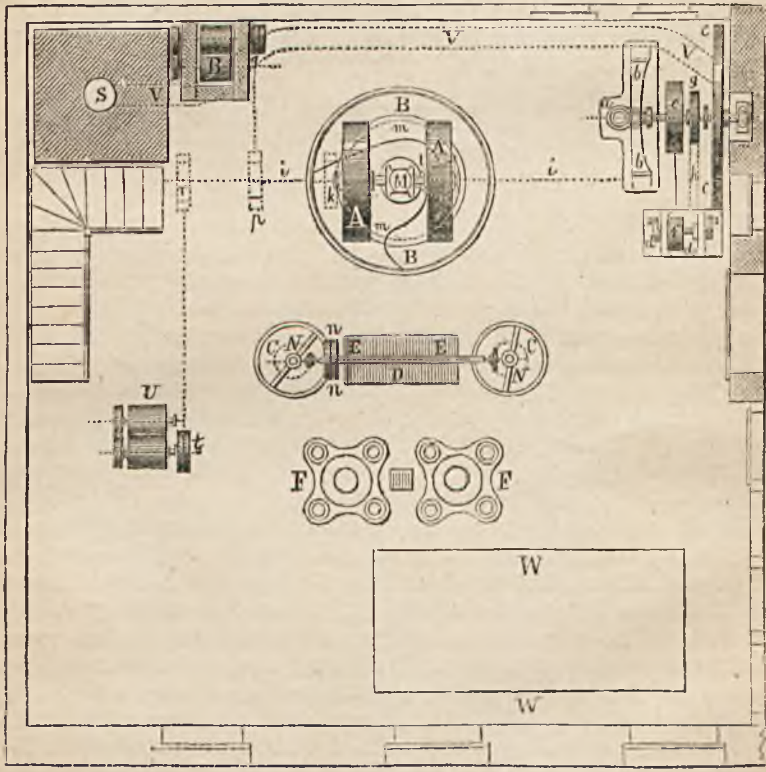


Fig. 449.

Fabryka tutaj opisana, przerabia w ciągu 12 do 14 godzin pracy, 34 pruskich szefli (18,7 hektolitrów) siemienia rzepakowego na oléj; gdzie z 42 celnych funtów siemienia, otrzymuje się 14 do 15 $^1/_2$ funtów, a zatém 33 $^1/_3$ do 37 $^1/_7$ procentów oleju. Z siemienia lnianego wagi 40 funtów, wytłacza się oleju 10 do 11 funtów, czyli 25 do 27 $^1/_2$ procentów oleju.

ROZDZIAŁ XX.

MACHINY SŁUŻĄCE DO OBRÓBKI DRZEWA I METALI.

---

442. Tartaki. Pliniusz idący za podaniem bajeczném, przypisuje wynalazek piły Dadalosowi znakomitemu budowniczemu greckiemu; Apollodor zaś przypisał go Talusowi. Dawnym egipcyanom znane już były piły stalowe, gdyż to pokazuje się wyraźnie z pozostałych szczątków starożytnych rzeźb tebańskich. Podług Pliniusza używano już w starożytności piły do przerzynania marmuru, porfiru i granitu na cienkie płyty, gdzie jest także wzmianka, że do rznięcia marmuru, używano i piasku. Ale wszystkie starożytne piły poruszane były tylko siłą ręki ludzkiéj; tartaki więc poruszano siłami elementarnemi, są wynalazkiem poźniejszych czasów. Zupełnie pewne wiadomości co do tartaków, mamy dopiéro w wieku czternastym.

Niejaki Paweł von Steen powiada, iż w r. 1322 miasto Augsburg posiadało tartak do rznięcia drzewa, poruszany kołem wodném. W r. 1427 miasto Wrocław, posiadało również tartak wodny. Norwegija w r. 1530, a Holsztyn w r. 1545 zaprowadziły u siebie tartaki. W Saksonii pierwszy tartak zbudowany został w r. 1552, w Joachimsthal przez matematyka Geusen. Francya posiadała tartak wodny w r. 1555 sześć mil od Lyonu, a w r. 1575 w Regensburgu nad Dunajem, istniały tartaki, których ramy, opatrzone już były kilkoma piłami, na których kloce, albo belki, przerzynano od razu na kilka desek.

Tartaki poruszane siłą wiatru, budował w roku 1592 holender Cornelis von Uitgeest, których ramy opatrzone były dwoma piłami. W Anglii zaprowadzeniu tartaków oparli się robotnicy, uważając w tém dla siebie upadek zarobku. Z tego powodu wstrzymano ruch tartaku wietrznego, zbudowanego w r. 1633 przez pewnego holendra, w pobliżu Londynu. W roku 1767, gdy pewien bogaty kupiec, poparty przez królewskie towarzystwo (Society of Arts) wybudował tartak wietrzny w Limehouse (na teraźniéjszém przedmieściu Londynu), powtórzyły się te same zaburzenia ludowe. Nierozsądny motłoch zburzył cały tartak, ale nie stawiał już później oporu, gdy po ukaraniu winnych, na nowo tartak kosztem skarbu odbudowano. Podług Andersona (Historya handlu), owa londyńska maszyna, nie była pierwszą w Wielkiéj Brytanii, na kilka bowiem lat przed tém, w Szkocyi, mianowicie niedaleko Edinburga, już tartak wietrzny był w ruchu. Pierwszy angielski patent na tartak poruszany siłą wiatru albo wody, datowany jest dnia 23 sierpnia 1687 r.

Tartaki do rznięcia desek w 18 wieku, różnią się tém głównie od dawnych, że posuwanie wozu wraz z klocem, nie odbywa się w nich za pomocą łańcuchów, ale za pomocą sztangi zębatéj utwierdzonéj bezpośrednio pod wozem, o którą zaczepiało kółko również zębate, odbierające ruch od koła wodnego. Jako typ ówczesnych tartaków, który dziś jeszcze w kraju naszym na wielu miejscach widzieć możemy, przedstawia Figura 450 w przekroju podłużnym, a Figura 451 w przekroju poprzecznym. Ruch tego tartaku odbywa się za pomocą koła wodnego *A*.

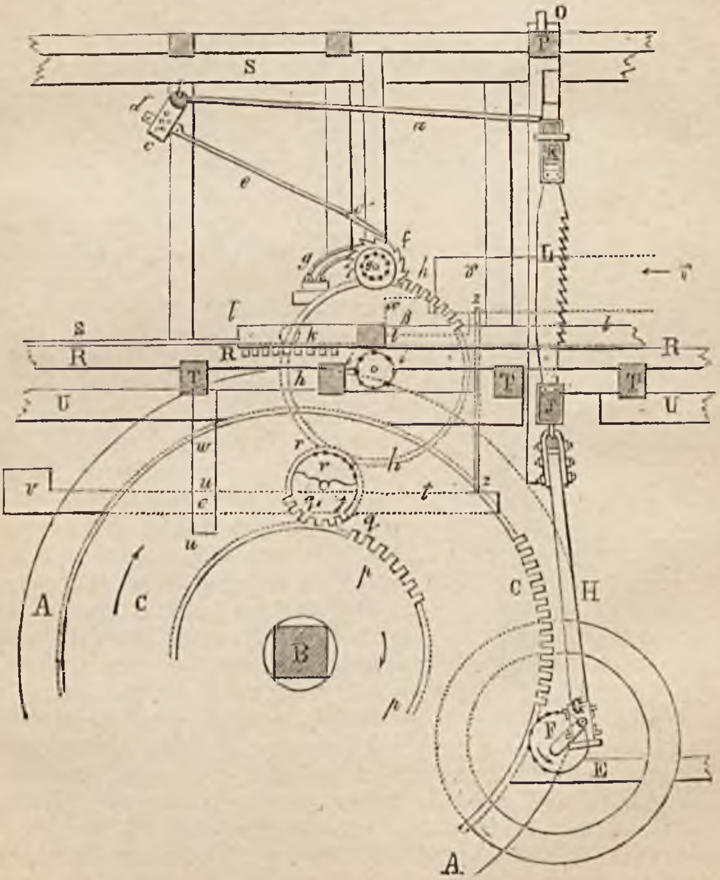


Fig. 450.

Części téj maszyneryi, przenoszące ruch z koła wodnego na piłę, składają się z wielkiego koła zębatego *C*, małego trybu *E*, korby *F*, czopa *G*, trzona *H* prowadzącego ramę *IKM* opatrzoną piłą *L*. Rygiel dolny ramy opatrzony jest głoską *I*, górny głoską *K*, zaś dwa rygle boczne głoskami *M M*. Na wale korbowym, osadzone koło zamachowe i wspólne z nim odbywające ruchy, służy do zniweczenia, niejednostajnych oporów. Za pomocą przyrządu *a*, *b*, *c*, *d*, *e*, *f*, *g*, *h*, posuwa się wóz, na którym umocowany jest kloc albo belka γ mająca być porzniętą na deski lub bale. Na osi koła zębatego *h*, osadzone są dwa małe trybiki *i*, w takiéj odległości od siebie, jaka jest odległość dwóch belek *l l*, stanowiących wóz dla kloca, mianowicie w taki sposób, aby zęby każdego trybika *i*, wpadały w otwory pomiędzy zębami sztang *k*, przytwierdzonych z dołu do rzeczonych belek *l l*. Oprócz tego belki *l l* opatrzone są kółeczkami drewnianémi albo żelaznemi lanemi, biegającemi po szynach *s* z żelaza płaskiego, przytwierdzonych do legarów *R R* dla zmniejszenia tarcia. Zwracanie czyli cofanie się wozu, odbywa się znowu w sposób następujący: Pod kołem zębatém *h* znajduje się osobny wał, którego jeden koniec daje się podnosić albo opuszczać; na wale tym osadzone są dwa tryby *r* i *q*, leżące w różnych ale równoległych płaszczyznach, mianowicie tak, że tryb *r* zaczepiać może o zęby koła *h*, zaś tryb *q* o zęby koła *p*, a to zaś ostatnie koło, osadzone jest na wale koła wodnego *B*. Jedna panewka ruchoma wału *q r*, spoczywa na ruchomym dwuramiennym drążku *t v*, zawieszonym na ramieniu pionowém *u w* i mogącym oscylować około punktu *c*. Przeciwciężar *v* zawieszony w końcu tego drążka, w czasie rznięcia kloca, wysuwa tryb *q* z roboty trybu *p*, jeżeli zaś drążek pionowy *z z* posuniemy na dół, przywracamy tym sposobem przerwany związek pomiędzy trybami *q* i *p*, to jest wtedy, gdy kloc leżący na wozie przerznięty został i chcemy nazad wóz cofnąć.

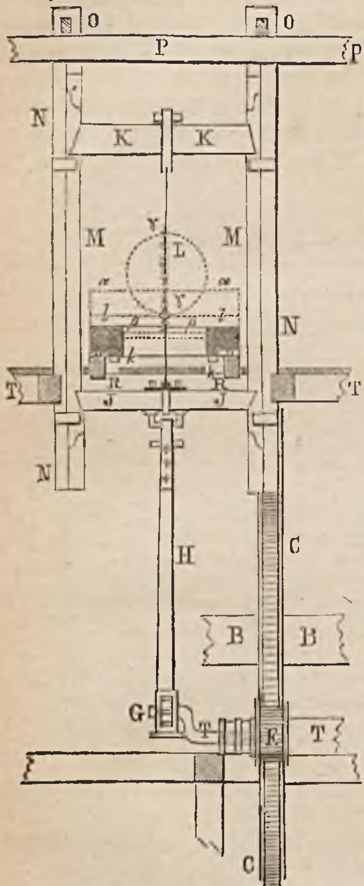


Fig. 451.

Piły używane na tartaku, posiadają długość 5 do 5 $^1/_2$ stóp angielskich, a zazębienie ma długości 3 stopy. Szerokość pił wynosi od 8 do 10 cali, grubość zaś przy zębach 1 $^1/_4$ linii, zaś grubość reszty piły wynosi 1 liniję. Zęby mają 1 $^1/_4$ do 2 cali długości, a 1 $^1/_4$ do 1 $^1/_2$″ wysoka.

Dawniejsi technicy zajmujący się budową tartaków, stanowczo byli przekonani, że piły tartaczne tylko wtedy przerzynają drzewo, kiedy idą na dół, drogę zaś do góry bez żadnego oporu odbywać winny, że kloc posuwać się winien tylko wtedy, gdy piły idą do góry, zaś gdy piły idą na dół, czyli wtedy kiedy przerzynają drzewo, kloc winien stać na swym wózku spokojnie [1]). Z téj wychodząc zasady, osadzali piły w ramie w taki sposób, że linija przeprowadzona przez wierzchołki zębów, z liniją pionową, stanowiła pewien mały kąt ostry.

Że oprócz tego zęby, tak samo jak i w piłach ręcznych należy *szrenkować*, to jest na przemian na prawo i lewo wyginać, aby końce zębów nie leżały na płaszczyznie blatu piły, lecz znajdowały się na dwóch płaszczyznach równoległych, którychby odległość od siebie była większą od grubości blatu piły, rozumie się samo z siebie, aby uniknąć szkodliwego przylegania trociny do piły, i aby dać miejsce trocinie do wysypywania się na zewnątrz zrobionego przez piłę otworu. Przy tartakach dawnego systemu, dawano zwykle korbie 120 do 150 obrotów w minucie czasu, przy skoku 14 do 20 cali, zatém chyżość piły wynosiła $4^2/_3$ do $8\,^1/_3$ stóp w jednéj sekundzie czasu.

W roku 1842 A. Borsig w Berlinie dla pp. Kupfer i Patri właścicieli „Wilhelmsmühle" w Liepe pod Neustadt-Eberswalde w Marchii Brandeburg-skiéj, wybudował tartak, co do wielkości i znaczenia nie mający sobie podówczas równego. Fig. 452 i 453 przedstawiają takowy, a mianowicie figura 1-sza w widoku podłużnym, a figura 2-ga w przekroju poprzecznym. Zakład ten obejmuje 8 osobnych tartaków; w każdéj ramie można do 20 pił osadzić. *A A* przedstawiają sztendry żelazne lane, w których rama chodzi; zaś *M* i *N* wiązania drewniane w budynku, podtrzymujące tartak. Dla nadawania ruchu 8-miu ramom, użytą jest maszyna parowa 40-konna, któréj zazębione na obwodzie koło zamachowe, zaczepia o zęby dwóch kół z prawéj i lewéj strony leżących, z których każde porusza wał opatrzony kołami pasowemi 4-stopowemi, umieszczony w suterenie i—na minutę robiący 80 obrotów. Z tych dwóch wałów każdy prowadzi za pomocą pasów wał leżący pod ramą, na którym osadzone jest koło zamachowe, mimośród *H* do popychania koła zębatego *E* służącego do posuwania wozu i koło pasowe, służące do zwracania wozu.

Ponieważ średnica kół pasowych biernych wynosi 3 stopy, przeto koło zamachowe robi na minutę zwyczajnie 96 do 100 obrotów. Że zaś ramy tartaczne pracują przy 2-stopowym skoku, przeto chyżośćpił wynosi $6^2/_5$ do $6^2/_3$-stóp w sekundzie czasu. Kloce na tym tartaku bywają rznięte od 2 do 3 stóp średnicy [2]).

Ramy (Gatter) *g h f* pierwotnie były żelazne lane, z powodu jednak swéj wielkiéj ciężkości i małéj wytrzymałości, żelaznemi kutemi zastąpione zostały. Że ruch ramy odbywa się za pomocą trzona korbowego *G*, niepotrzeba objaśniać, jak również przeniesienie ruchu na koło zębate *E* za pomocą mimośrodu *H* (z odśrodkowością $^3/_4$ cala) przy udziale drążka złamanego *I K* i klamki *L*. Na téj saméj osi, gdzie jest koło *E* osadzone, znajduje się i kółko zębate *p* zaczepiające o zęby sztangi zębatéj *q q*, przytwierdzonéj do spodu wozu *D*. Wóz ten złożony jest z belek żelaznych lanych razem ze sobą spo-

---

[1]) W praktyce mojéj, jako inżynier fabryki machin hr. Andrzeja Zamoyskiego i Wsp. w Warszawie, budując tartaki i sam je ustawiając po rozmaitych stronach kraju, przekonałem się, iż kloc mimo działania przyrządów posuwających, odbywa ruch naprzód czyli poddaje się pod piły dopiero wtedy, gdy rama z piłami wzniesie się do najwyższego swojego punktu.

[2]) Ponieważ korby mają 12 cali długości, przeto kloc przychodzący na tartak nie powinien być grubszy od 24 cali, inaczéj piłowanie kloca odbywa się nieprawidłowo.

jonych; oprócz tego tenże wóz ślizga się po krążkach żelaznych lanych *K*. Zwracanie wozu odbywa się za pomocą przystawki pasowéj *P Q R*, która za

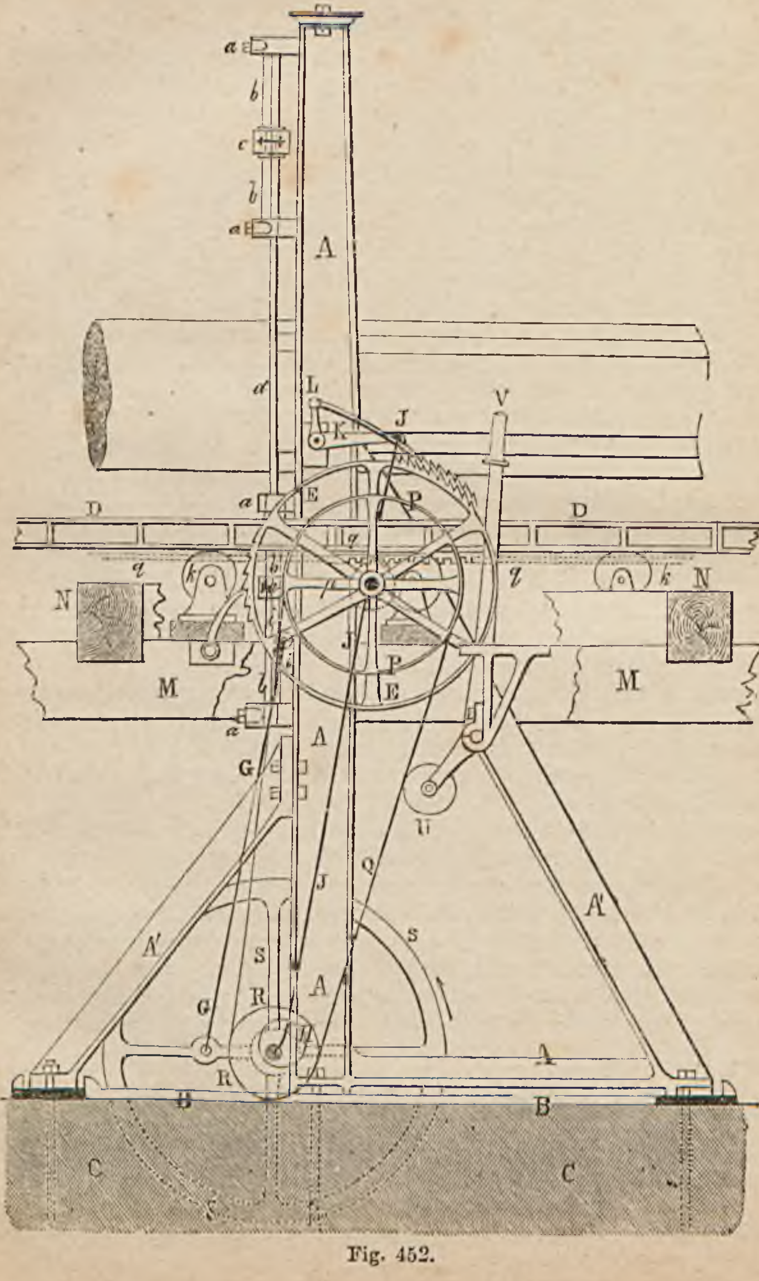


Fig. 452.

pomocą krążka *U*, może być odpowiednio naprężona, przesuwając tylko stósownie do potrzeby drążek *V* do tego celu służący.

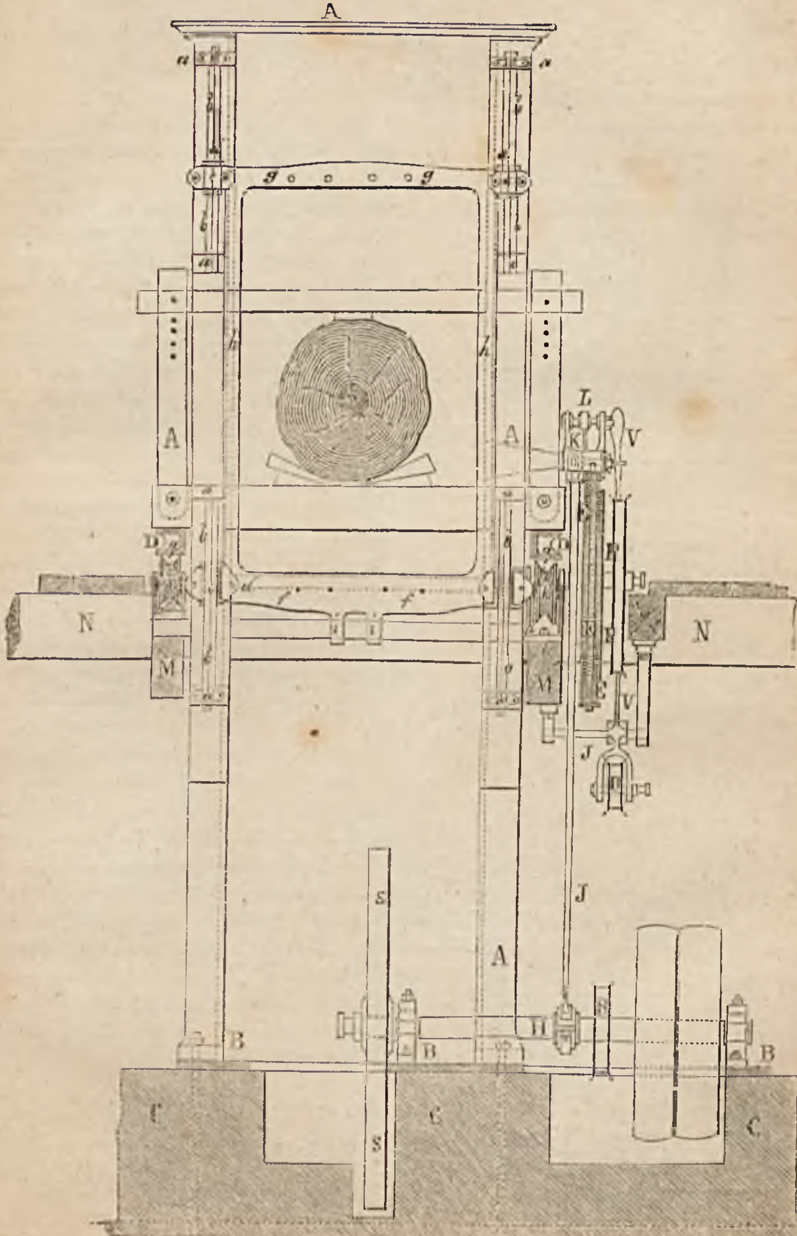


Fig. 453.

Dopiero w niedawnym czasie (około r. 1859) niejacy Worsam i Joung anglicy, zastąpili koło posuwające zębate (Sperrad) i wszystkie przyrządy popychające, przyrządami frikcyjnemi (trącymi), nie ulegającemi prędkiemu zużyciu i nierobiącemi w czasie działania nieprzyjemnego hałasu. Jak utrzymuje prof. Rühlmann, przyrząd ten wynaleziony został przez Saladina w Miluzie, a przez Worsama i Jounga zastósowany został do tartaków.

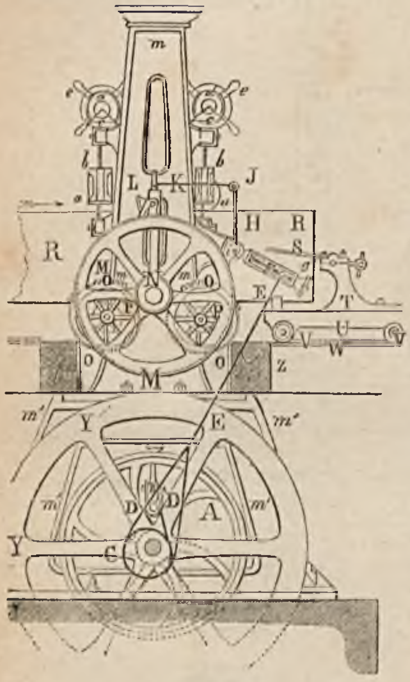


Fig. 454.

Figura 454 przedstawia ów przyrząd frikcyjny zastósowany przy wielkim tartaku. Koło suwające, opatrzone jest na obwodzie nutem mającym kształt kliniasty, w który wpadają dwa języki *i* i *k* również mające formę kliniastą. Język *k* oscyluje tylko około osi poziomej stałej i zastępuje dawniejszą klamkę, t. j. ma za zadanie, wstrzymywać cofanie się koła *M* suwającego. Drugi zaś język *i* jest z jednéj strony połączony z przyrządem drążkowym *L K I H* umocowanym do ramy *m*, z drugiéj strony połączony jest ze sztangą *E D* mimośrodu *C* na wale korbowym osadzonego, a to za pomocą ramy śrubowéj *F g*. Jeżeli za pomocą owego przyrządu język *i* przesunie się z prawéj strony w lewą, to przylegając do ścian nuta kliniastego na obwodzie koła *M*, posuwa toż koło w tymże samym kierunku. Należy tu także zwrócić uwagę na wózki *I U V* z obu końców kloca *R* ustawione, zastępujące dawne wozy opatrzone sztangami zębatemi i kółkami na których się wóz wraz z klocem ślizgał. Kloc *R* przymocowany tu jest do wózka klamrami *S*, wózki zaś posuwają się po stałéj kolei żelaznéj *W*, umocowanéj na grubych legarach *Z*. System ten tartaków obchodzi się więc nie tylko bez sztangi zębatéj, ale i bez przyrządu do zwracania wozu; owszem za porznięciem jednego kloca, zaraz rznąć można drugi, bez najmniéjszéj straty czasu [1]. W pobliżu, gdzie piły pracują, znajdują się walce *P P*, od góry zaś bloki *a a*. a pomiędzy niemi umieszczony jest kloc drzewa *R* przeznaczony do porznięcia. *O O* są to koła zębate osadzone na téj saméj osi co i koło posuwające *M*; Śruby *b b* służą do opuszczania bloków *a a* za pomocą kółek *e e* i kółek stożkowych *c* i *d*.

Przez francuzów bardzo zachwalane przenośne tartaki, buduje mechanik Frey w Paryżu. Wóz na którym kloc leży zbudowany jest z żelaza teowego mającego formę ⊥, w środku tego wozu znajdują się dwa sztendry że-

[1]) Tartak takiego systemu urządziła w r. 1875 fabryka machin pp. Rephan i Scholtze, w Mokobodach pod Siedlcami u p. Konrada Kuczyńskiego.

łazne lane, w których chodzi rama z piłami. Cały przyrząd osadzony jest na czterech kołach drewnianych, a ruch odbiera tartak od maszyny przenośnéj t. j. od lokomobili. Mimo wielkiéj dogodności jaką przedstawiają tartaki przenośne, wszelako z powodu ciągłych wypadków psucia jakim podlegają, przemysłowcom naszym zalecać ich nie możemy.

Jeżeli francuzi dla ulepszenia konstrukcyi tartaków położyli wielkie zasługi, nie mniéj należy się uznanie i mechanikom angielskim, którzy obok rozmaitych ulepszeń, pierwsi wprowadzili w użycie tartaki poruszane bezpośrednio maszyną parową. M'Dowall w r. 1836 wybudował tartak, przedstawiony na Figurach 455 i 456; w $^1/_{60}$ naturalnéj wielkości; który to system był licznie późniéj kopiowany przez fabryki machin Cockerilla w Seraing i Schwartzkopfa w Berlinie.

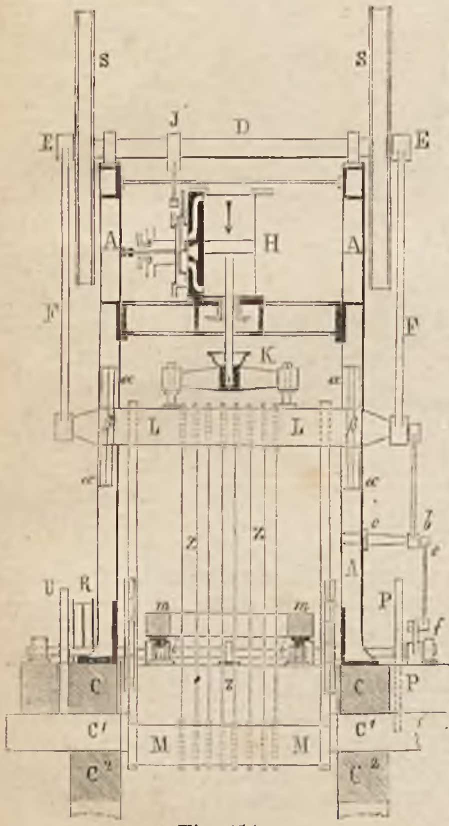


Fig. 455.

Maszyna poruszająca H jest utwierdzona pionowo na żelaznym lanym pomoście, osadzonym w żelaznych lanych sztendrach $A\,A$, wał zaś D na którym znajdują się dwa zamachowe koła $S\,S$, umieszczony jest po nad cylindrem H. Na tymże wale D umieszczony jest mimośród I do otwierania i zamykania stawidła parowego służący. Z rysunku dokładnie widać, że trzon tłokowy cylindra parowego H połączony jest z ramą LL za pomocą krzyżulca K, zaś końce rygla $L\,L$, połączone są z korbami $E\,E$ wału D za pomocą trzonów wodzących $F\,F$. Przewodniki górne $\alpha\,\alpha$ odpowiadające długości skoku, w których chodzi rama $L\,M$, umieszczone są na obu sztendrach $A\,A$, zaś baki $\beta\,\beta$ ślizgające się w owych przewodnikach, umieszczone są na ryglu ramy $L\,L$. Na dole zaś ma się rzecz przeciwnie, długie baki ślizgające $\gamma\,\gamma$ umieszczone są na ramionach ramy, zaś krótkie przewodniki $\delta\,\delta$ umieszczone są na ścianach międzysztendrowych. Obrót koła posuwającego P, na którego osi osadzone są dwa trybiki i przeznaczone do posuwania sztangi zębatej k wraz z wozem m, odbywa się z górnego rygla L ramy tartacznéj. Z czopem a rygla L połączony jest drążek $a\,b$, który przy każdém opadnięciu ramy, sprawia ruch kołyszący drążka $b\,c\,d$, w skutek czego drugi drążek $e\,f$ podniesie się w górę, a klamka h, koło zębate P posunie wtedy naprzód. Posuwanie więc kloca odbywa się tutaj jak widzimy, kiedy piły idą na dół, wierzchołki zaś ich zębów leżą na jednéj płaszczyznie pionowéj.

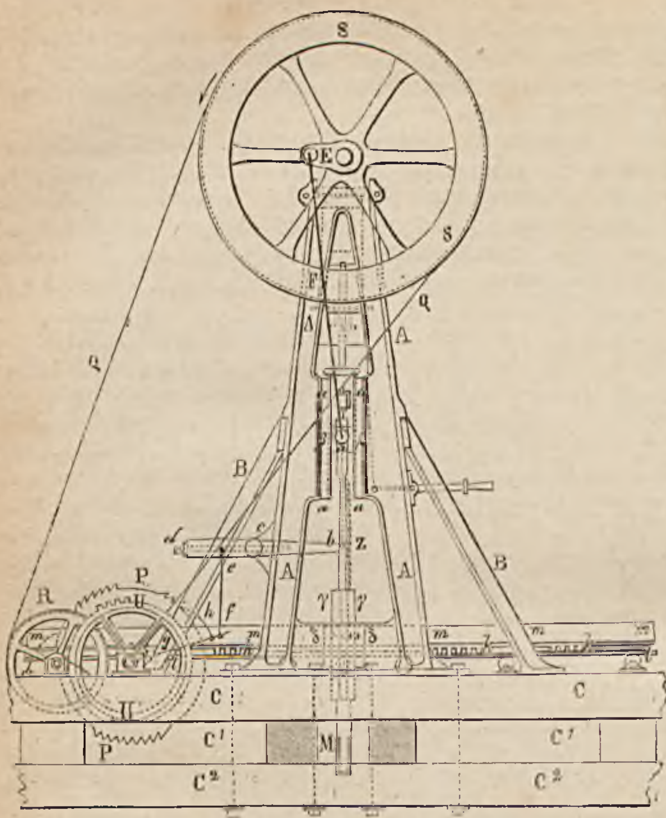


Fig. 456.

Przystawka pasowa RQS (Figura 456) służy do cofania wozu *m*, w tym celu na wale koła *R* osadzone jest koło zębate, zaczepiające o zęby koła *U*. To ostatnie koło osadzone jest na jednym i tym samym wale *i i* wraz z kołem popychającém *P*. Koło pasowe *R* składa się z dwóch kół, t. j. ze stałego i luźnego. C, C^1 i C^2 są to grube belki, stanowiące elastyczny fundament dla ramy tartacznéj [1]).

§ 443. Maszyna do rznięcia fornirów. Ważniejsze ulepszenia tartaków, datują się we Francyi dopiéro od roku 1814, gdy *Cochot* w Paryżu, do rznięcia fornirów urządził pierwszy raz maszynę z piłą poziomą, opatrzoną zębami na dół zwróconymi. Piła fornirowa Cochota (Figury 457 aż do 462) zupełnie jest podobna do zwyczajnéj piłki ręcznéj, używanéj przez stolarzy i cieśli. Osada jéj składa się z podstawki drewnianéj *a*, długości odpowiadającéj długości piły *b* od niéj równoległéj, z dwóch krótkich ramion poprzecznych *c c* i pręta żelaznego *d* (zamiast sznurka z kręgulcem jak przy piłkach

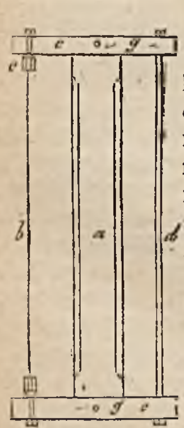


Fig. 457.

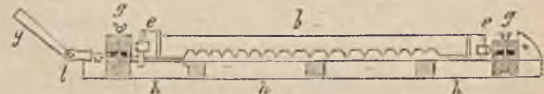


Fig. 458.

[1]) Taki sam tartak z ramą parową, widziałem w r. 1858, w Pradze Czeskiéj w wielkim zakładzie tartacznym, położonym nad rzeką Mołdawą. Kloce sprowadzają

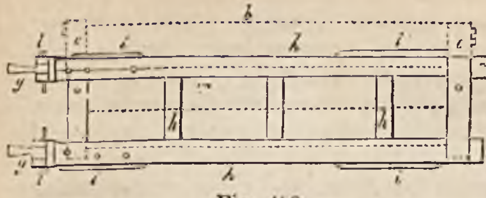


Fig. 459.

rzęcznych) służącego do napięcia piły. Końce piły *b* połączone są ze sworzniami za pomocą klub *e*. Sworznie te przechodzą przez ramiona *c c* i służą również do napinania piły, są bowiem opatrzone mutrami. Rama *h*, w której piła chodzi (Figury 458 i 459) składa się z belek drewnianych podłużnych i rygli poprzecznych, do których to ostatnich osada piły za pomocą śrub *g* jest w taki sposób umocowana, ażeby sama piła *b* wystawała po za ramę, to jest aby pomiędzy piłą i ramą było dostateczne miejsce do wychodzenia fornirów *Z* (Fig. 460). W czterech miejscach opatrzona jest rama metalowemi ostro-zakończonemi bakami *i*, ślizgającemi się w przewodnikach *k* metalowych, przymocowanych z góry do czterech narożników postumentu *K*. Ruch poziomy tam i nazad ramy, odbywa się za pomocą trzonów *y y* połączonych z ramą za pomocą odpowiednich zawias.

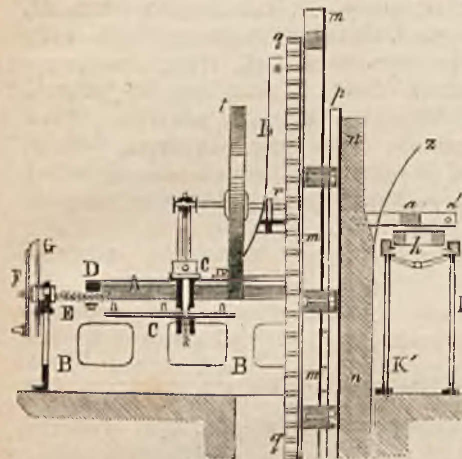


Fig. 460.

Główne części składowe maszyny do rznięcia fornirów przedstawiają się na Figur. 460, 461 i 462. Sanki *m m* zbudowane z belek dębowych, służące do umocowania bala *n* mającego być na forniry porzniętym, suwają

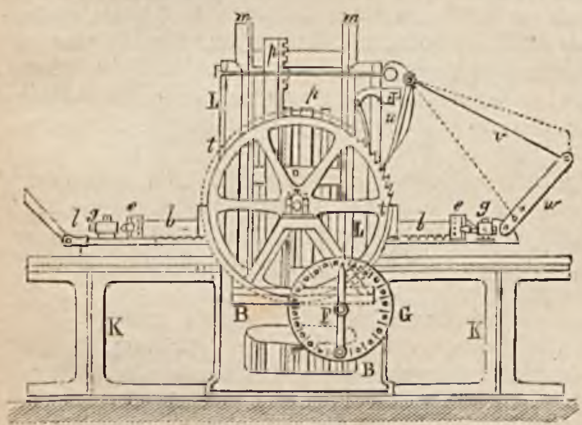


Fig. 461.

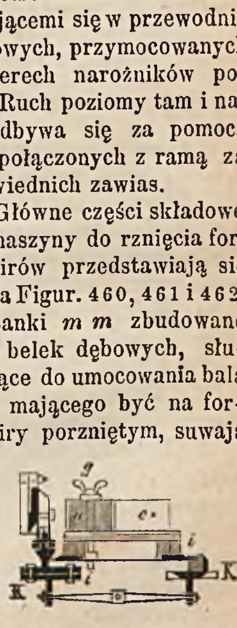


Fig. 462.

się rzeką na ramę parową, tam dwoma piłami obrzynają się z czterech stron do kantu, a następnie belki kanciaste idą na tartaki opatrzone kilkoma lub kilkunastoma piłami, stosownie do tego, czy belka ma być porznięta na bale, $1^1/_2$ calówki, calówki, albo $^1/_2$ calówki.

się po płaszczyznie pionowéj za pomocą sztangi zębatéj q i kółka zębatego r, osadzonego wraz z kołem zachwytowém czyli posuwającém t na tym samym walc. Klamka u posuwająca koło t, odbiéra ruch od ramy, za pomocą drążków v i w. Sanki czyli wózek z balem m, chodzi pomiędzy żelaznymi, pionowymi sztendrami L, stanowiącymi całość ze stołem A, leżącym na mocnym żelaznym postumencie B, do którego stół za pomocą śruby C przytwierdzić można. Stół ten służy do podsuwania bala pod piłę za przejściem każdego rzazu (sznita). Aby to podsuwanie się bala, odbywać się mogło prawidłowo, i z największą dokładnością, znajduje się na stole A jeszcze druga mutra D, a zaś na postumencie B do niéj należąca śruba E, wykonywająca tylko ruchy obrotowe, a nie posuwiste. Na zewnętrznym końcu owéj śruby, umocowana jest skazówka F, a zaś na postumencie B tarcza z podziałami G, przez co każde posunięcie, z jak największą dokładnością może być ocenione. Cięcie piły ma miejsce tylko w jednym kierunku, w biegu więc powrotnym, piła nie działa wcale, ale wtedy podnosi się bal do góry. Aby bal podnosząc się w górę nie zaczepił o zęby piły, daje się linii na któréj końce zębów leżą, małe nachylenie do płaszczyzny poziomėj.

P. Cochot dał swojéj pile długość skoku 120 centymetrów, zaś liczbę skoków 180 w minucie czasu.

Jeżeli więc wysokość podniesienia się wózka wraz z balem za każdém przejściem piły, równało się 0,82 millimetra, jeżeli bal miał szerokość 60 centymetrów, to na godzinę wypada powierzchni porzniętéj: $\frac{0,82 \times 0,60}{1000}$ (180 $\times$ 60) = 5,31 metrów kwadr. Siła do poruszania téj piły, była wystarczającą $^3/_4$ konia parowego.

Przekonano się niebawem z maszyny Cochota, że maszyny poziome do rznięcia fornirów, przedstawiają daleko większą stałość, i że działają spokojniéj, nawet przy bardzo wielkiéj chyżości, niż maszyny z piłami pionowemi; system więc Cochota nie tylko przy fornierniach zatrzymano do dnia dzisiejszego, ale nawet niektórzy postępowi fabrykanci maszyn, jak np. *Miehałkowski* w Berlinie, budują obecnie tartaki do rznięcia desek, z piłami również poziomemi [1]).

Fabryka machin Wielanda w Hamburgu, dostarczyła kilka egzemplarzy maszyn do rznięcia fornirów fabryce wagonów Willmera w Hanowerze, których piły wciąż działają odbywając drogę tam jako też i nazad, dla tego odbywają tę drogę po łuku, a drzewo mające być porzniętém, posuwa się ciągle pod piłę [2]).

Przy rozdzielaniu wszelkiego drzewa piłami, z powodu grubości kroju czyli rzazu, ponosi się wielką stratę, a strata ta tym jest dotkliwszą, im drzewo jest szlachetniejsze i droższe. Skierowano więc usiłowania, aby takie maszyny urządzić, w którychby piły zastąpić było można nożami. Inżynier angielski Brunel w r. 1806 i inżynier francuzki Garand w r. 1844, urządzili nakoniec tego rodzaju maszyny, działające z dosyć dobrym skutkiem [3]). Maszyna

[1]) Obacz Rühlmanna: „Allgemeine Maschinenlehre," tom 2-gi, Brunświk, 1865, str. 409; tudzież 7 tom: „Zeitschrift des Vereins deutscher Ingénieure," rok 1863, str. 146, tablica VI ta.

[2]) Obacz Rühlmanna: „Allgemeine Maschinenlehre," tom 2-gi, str. 417 i n.

[3]) Armengaud „Publication industrielle des machines," Vol. 5 i 14.

Garanda, produkowaną była na wystawie paryzkiéj 1855 r. Drzewo mające być na forniry (obłogi) krajane nożami, poddaje się wprzódy parowaniu, za pomocą pary wodnéj wysokiéj temperatury, przyczém wprawdzie drzewo pozbywa się niektórych dość znaczących swoich przymiotów, ale za to osiąga się bardzo wielką korzyść, że się otrzymuje bardzo cienkie forniry i nie traci się nic na trociny, tak że z deski na 27 milimetrów grubéj, otrzymać można 100 do 150 fornierów, gdy przy postępowaniu zwyczajném t. j. za pomocą piły, otrzymać ich można ledwie 20 do 25. Lecz tego rodzaju tartaki, nie weszły jeszcze w praktyczne zastósowanie.

444. Piła okrągła (Kreissage; scie circulaire). Oprócz tartaków z piłami podłużnemi, pionowo działającemi, inżynier angielski Brunel starał się do rznięcia kloców na deski zastósować piły okrągłe. Usiłowania jego o tyle odniosły skutek, że cienkie, najwyżéj 12-calowe kloce, można z niejaką korzyścią przerzynać piłą okrągłą, ale przy większéj grubości drzewa, a zatém i większéj średnicy piły, z powodu jéj drgania, robota ta okazała się uciążliwą i niekorzystną. Kloce więc grube piłują się daléj na zwyczajnych tartakach, a piły okrągłe, pełnią za to inne, również bardzo ważne czynności. Mianowicie zaś, używa się pił okrągłych do obrzynania i przerzynania na pozdłuż i poprzek desek i bali, do wyrobu podkładów dla dróg żelaznych, do wyrobu listew, łat, do przerzynania drzewa szczapowego na opał i t. p. Figura 463 przedstawia taką piłę okrągłą wraz z mechanizmem do posuwania kloca, bala lub deski. Piła około 30 cali średnicy, osadzona jest w stole żelaznym

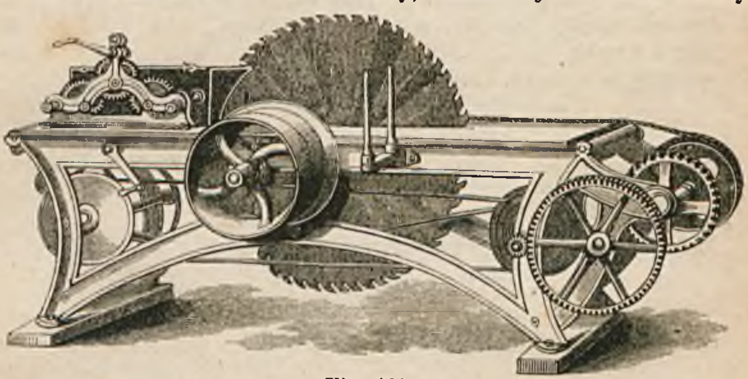


Fig. 463.

lanym, doskonale oheblowanym. Z boku na téj saméj osi wraz z piłą, osadzone są dwa kółka pasowe 10 do 12 cali średnicy mające; jedno z nich jest stałe dla nadawania ruchu pile, a drugie zaś luźne czyli wolno obracające się około osi. Ruch nadany być może ręką ludzką (przerzynając cienkie deski), maneżem, wiatrakiem, kołem wodném lub machiną parową. Rysunek dokładnie szczegóły objaśnia.

445. Prawidła wzięte z doświadczenia, które uwzględnić należy przy budowie tartaków. Redtenbacher powiada, że wymiary, chyżość ruchu i wielkość siły poruszającéj, zależne są od przymiotów drzewa i dla tego tartaki dzielą się na następujące kategorye: 1) Tartaki do miękkiego drzewa; 2) tartaki do twardego drzewa, 3) tartaki do rznięcia fornirów i 4) tartaki z piłą okrągłą.

	Tartaki do		
	międk. drzewa	tward. drzewa	fornirów
1) *e* dział piły, t. j. odległość końców dwóch obok siebie leżących zębów	0,04^m do 0,05^m	0,03^m do 0,04^m	0,008^m do 0,010^m
2) *t* głębokość zębów	0,024 0,030	0,018 0,024	0,005 0,006
3) *m* stosunek między przestrzenią zawartą między dwoma zębami, a powierzchnią *e t*	0,75	0,65	0,50
4) *i* stosunek między objętością trociny, a objemem drzewa z którego powstała	5,5	5	4
5) Grubość piły	0,0015 0,0020	0,0015 0,0020	0,0003 0,00035
6) Szerokość rzazu (sznitu)	0,0030 0,0040	0,0030 0,0040	0,0006 0,0007
7) Szerokość piły	0,120 0,160	0,120 0,160	0,060 0,080
8) Długość zazębienia. Takowe musi być przynajmniéj dwa razy dłuższe od grubości kloca. Zwykle długość zazębienia wynosi: . . .	1,2^m 1,6	1,2^m 1,6	1,2^m 1,6
9) *r* Promień korby: powinien być przynajmniéj równy połowie grub. kloca. Zwykle daje się *r*	0,30 0,50	0,30 0,50	0,30 0,60
10) Stosunek między promieniem *r* korby i grubością *h* drzewa	0,60 0,70	0,60 0,70	0,60 0,70

11) α posunięcie wozu za każdym rzazem:

$$\alpha = 2\,t \left(\frac{m}{i}\right) \left(\frac{r}{h}\right)$$

Zwykle posunięcie bywa	0,0043 0,0063	0,0028 0,0044	0,0006 0,0008

12) Styczna kąta φ, jaki linija przeprowadzona przez końce zębów tworzy z kierunkiem ruchu piły:

$$\text{sty.}\,\varphi = \frac{\alpha}{2\,r}.$$

Zwykle sty. φ bywa	0,007 0,006	0,005 0,0044	0,001 0,0007
13) *n* liczba rzazów w minucie	80 200	80 200	180 200

14) Powierzchnia przerznięta w 1 godzinie:

$$60 \times n \times \alpha \times h.$$

Wziąwszy dla miękkiego drzewa:

$$\alpha = 0{,}0053 \quad n = 100 \quad h = 0{,}4$$

dla twardego drzewa:

$$\alpha = 0{,}0036 \quad n = 100 \quad h = 0{,}4$$

dla fornirów:

$$\alpha = 0{,}0007 \quad n = 200 \quad h = 0{,}4$$

to powierzchnia przerznięta w god. czasu będzie	13^m □	9^m □	3,4 □

15) Powierzchnia porznięta na siłę 1 konia parow.

Skutek użyteczny w godzinie:

a) gdy zęby piły mają dobrą formę i dobrze są wyostrzone	3^m□	2^m□	8^m□
b) gdy zęby piły mają zwykłą formę i ostrzenie .	2□	1,5□	7□
16) *q* ciężar ramy tartacznéj zwykły	400 kil.	400 kil.	—

17) *Q* przeciwciężar jaki należy zawiesić na kole zamachowém, gdy piły robią ruch pionowy:

$$Q = \frac{r}{\rho}\left(q - \frac{1}{2} \cdot \frac{60 \times 75}{2} \frac{N}{r.n.}\right).$$

N wyraża tutaj skutek pożyteczny maszyny nadającéj ruch tartakowi, w koniach parowych; *n* liczbę rzazów w minucie czasu; ρ odległość środka ciężkości przeciwciężaru od osi koła zamachowego. Jeżeli to wyrażenie wypadnie ujemne, należy przeciwciężar umieścić na tym samym promieniu na którym znajduje się czop korby. Jeżeli zaś to wyrażenie wypadnie dodatne, to przeciwciężar winien leżeć po stronie przeciwnéj korbie.

W tartakach zwykle:

$$N = 4 \qquad n = 100 \qquad r = 0{,}36 \qquad q = 400.$$

a zatém będzie $Q = 275 \text{ kilogr.} \times \frac{r}{\rho}$.

18) Jeżeli ciężar koła zamachowego $= G$; chyżość obwodowa koła zamachowego $= V$ w metrach w 1 sekundzie, przeto będzie:

$$G. \frac{V^2}{2g} = 5 \times 75 \times N.$$

19) Zęby ostrzą się na zewnętrznéj swojéj powierzchni, mianowicie brzeg górny i dolny.

20) *Piły kołowe* używają się jak się powiedziało, tylko do rznięcia cienkiego materyału; do rznięcia fornirów również się ich nie używa, gdyż rzaz dają za szeroki, a zatém daleko mniéj otrzymuje się na nich z kloca fornirów, niż za pomocą piły zwyczajnéj. Najważniejsze dane dla pił okrągłych czyli cyrkularnych, są następujące:

Dział zębów	$0{,}02^m$	do	$0{,}03^m$
Głębokość zębów	0,014	—	0,02
Grubość piły	0,002	—	0,003
Szerokość rzazu	0,003	—	0,004
Średnica piły	0,5	—	0,7
Liczba obrotów piły w minucie czasu .	250	—	300

Powierzchnia porznięta na konia par. w 1 god. 4 do 6 metrów □.

446. Piła taśmowa bez końca (Bandsäge). Konstrukcya tych pił jest już dosyć dawna, wszelako w użycie weszły dopiero w najnowszych czasach. Touroude w r. 1815, Crepin w r. 1846 i Thouard w r. 1347, już zajmowali się budową tego rodzaju machin, lecz bez powodzenia, ponieważ ich piły jako szerokie i ze złego wykonane materyału, posiadały małą wytrzymałość i często pękały. Dopiero Périn mechanik paryzki, w r. 1852, urządził praktyczną piłę taśmową, która się nie psuła, a jeżeli pękła, umiano ją już wtedy zlutować. Piły tego rodzaju są albo lutowane albo nitowane.

Maszynę Périna taką jaka była na wystawie paryzkiéj w r. 1855 przedstawiają Figury 464 i 465. Fundament jéj oznaczony jest głoską *a*, postu-

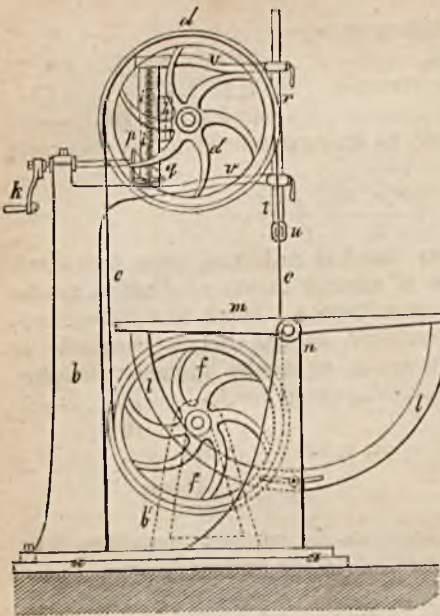


Fig. 464.

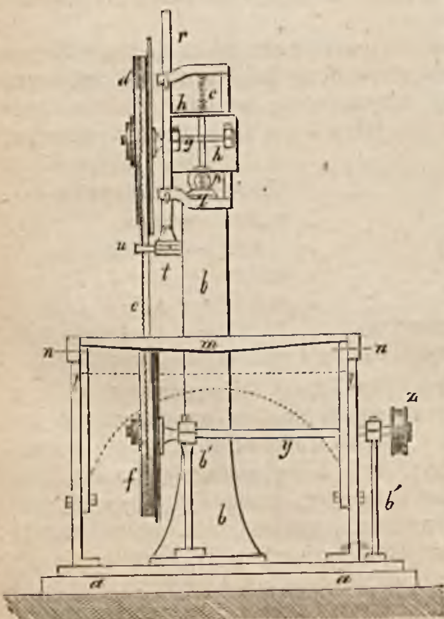


Fig. 465.

ment głoskami *b b'*, przymocowany śrubami do fundamentu; *c c* oznacza piłę bez końca, *d d* i *f f* są to koła obwiedzione skórą, na których naciągnięta jest piła. Koło dolne *f* osadzone jest w panewce na sztendrze stałym *b'*, zaś górne *d* osadzone jest na osi ruchoméj *g* w kulisie *h*, mogącéj się podnosić do góry lub opuszczać na dół; przez co daje się piła mniéj lub więcéj natężać. Do podnoszenia albo opuszczania kulisy czyli sanek *h* służy mutra w tychże sankach osadzona, poruszana za pomocą śruby *i*, na końcu któréj znajduje się tryb koniczny *q* zaczepiający o zęby drugiego tryba konicznego *p* osadzonego na walcu poziomym, na którego końcu znajduje się korba *K* służąca właśnie do regulowania rzeczonéj śruby. Drążek żelazny okrągły *r*, który można wyżéj albo niżéj umocować w żelaznych ramionach *v v*, posiada w dolnym swoim końcu otwór prostokątny *u*, w którym utwierdzają się baki drewniane, służące za przewodnik czyli kulisę dla piły. Stół roboczy *m*, może się obracać około osi *n*, tak, że w każdéj chwili jego powierzchnię można ustawić i umocować pod pewnym kątem do poziomu, stósownie do rodzaju roboty, jaka się na niéj odbywa. Głoską *Z* oznaczone jest koło pasowo, odbierające ruch bezpośrednio od motora lub od transmissyi. Koło to oddaje swój ruch kołu *f* za pomocą wału *y*, a piła *c* komunikuje już tén ruch sama drugiemu górnemu kołu *d*. Chyżość jaką Périn nadał swojéj pile, wynosi 25 metrów w sekundzie czasu, t. j. 7 razy większą jak mają piły zwyczajne, również machinami poruszane. Maszyny tego rodzaju używane są przez stolarzy do wyrabiania posadzki, w fabrykach powozów, przez kołodziei, do wyrobu dzwon kołowych, słowem do rznięcia drzewa pod rozmaitymi kątami i do wyrzynania rozmaitych krzywizn. Worssam w Londynie, wybudował tartak działający jednocześnie za pomocą piły okrągłej i piły bez końca, na którym rznąć można kloce na 24 cale grubości [1]).

447. Piła ogoniasta albo krzywiznowa (Schweifsäge; scie à évider). Piły tego rodzaju bywają w rozmaity sposób budowane. Opisujemy konstrukcyę amerykańską, jaka się po wielkich fabrykach używa. Piła ta służy do wyrzynania rozmaitych ozdób budowlanych, przedstawia ona tę dogodność, że ma się przed sobą cały stół wolny, na którym można się z robotą wykręcać, jak się podoba. Budują się również takie piły, iż drzewo mające być obrabianém leży nieruchomo na stole, a za to piła może rozmaite ruchy odbywać. Piły takie przedstawiają wtedy wielką korzyść, kiedy drzewo jest długie. Piły te ustawione są pionowo i w chwili gdy się rzaz odbywa, posuwają się naprzód o $^3/_{16}$ cala. Tym sposobem otrzymuje się rzaz prostopadły do powierzchni drzewa. Urządzenie to daje rzaz nadzwyczaj gładki, mało już wykończenia wymagający. Wyginaniu się piły, zapobiega tutaj przyrząd złożony z koła pasowego (poulie), drążka i sprężyny, z pomocą którego można napiąć piłę mniéj albo więcéj, stósownie do natury obrabianego przedmiotu. Napięcie piły jest jednakowe, czy ona idzie w górę czy też na dół. Robi 350 skoków w minucie czasu. Na postumencie umieszczone jest naczynie z wodą oraz z kiszką kauczukową, do chłodzenia piły, gdy się rozgrzeje.

448. Heblarnie (Wiórawnice) do drzewa. Wszystkie maszyny do heblowania (wiórowania) drzewa służące posiadają heble (wiórawce) czyli raczéj noże odbywające ruchy obrotowe, około osi pionowéj, albo téż pozioméj i to po nad sankami lub wozem, podsuwającym drzewo pod noże. Wóz dla tego jest lepszy od walców, że na nim można drzewo dobrze przymocować. Walców posuwających robotę używa się tylko przy heblowaniu desek i gzymsów. Można więc podzielić heblarnie na działające przy pomocy sanek albo wozu, i na działające przy pomocy walców. Pierwszego rodzaju heblarnie posiadają noże odbywające obrót na osi pionowéj albo téż pozioméj, w drugim razie tylko na pionowéj. Maszyny do heblowania drzewa, są niedawnym wynalazkiem ame-

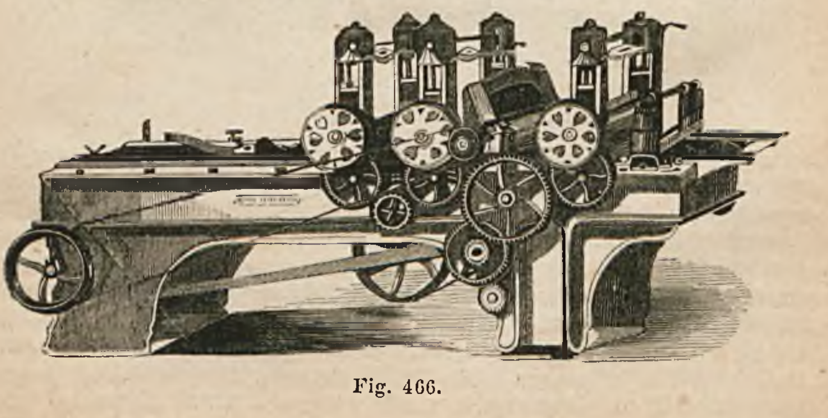


Fig. 466.

[1]) Samuel Werssam and Comp.: Illustrated Descriptive Catalogue, str. 16.

rykańskim i dla tego przedstawimy tutaj modele najwięcéj używane w Stanach Zjednoczonych, a do takich należy przedewszystkiem maszyna Woodwortha, wyobrażona na Figurze 466. Jest to maszyna bardzo mocna i o wielkim skutku, a przecież budowa jéj jest prosta. Cylinder albo łeb nożowy, posiada 3 noże, ma 9 cali średnicy i poruszany jest trzema pasami, szerokiemi po 4 cale. Łeb nożowy do heblowania gzymsów, ma 6 cali średnicy. Stósownie do grubości materyału, mogą być łby nożowe wyżéj albo niżéj ustawiane i to w czasie działania maszyny, albo téż w spoczynku. Dwie pary krążków prowadzących drzewo, znajdują się za cylindrem, a jedna para z przodu cylindra. Owe krążki prowadzące, poruszane są za pomocą mechanizmu, stanowiącego kombinacyę kółek zębatych, zastósowaną do różnéj grubości drzewa. Krążki prowadzące mają po 6 cali średnicy. Górne krążki można za pomocą śruby ustawiać wyżéj albo niżéj, a oba są w taki sposób ze sobą złączone, że jedną korbą można ustawiać oba jednocześnie. Maszyna ta hebluje materyał na 15 cali szeroki i waży około 60 centnarów.

Obok maszyny Woodwortha używają najwięcéj w Stanach Zjednoczonych maszyny Daniela, wyobrażonéj na Figurze 467. Służy ona do heblowania cięższych desek i belek, opatrzona jest osią nożową pionową i wozem

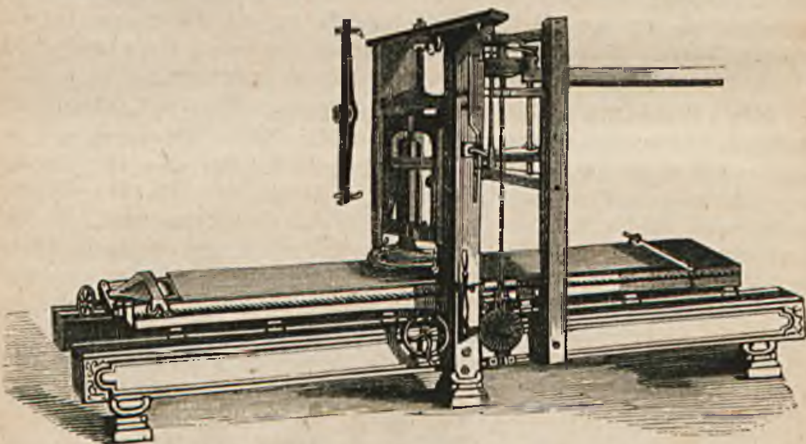


Fig. 467.

ruchomym. Można na niéj heblować drzewo twarde i miękkie. Szczególniéj używana jest przy budowie okrętów, mostów, wagonów dla dróg żelaznych, ale także i do delikatnéj ciesielskiéj i stolarskiéj roboty, jako to drzwi, okiennic, futer okiennych, fortepianów, powozów i t. p. W maszynie téj poczyniono niedawnymi czasy ważne ulepszenia w mechanizmie posuwającym, mianowicie w tém, że drzewo można ciągle heblować, czy wóz idzie naprzód, czyli téż wraca się nazad. Ruch odbywa się za pomocą sztangi zębatéj umieszczonéj w środku wozu, i dla tego trocina nie może się dostać pomiędzy zęby sztangi i kółka trybowego. Ow trybik posuwający umieszczony powyżéj sztangi zębatéj, nie dopuszcza w czasie pracy podnoszenia się wozu do góry. Cały przyrząd pasowy, znajduje się na zewnątrz przestrzeni, do któréj mogłaby się dostać trocina. Maszyny takie kosztują od 140 do 510 dolarów, stósownie do długości powierzchni heblowanéj.

Do heblowania gzymsów, w Stanach Zjednoczonych używają najczęściéj maszyny Rogera przedstawionéj na Figurze 468. Noże osadzone są jak u wszystkich heblarń we łbie nożowym, i mają taką formę, jaką nadać chcemy gzymsowi. Prócz tego znajdują się z boków dwa noże. Maszyna ta używaną jest głównie do robót architektonicznych. Opatrzona jest 3-ma krążkami po-

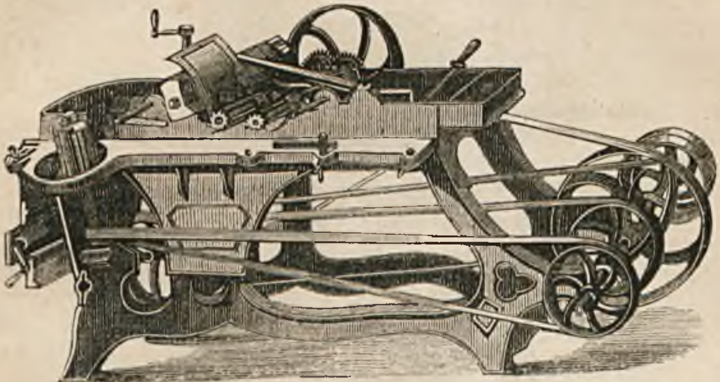


Fig. 468.

suwającymi i może na raz z trzech stron deskę heblować, pod jakimkolwiek kątem. Maszyna ta buduje się w rozmaitych wielkościach, ze łbem $3\frac{1}{4}$, $4\frac{1}{2}$, 5, 6 i 8 cali długim. Oprócz tutaj opisanych maszyn, budują się w Ameryce rozmaite heblarki do drobniejszych robót stolarskich zastósowane.

449. Maszyna do rznięcia czopów i wpustów (*Zapfenschneid und Schlitzmaschine*). Łączenie jednéj sztuki drzewa z drugą za pomocą czopów i wpustów [1]) wymaga wielkiéj pracy i dokładności w wykonaniu, jeżeli ma odpowiadać celowi. Ręką ludzką z trudnością przychodzi dokładnie wykonywać tę robotę, przemyślni więc amerykanie, wynaleźli w tym celu maszynę, którą Figura 469 wyobraża, zastępującą doskonale rękę ludzką i wykonywającą swą pracę daleko dokładniéj i prędzéj.

Maszyna ta opatrzona jest dwoma nożami wykonywującymi ruchy rotacyjne około swych osi. Noże te osadzone są w suportach, i mogą się za pomocą śruby do siebie zbliżać albo też od siebie oddalać, stósownie do grubości materyału. Ruch odbywa się za pomocą pasa idącego z koła dolnego przez krążek natężający i obejmującego obadwa walce nożowe górny i dolny. Obudwoma tymi nożami, wycinają się *czopy*; zaś *wpusty* czyli *nuty*, wycinają się za pomocą noża osadzonego na osi czyli wrzecionie pionowym. Maszyna ta niezmiernie jest użyteczna, przy fabrykacyi drzwi, okien, wagonów dla dróg

---

[1]) Obacz Przewodnik dla stolarzy, Jana Heuricha, Warszawa, 1862 roku str. 96.

żelaznych i t. p. Można na niéj w dwóch minutach zrobić wykrój (nut) na 5 cali długi, na 4 cale szeroki i $^5/_8$ cala gruby, a odpowiadających mu czopów 3 do 4 sztuk w jednéj minucie.

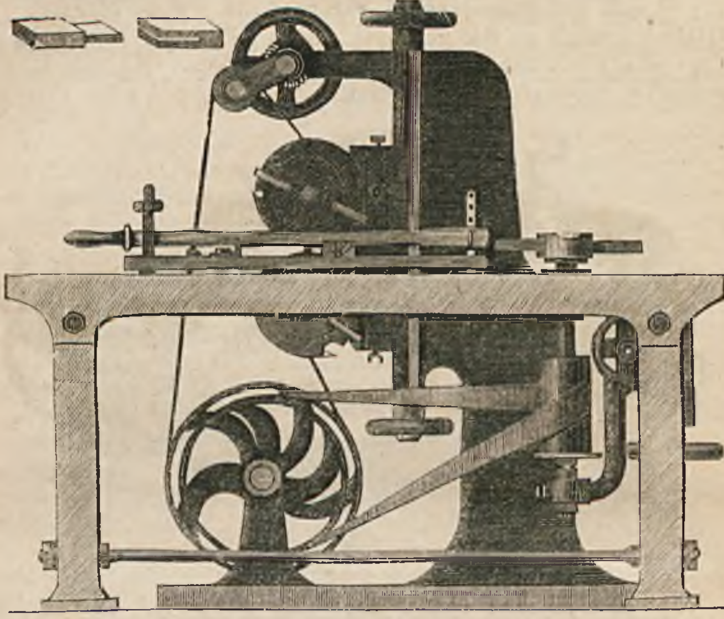


Fig. 469.

450. Wiertarnia. Maszynę również pomysłu amerykańskiego do fabrykacyi okiennic żaluzyowych, przedstawia Figura 470. Maszyna ta złożona jest ze szeregu świdrów, poruszanych jednym wspólnym bębnem, na dole umieszczo-

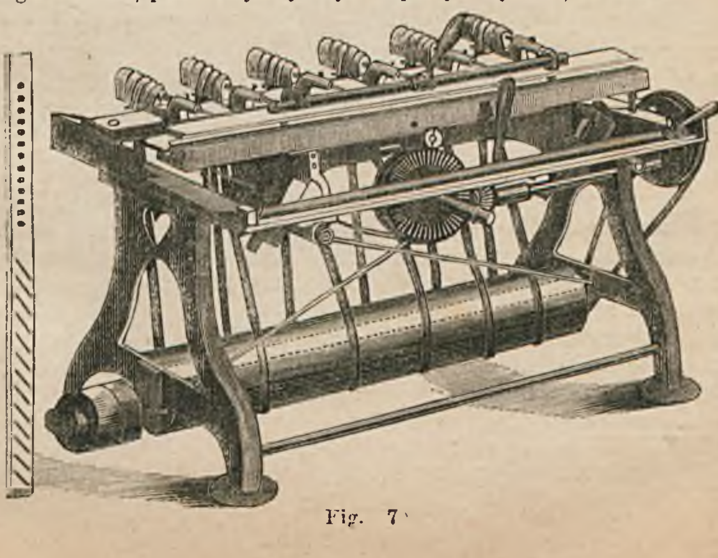


Fig. 7

nym. Robota uskutecznia się na wózku, odbywającym trzy ruchy; jeden w stronę świdrów, drugi do góry lub na dół, a trzeci w prawo albo w lewo świdrów. Tym sposobem można robić w żaluzyach otwory, jak załączony wzór na rysunku przedstawia. Maszyna ta jest samodziałającą i pracuje nadzwyczajnie szybko. Świdry robią 4500 obrotów w minucie czasu.

451. Uniwersalny stolarz (*Der Schreiner*; *The general Joiner*). Maszyna uniwersalna pod powyższą nazwą, wynalezioną została w Anglii i może być bardzo użyteczną w rozmaitych warsztatach, zajmujących się obróbką drzewa. Obecnie budowaną jest i w Niemczech. Maszyna ta służy do rznięcia drzewa, nutowania, fedrowania, falcowania, czopowania, do heblowania gzymsów, wiercenia, heblowania końców desek, słowem może być użytą do niezliczonych robót stolarskich. Stół jest tak zbudowany, że można w nim osadzać piły na 16 cali średnicy. Daje się podnosić i spuszczać, w czasie falcowania, wyrzynania fedrów i nutów etc. Na stole znajduje się lekki żelazny lany wózek, posuwający się w nucie. Wózek ten służy do umocowania drzewa, mającego się rznąć wpodłuż albo w poprzek. Drzewo zaś na którém mają się wyrzynać czopy, osadza się w małym wózku; wózek ten czyli raczéj klamra może się przestawiać, tak, że można na nim obrabiać drzewo nawet pod kątem 45°. Chcąc nuty wycinać za pomocą téj maszyny, zakłada się piłę okrągłą takiéj grubości jaką grubość chcemy dać nutowi, stół podnosi się wtedy do góry, aby tylko tyle piły wystawało, jak głęboki chcemy wyciąć nut w drzewie. Wtedy deska trzyma się kantem nad piłą. Można tu także zakładać noże do heblowania gzymsów do ram okiennych, ozdób drzwiowych i t. p. tudzież można także wiercić tą maszyną otwory 5-calowéj średnicy. Maszyna więc ta jak widzimy, jest nadzwyczaj ważnym nabytkiem dla warsztatów stolarskich.

452. Zakończenie o tartakach. Do tartaków z prostokątnemi piłami, należą także maszyny do rznięcia wichrowatych powierzchni, szczególniéj żeber okrętowych, które przed czterdziestu laty budował najprzód *Mirault* we Francyi, a które późniéj amerykanie znacznie ulepszyli i w praktykę wprowadzili.

Tak zwane piły okrągłe z prostemi ale bardzo wązkiemi blatami, wprowadził w użycie *Philippe* znakomity inżynier francuzki do konstrukcyi kół i fabrykacyi beczek. W urządzeniu tém, mocuje się sztuka drzewa na tarczy pozioméj, obracającéj się wolno, około osi pionowéj.

Przy robotach hydraulicznych, bardzo także ważną rolę grają piły taśmowe albo téż kołowe, działające w kierunku poziomym, a służące do obrzynania podwodnych pali. Piły takie z prostolinijnymi blatami, urządził i używał z bardzo dobrym skutkiem, inżynier belgijski *Simons*, przy budowie mostu Val-Beuvit na rzece Mozeli pod Liége; następnie używał takich pił podwodnych *Lagréné* przy budowie tam na Sekwannie pomiędzy Paryżem a Montereau. Należy tu także wspomnieć o pile podwodnéj p. Jakóba *Schreven*, inżyniera fabryki machin Pauwelsa w Brukselli. Piła jego używaną była przy budowie mostu na rzece Rupel pod Boom i na rzece Mozeli pod Namur. Komisya wynalazków w Brukselli, któréj poruczoném było przez ministeryum robót publicznych, wypróbowanie tego wynalazku, po przeświadczeniu się gruntownem o jego dobroci i użyteczności, zaleciła ogłosić ten wynalazek w rocznikach robót publicznych w Belgii[1]).

---

[1]) Obacz szczegółowy opis i rysunki téj maszyny, w Dzienniku polytechn. braci Marczewskich; rok 1861, zeszyt 2-gi, str. 42 i 43.

Piły do rznięcia kości, mianowicie zaś kości słoniowéj, różnią się tylko od pił zwyczajnych do tarcia drzewa, małym swym rozmiarem i wielką w wykonaniu delikatnością i dokładnością. Przy przerzynaniu kości słoniowéj, dla oszczędności materyału, zęby piły wyginają (szrenkują) się na zewnątrz albo bardzo mało, albo się ich całkiem nie wygina.

Tartaki do obrzynania po zwalcowaniu jeszcze rozrzarzonego żelaza, np. końców szyn dla dróg żelaznych, żelaza płaskiego i fasonowego, blachy etc., opatrzone są piłami okrągłemi. Piły do rznięcia kamieni, są piłami jeszcze za czasów Pliniusza do rznięcia marmurów używanemi, t. j. prostymi blatami nie posiadającymi zębów, lub opatrzone są zębami wycinanymi jak przy tartakach do drzewa, lub téż zębami wstawianymi w blaty. Bardzo piękny tartak parowy, służący do obrzynania kamienia budowlanego w łomach Vineqz w Soignies w Belgii, opisany jest: w „Publication industrielle“, pana Armengaud, w tomie 14, na str. 413 wraz z rysunkami na tablicy 33. W naszym kraju, istnieje jedyna fabryka parowa w Kielcach do wyrobów marmurowych (z marmurów Chęcińskich), zaopatrzona w tartaki z piłami poziomo działającemi i nie posiadającemi zębów [1]. Żałować tylko przychodzi że fabryka ta jedyna w kraju, nie znajduje poparcia u naszych kapitalistów i architektów.

453. Młoty fryszerskie. Do przerabiania grubszych sztuk żelaza, do wydzielania z nich obcych części, mechanicznie z tym metalem połączonych, do zamiany żelaza na sztaby i inne kształty do wielu potrzeb przemysłowych zastósowane, używa się wielkich młotów poruszanych siłą wody albo pary, zwykle młotami fryszerskiemi zwanych.

Młoty fryszerskie, pisze Józef *Podolski* [2], są to masy ciężkie z żelaza lanego lub kutego, na toporzyskach czyli styliskach drewnianych osadzone, lub niekiedy całkowicie wraz ze styliskiem sformowane z żelaza lanego, poruszające się wahadłowo, około osi poziomej na stylisku utkwionéj i stale podpartéj. Podnoszenie ich uskutecznia się paluchami, osadzonymi, albo wprost na wale koła wodnego, albo na innym wale odbierającym ruch od koła wodnego, lub machiny parowéj. Opadają na kowadła niekiedy własnym tylko ciężarem, częściéj wyrzucone paluchem do góry, uderzają o sztukę drzewa sprężystą, zwaną *odbijakiem*, przezco silniejsze i prędsze uderzenia sprawiają.

Massa żelazna na stylisku osadzona, którą młot o kowadło uderza, nazywa się *głową młota*, okucie zaś żelazne, równie na stylisku będące, z dwoma czopami ostrokręgowymi, które podparte stanowią oś obrotu młota, ma nazwisko *hełży*. Podług wielkości mass do kucia przeznaczonych, stosuje się ciężar młota. W małych kuźniach ważą młoty od 2 do 4 centnarów; w większych od 5 do 8; w pudlingarniach są młoty całe z lanego żelaza i ważą od 60 do 100 centnarów. Stósownie do miejsca działania paluchów na podniesienie młota, dzielą się na trzy rodzaje. *Młot skokowy* (Schwanzhammer; marteau à bascule) nazywa się wtedy, gdy paluchy cisnąc koniec styliska za hełżą, młot do góry podnoszą. *Podrzutowy* (Aufwerfhammer; marteau à soulèvement) gdy paluchy dźwigają młot pomiędzy hełżą a jego głową. *Czołowy* (Stirnhammer;

---

[1]) Obacz artykuł J. Pietraszka: „O tartakach w ogólności,“ w Dzienniku polytechn. braci Marczewskich, 1861, zeszyt 4, str. 75; oraz plan tartaku w Willanowie przez tegoż autora zbudowanego, na tablicy 18.

[2]) Obacz rozprawę Dra Józefa Podolskiego: „O młotach fryszerskich“ w Dzienniku polytechn. braci Marczewskich, 1862, zeszyt 5, str. 109.

marteau frontal), gdy paluchy za koniec styliska, przed głowę występujący, chwytając, młot do góry podnoszą; hełża zaś jak i w młocie podrzutowym jest na drugim końcu styliska.

Młot zatém skokowy jest 1, czołowy 2, podrzutowy 3 rodzaju drążkiem.

Figura 471 przedstawia w $^1/_{24}$ naturalnéj wielkości, młot skokowy, poruszany machiną parową. Niechaj *a* oznacza korbę otrzymującą ruch od trzona korbowego; *b* koło palcate żelazne lane, opatrzone na obwodzie otworami, w których osadzone są palce z żelaza kutego. Liczba tych otworów bywa zwykle większa od liczby palców, których położenie można tym sposobem zmieniać, iż nigdy nie działają na stylisko *d* wtedy, gdy machina przechodzi przez jeden z dwóch *punktów martwych*, to jest gdy korba i trzon korbowy, stanowią jedną linię prostą; *f* młot żelazny kuty, nastalony tylko na powierzchni uderzającéj; *k* kowadło; *e* koło zamachowe, osadzone na jednéj osi z kołem palcatém. Długość palców zależy od wysokości, do któréj młot ma być podnoszony; powierzchnia ich którą cisną na stylisko, wyrabia się podług linii krzywéj, zwanéj cykloidą. Odległość palców tak powinna być obrachowana, aby każdy z nich zaczynał działać wtedy, gdy młot podniesiony przez poprzedni palec, spadnie na podstawioną sztukę. Stylisko wyrabia się z drzewa, a tylko koniec jego, przyciskany przez koło palcate, jest pokryty grubą blachą żelazną, lub żelazną laną płytą. Odbijak, składa się z walca *i* wchodzącego w rurę mającą w dolnéj swojéj części silną spiralnie zwiniętą sprężynę żelazną; gdy młot wznosi się do góry, koniec styliska przyciska walec *i* i sprężynę; skoro tylko palec działać przestanie, sprężyna wypycha walec i nadaje młotowi większą siłę spadku. Często odbijak składa się z belki umieszczonéj wprost nad młotem i utwierdzonéj jednym końcem w murze lub wiązaniu, a tym sposobem działającéj jak silna sprężyna. Młot skokowy waży około 120 funtów i wykonywa 140 do 150 uderzeń na minutę; może być użyty do kucia sztab 5 do 6 cali średnicy, dla sztuk większych wymiarów, byłby niedostatecznym. Największy skok opisanego młota, wynosi 14 cali.

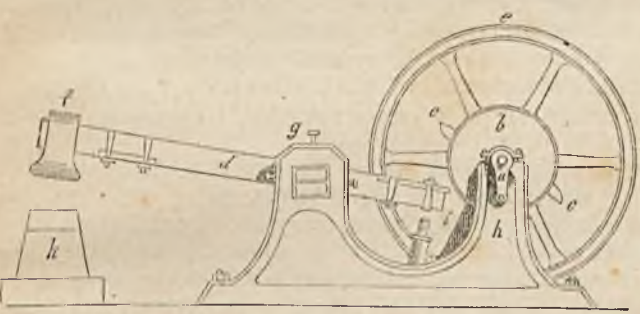


Fig. 471.

W młotach skokowych tarcie i siła poruszająca są znacznie większe niż w dwóch innych; lecz za to nie zmniejszając liczby uderzeń, w danym czasie można otrzymać znaczne skoki młota, przez powiększenie stosunku ramion. Jeżeli rodzaj fabrykacyi warunku tego nie wymaga, lepiéj jest użyć młotów podrzutowych lub czołowych, gdyż one potrzebują daleko mniejszéj siły poruszającéj.

Morin, czyniąc liczne doświadczenia na młotach fryszerskich, podaje następujące wypadki:

Ciężar całego młota w kilogr.	Wysokość podniesienia środka spodu głowy, nad sztukę kutą w metrach	Liczba uderzeń w minucie	Całkowity skutek mechaniczny w koniach parowych
501	0,25	135	6,40
—	—	150	7,54
584	0,43	112	13,00
685	0,45	96	8,00
696	0,45	90	10,00
—	—	100	12,00
2800	0,32 — 0,36	75	30,00
4900	0,22 — 0,25	75	37,25.

W tych doświadczeniach wysokość podniesienia środka spodu głowy młota, nad sztukę kutą jest dana, takową wziąwszy za wysokość podniesienia środka ciężkości młota i oznaczywszy ją przez h, ciężar całego młota przez P, liczbę uderzeń w minucie przez N, spółczynnik tarcia przez s, skutek mechaniczny przez E, będzie: $E = s. p. h. N. 75$; mnożymy tu przez 75 kilogrammetrów, gdyż mamy skutek mechaniczny każdego młota, w koniach parowych dany. W powyższe równanie podstawiając ilości dane dla każdego młota, i otrzymując po kolei s, znajdziemy podług następstwa w tablicy wartości spółczynnika s następujące: 0,00037, 0,00039, 0,00046, 0,00027, 0,00035, 0,00038, 0,00042, 0,00043. Przypuśćmy że młot waży kilogramów $447 = P$, liczba uderzeń jego w minucie $96 = N$, wysokość podniesienia środka ciężkości $h = 0{,}16^m$, siła z obrachunku w koniach parowych $3{,}3 = E$.

Podstawiając te wartości w powyższe równanie, i wstawiając za $s = 0{,}00041$, otrzymamy:

$$E = 0{,}00041.\ P.\ h.\ N.\ 75 = 0{,}03075\ P.\ h.\ N.,$$

$$\text{albo } E = 0{,}031.\ P.\ h.\ N.\ (1).$$

To jest: iloczyn z ciężaru całego młota, z wysokości podniesienia spodu głowy nad miejsce uderzenia, i z liczby uderzeń w minucie, pomnożywszy przez ułamek 0,031, otrzymamy skutek mechaniczny siły w kilogrammetrach, zdolnéj młot fryszerski poruszać. Jeżeli zaś ten iloczyn rozmnożymy przez ułamek 0,018, otrzymamy skutek użyteczny młota.

Przykład. Przy spadku wody 3 metry mającym, potrzeba założyć młot do kucia miedzi ważący 600 kilogramów, któryby za każdym razem wznosząc się $0{,}45^m$ uderzał 90 razy w minucie. Jaka do téj roboty potrzebna jest ilość wody?

Najstósowniéjszém kołem wodném do poruszania tego młota, będzie koło podsiębierne Ponceleta, z łopatkami krzywemi, dla tego, że zaraz na jego wale, można osadzić kraniec z paluchami i przy największym swoim skutku, posiada chyżość bardzo znaczną, bo od 0,50 do 0,60 chyżości wody wypływającéj z otworu stawidła, a oprócz tego znakomity moment bezwładności; gdy tymczasem założywszy koło piersiowe, wypadłoby paluchy osadzić na innym wale, co jest mniéj korzystném pod każdym względem. Oznaczmy cały spadek, czyli odległość pomiędzy powierzchnią górną wody, a powierzchnią dolną przez H; ciężar wody w sekundzie napływającéj, przez C; objętość téjże wody, przez W, skutek w sekundzie, przez E. Podług d'Aubuissona skutek sekundowy koła Ponceleta, przy chyżości jego obwodu od 0,50 do 0,60 względem chyżości wody z otworu stawidła na koło napływającéj, jest: $E = 0{,}55.\ C.\ H$; albo też gdy metr sześcienny wody waży 1000 kilogramów, a zatém gdy $C = 1000\ W$, przeto $E = 550.\ W.\ H.$ (a).

Ponieważ dla danego młota podług wzoru (1).

$$E = 0{,}031 \times 600 \times 0{,}45^{m} \times 90 = 753{,}3 \text{ kilogrammetrów},$$

$$\text{albo } E = \frac{753{,}3}{75} = 10{,}04 \text{ koni parowych},$$

więc podług wzoru (a) jest: $753{,}3 = 550.\ W.\ 3$ czyli $W = \frac{753{,}3}{550 \times 3} =$ 0,457 metrów sześciennych.

To jest przy spadku 3 metrów, potrzeba najmniéj napływu wody 0,457 metra sześciennego w sekundzie, aby żądany młot mógł być poruszany.

454. Młoty parowe (Dampfhammer; marteau pilon). Już Watt w r. 1784 otrzymał patent na młot parowy, ale że użycie żelaza kutego było jeszcze wtedy dość ograniczone, a drzewo i żelazo lane stanowiły prawie wyłącznie materyały większych konstrukcyj, przeto wynalazek Watta, pozostał w zapomnieniu. Takiż sam los spotkał pomysł Williama Deverell, który w roku 1806 podał myśl poruszania młotów bezpośrednio za pomocą pary, bez użycia ruchu obrotowego kół, albo wałów. Dopiero wzrastające potrzeby handlu, rozwój marynarki i rozpowszechniające się użycie machin, wymagały środków do łatwego wyrabiania wielkich sztuk żelaznych kutych i wtedy to młot parowy stał się koniecznem narzędziem w większych warsztatach kowalskich.

Najpierwszy Nasmyth, inżynier angielski zbudował praktyczny młot parowy, który we wszystkich większych fabrykach znalazł zastosowanie. Młot jego przedstawia jednak tę niedogodność, że z powodu wysokiego umieszczenia walca parowego, drgania działają szkodliwie na całe wiązanie i stają się przyczyną, częstego łamania się trzona tłokowego. Dla tego starano się w budowie jego zaprowadzić pewne zmiany, z których najważniejsze dokonane zostały przez Condiégo, Dahlena i Farcota.

W młocie Condiégo tłok i trzon jego są stałe, a za to walec parowy stanowi przedłużenie kloca młotowego i razem z nim jest ruchomy. Z tego powodu walec parowy może znajdować się dosyć nizko, pomiędzy wsporami wiązania, co niezmiernie wpływa na zmniejszenie szkodliwych drgań. Jedyną wadą tego urządzenia jest to, że para musi być prowadzoną do walca przez trzon tłokowy, który z téj przyczyny, musi być wewnątrz wydrążony.

Młot Dahlena w ostatnich czasach, bardzo się upowszechnił. Główną odróżniającą go cechą jest, że tłok, trzon jego i kloc młota, są zrobione z jednéj sztuki. Przy mniejszych młotach, te trzy części mogą być odkute, przy większych zaś odlane z jednéj sztuki żelaza. Fabryki Schwarzkopfa i Egelsa w Berlinie, wyrabiają najwięcéj młotów systemu Dahlena.

Młot parowy Farcota, fabrykanta machin w Paryżu, różni się tém od poprzedzających, że daje uderzenia nierównie silniejsze i prędzéj po sobie następujące. Przy zwykłych młotach z maszyną o pojedynczym skutku, to jest kiedy para działa tylko na spód tłoka, siłę uderzenia można powiększyć tylko przez powiększenie ciężaru młota i spadku. W młocie zaś Farcota, para z kotła wchodzi najprzód pod tłok i działa przez pewien czas o pełném ciśnieniu, a następnie swą rozszerzalnością o tyle tylko, aby prężenie jéj było dostateczne dla wzniesienia młota do zamierzonéj wysokości; następnie świéża para wchodzi nad tłok i silnie popycha tłok na dół. Ponieważ prężenie pary może dochodzić do 5 lub 6 atmosfer (75 do 90 funtów na cal □), siła więc uderzenia może być bardzo wielką, a przytém spadek młota, będzie bardzo szybki. Przypływ pary na tłok może być regulowany ręką robotnika, dość więc, dla otrzymania lekkich uderzeń, wpuszczać nad tłok małe ilości pary.

Są także w użyciu młoty Harveya o dwóch lub trzech walcach parowych, których tłoki działają wspólnie na jeden kloc młotowy.

Najmniejsze młoty poruszane parą i służące do wiercenia dziur w kamieniach, wyrabiane są przez fabrykę Schwarzkopfa w Berlinie i ważą do 9 funtów. Celem ich jest nie siła uderzenia, lecz pośpiech w robocie.

Do wielkich młotów parowych należy młot wyrobiony w jednéj z fabryk w Leeds, przeznaczony dla kompanii kolei żelaz. australskich. Jest on zbudowany podług systemu Farcota, może jednakże działać i samym ciężarem. Największa siła uderzenia, odpowiada 325 centnarom; liczba uderzeń na minutę wynosi 40; ciężar szabotu 610 centnarów, płyty fundamentowéj 284 centnarów, wspór wiązania 305 centn., wysokość całkowita młota $21\frac{1}{2}$ stóp, a ciężar całego przyrządu 1524 centnarów.

Młot parowy systemu Cavégo, działający w zakładach w Indret we Francyi, ma całkowitéj wysokości około 42 stóp; młot ten spada własnym tylko ciężarem. Największy jego skok wynosi stóp 8, a całkowity ciężar 3234 cent.

Fabryka stalowa Kruppa w Essen nad Renem, największą przywiązuje wagę do robót kowalskich, a przyrządy jakiemi się w tym kierunku posługuje, zwracają na siebie uwagę i podziwienie powszechne. Fabryka ta do r. 1866 posiadała 35 młotów parowych, ważących od 1 do 1000 centn. Ten ostatni młot, posiada skoku 3 metry (czyli stóp 10), że zaś baba, wraz z tłokiem i trzonem waży 50000 kilogramów, przeto skutek sprawiony tym młotem. wynosi 150000 kilogrammetrów. Kowadło wraz z fundamentem z żelaza lanego, waży 30000 centn. Pod owym młotem kują się sztuki stali lanéj po 400 cent. ważące, przyczém kran parowy, służy do podtrzymywania owych sztuk na kowadle. Koszt tego młota, ma wynosić 600000 talarów.

W Creuzot, we Francyi, w fabryce Schneidera i Comp., od niejakiego czasu wprowadzony jest w ruch młot, który jest daleko większy od młota działającego w fabryce Kruppa. Skok tłoka wynosi 5 metrów, zaś baba, wraz z trzonem i tłokiem waży 80000 kilogramów, skutek więc tego młota wynosi 400000 kilogrammetrów. Waży on 530000 kilogramów, czyli 2650 centnarów celnych i zdolny jest wykuć kawały metalowe, ważące 2400 centn. Szczegółowy opis tego młota znajdzie czytelnik w „Przeglądzie technicznym" wychodzącym w Warszawie, w zeszycie VII i VIII za miesiąc lipiec i sierpień 1878, w sprawozdaniu z wystawy powszechnéj paryzkiéj.

Figura 472 przedstawia młot parowy systemu Nasmytha. *A* jest to kloc młotowy czyli *baba* żelazna lana, *B* odlew żelazny wsunięty w babę i właściwy młot stanowiący. *C* kowadło, wstawione w ciężkim pniu kowadłowym czyli szabocie *D*. Szabot wspiera się na mocném wiązaniu drewnianém dębowém, osadzoném w klatce murowanéj. Na sztendrach *E E* są nadlane dwa przewodniki *F F* w których chodzi baba. Nad babą umieszczony jest cylinder parowy *G*, którego trzon *H* umocowany jest w *A*. Praca młota odbywa się w taki sposób, że się parę prowadzi pod tłok, która natychmiast tłok oraz z nim połączoną babę w górę podnosi, następnie para na zewnątrz uchodzi, a baba własnym ciężarem opadając na dół, uderza o sztukę żelaza przeznaczoną do odkucia. Ta robota dotąd się powtarza, dopóki sztuka żelaza lub stali, nie zostanie zupełnie odkutą.

Wpuszczanie i wypuszczanie pary odbywa się sposobem bardzo dowcipnym W skrzynce stawidłowéj *I*, umieszczone jest stawidło muszlowe *I'* (Fig. 473

i 474) nakrywające dwie drogi parowe *c* i *d*. Kanał *c* prowadzi parę pod tłok, *d* zaś uprowadza parę na zewnątrz. Jeżeli stawidło stoi na dole (Figura 473), wtedy wchodzi świeża para pod tłok i takowy posuwa do góry; jeżeli zaś stawidło znajduje się w górze, jak na Figurze 474, wtedy para znajdująca się pod tłokiem otworem stawidła *I'* uchodzi do kanału *d*. U góry nad *G* znajduje się mały cylinderek parowy *K*, cylinder kierowniczy, z którego tłokiem połączony jest trzon stawidłowy *a*. Górny koniec cylindra kierowniczego wciąż jest połączony rurką miedzianą *b* ze świeżą parą; w skutek czego tłoczek kierowniczy, a zatém i stawidło *I'* naciskane jest wciąż na dół, a stawidło zajmie wtedy stanowisko na Fig. 473 pokazane i wpuszczać będzie parę pod tłok, jeżeli na innem stanowisku nie zostanie zatrzymaném. Zatrzymanie to odbywa się za pomocą mechanizmu *e f g*. Drążek *e* obejmuje za pomocą krótkiego pręta, drążek *f* opatrzony gwintem, tak aby takowy mógł się swobodnie około swéj osi obracać. Drążek *f* daje się przesuwać w kierunku pionowym i usiłuje wciąż z powodu ciśnienia na tłok posuwać się do

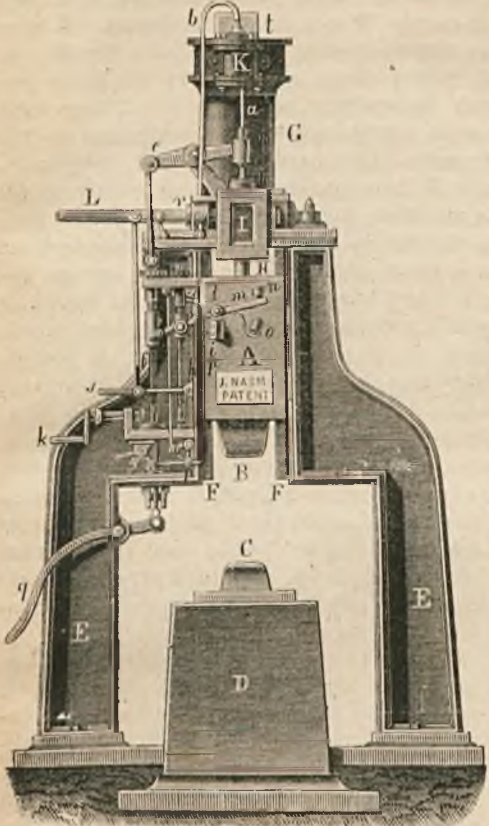


Fig. 472.

góry; ale zatrzymanym być może przy *g* za pomocą klamki. W tém ostatniém położeniu, przedstawia figura rzeczony mechanizm. Znajduje się tutaj stawidło u góry jak na Figurze 474; para może uchodzić; baba więc znajdująca się u góry może opadać. Przy podnoszeniu się baby do góry, nos *i* umieszczony na niéj, uderza o drążek *f* i tym sposobem tłok kierowniczy i kierownik posuwa do góry; sztanga *f* przy *g* pochwycona, wstrzymywaną jest przez czas opadania baby na dół. Obracając korbką *k* można ów przyrząd drążkowy, o który dotyka się nos *i*, do góry podnosić lub opuszczać na dół. Jeżeli się znajduje na dole, to zostanie wcześniéj uderzony nosem *i* to i baba musi wcześniéj opaść. Jeżeli zaś ten przyrząd znajduje się w górze,

Fig. 473.

Fig. 474.

to skok młota, bywa wtedy większy. Kierownik ma jeszcze drugie zadanie, to jest zaraz po uderzeniu młota, wpuszczać zaraz świéżą parę pod tłok, aby baba natychmiast podniosła się do góry. W tym celu, natychmiast po uderzeniu młota, należy klamkę *g* zluzować; służy do tego celu drążek *l m*. Drążek ten ma przy *l* na babie punkt obrotowy; może on być łatwo popchnięty sprężyną do góry i kołysać się pomiędzy różkami *n* i *o*. Jego lewe ramię, przy spadaniu baby zaczepia o pręt pionowy *p*, połączony w ten sposób z mechanizmem przy *g*, że mały tylko nacisk na drążek *p* wywarty, klamkę przy *g* luzuje. Przy spadaniu baby porusza się z nią razem na dół i drążek *l m*. Ale jak tylko młot na sztukę kutą naciska, a tém samém swój bieg na dół kończy, drążek stara się jeszcze poruszać i robi wachnięcie na dół w kierunku różka *o*. W skutek czego, sztanga *p* za pomocą lewego ramienia *l m* odsuwa się na bok, a sztanga *f* luzuje się przy *g*. Tłok kierowniczy nie będąc już więcéj wstrzymywany, popycha stawidło na dół, a wtedy para, znów podnosi młot do góry. Przy *q* znajduje się drążek ręczny, za pomocą którego można kierować tłokiem stawidłowym. Jeżeli młot chcemy zatrzymać w spoczynku, wtedy za pomocą drążka *q* posuwamy tłok kierowniczy do góry, wtedy młot opada i zatrzymuje sztangę *f* przy *g*. W rurze *L* wprowadzającéj parę znajduje się przy *r* przepustnica poruszana przy *s*, służąca do regulowania przypływu pary; *t* zaś jest to rura dla straconéj pary. Można znacznie powiększyć skuteczność młota parowego, jeżeli młot działać będzie nie tylko swoim własnym ciężarem, ale jeżeli przy jego spadaniu użyjemy jeszcze pary górnéj, popychającéj tłok na dół.

Figury 475, 476 i 477 przedstawiają kierownik do użycia pary górnéj, przy młocie parowym 25 centnarowym. Ze skrzynką stawidłową *I* stoi w związku druga mała skrzynka stawidłowa *M*, w któréj umieszczone jest stawidło *N* do pary górnéj. Jak tylko to stawidło otwartém zostanie, udaje się świeża para z *I* rurą miedzianą *O* i pokrywą cylindra *P* po nad tłok *Q*. Otwieranie stawidła *N* uskutecznia sama baba *A* podnosząc się w górę, za

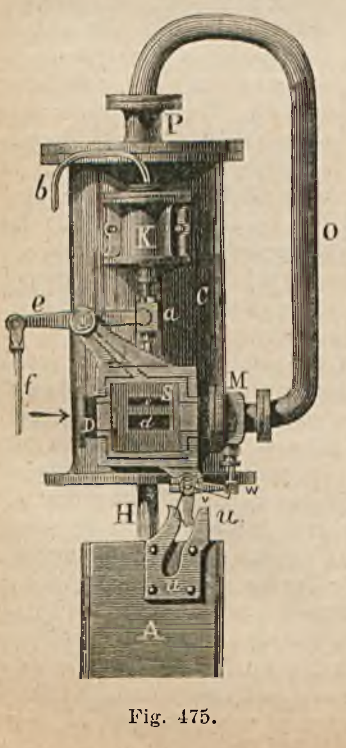


Fig. 475.

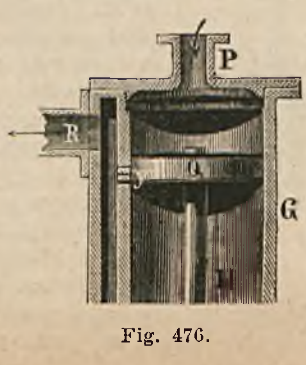


Fig. 476.

Fig. 477.

pomocą wideł u, które zaczepiając za pomocą drążka złamanego v o trzon stawidłowy w, takowy na dół ściągają. W téj chwili tłok Q zbliża się do pokrywy cylindra P. Teraz wchodzi para górna, popychająca tłok na dół. Ale jak tylko tłok znajdzie się na stanowisku przedstawioném na Figurze 475, widły u zamykają zaraz stawidło dla pary górnéj i para przestaje do cylindra napływać. Krótkiego zresztą potrzeba działania pary górnéj, dla nadania młotowi, znaczniejszego przyśpieszenia. Tutaj para górna opuszcza cylinder przy y gdzie się znajdują otwory, uprowadzające ją do rury odchodowéj R, do któréj i para z pod tłoka wchodzi. Otwory przy y mają jeszcze i to przeznaczenie, aby uprowadzać na zewnątrz z cylindra powietrze, w czasie podnoszenia się tłoka do góry. Przy pomocy pary górnéj, małymi nawet stosunkowo młotami, sprawiać można bardzo silne uderzenie, czyli wielki mechaniczny skutek.

455. Nożyce i dziurawnice. Przy krajaniu i dziurawieniu metali należy pokonać ich wytrzymałość, któréj spółczynnik dla żelaza kutego $K_2 =$ 48000 funtów. Zatém siła potrzebna do dziurawienia blachy żelaznéj δ cali grubéj, kiedy dziura ma d cali średnicy:

$$P = \pi.\ \delta.\ d.\ K_2 = 150800\ \delta.\ d. \text{ funtów;}$$

a praca téj siłe odpowiadająca będzie:

$$A = 2090.\ \delta^2.\ d \text{ stopofuntów.}$$

Siła zaś potrzebna do przekrojenia kawałka blachy grubéj δ, a długiéj l,

$$P = \delta.\ l.\ K_2 = 48000.\ \delta.\ l \text{ funtów.}$$

Ostrzom daje się zwykle kąt od 75 do 78 stopni.

Nożyce kołowe mają zwykle średnicę $d = 80.\ \delta$ i krają z prędkością 0,125 do 0,175 stopy, zachodząc na siebie o grubość 1,20. δ do 1,25 δ.

Praca potrzebna do krajania, na 1 krój wynosi:

$$A = 665.\ \delta^2.\ l \text{ stopofuntów.}$$

456. Tokarnie. Tokarnia składa się z postumentu, dwóch podpór oraz wrzeciona, wprawianego w ruch, sznurem, pasem lub trybami; dalej składa się z noża stalowego i supportu. Przedmiot mający się otaczać, utwierdza się na wrzecionie na jednym tylko końcu za pomocą futra lub patrona, lub téż za pomocą tarczy (planszajby), z drugiego zaś końca jest zupełnie wolny; lub téż osadza się pomiędzy sztyftami stalowymi czyli kernerami i za pomocą tak zwanego przewodnika (Führer) i wrzecion, nadaje się mu ruch obrotowy. Chyżość obwodowa, jakiéj potrzebują otaczane metale jest następująca: dla żelaza lanego twardego najwyżéj 1 cal; dla stali $1\frac{1}{2}$ do 2 cali; dla miękkiego żelaza lanego 2 do 4 cali, dla żelaza kutego 4 do 5 cali, dla mosiądzu i bronzu 6 do 8 cali, dla drzewa 8 do 10 cali. Z chyżości obrotów v (cali) i średnicy d otaczanego przedmiotu, otrzymuje się liczba obrotów wrzeciona w minucie:

$$u = \frac{60.\ v}{\pi.\ \delta} = 19{,}1\ \frac{v}{d}, \text{ np. dla żelaza kutego:}$$

$$u = \frac{76{,}4}{d} \text{ do } \frac{95{,}5}{d}, \text{ zaś dla miękkiego odlewu:}$$

$$u = \frac{38{,}2}{d} \text{ do } \frac{76{,}4}{d}.$$

Posuwanie się noża stalowego wynosi na 1 obrót $\sigma = 0{,}01$ do 0,05 cala zatém na minutę:

Fig. 478.

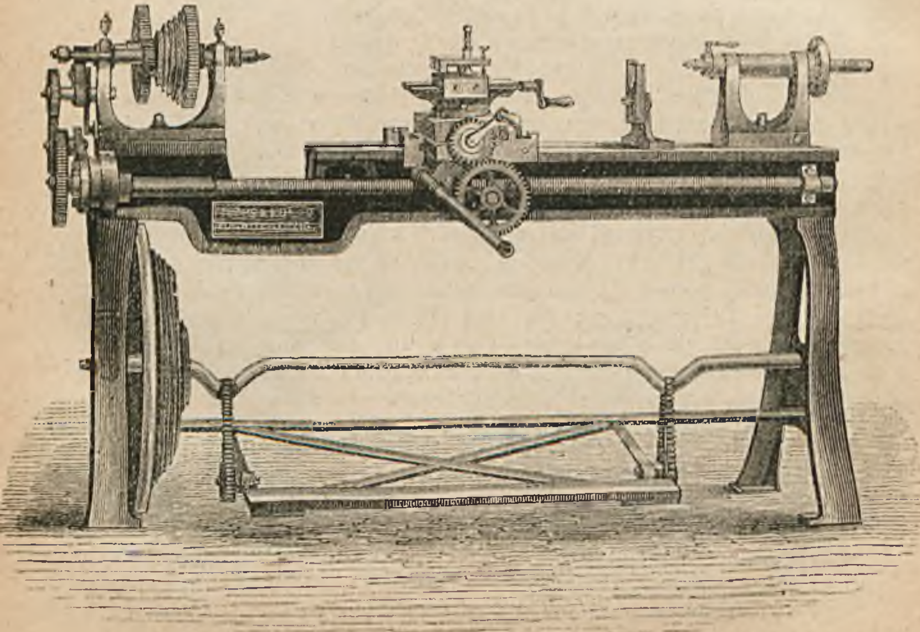


Fig. 479.

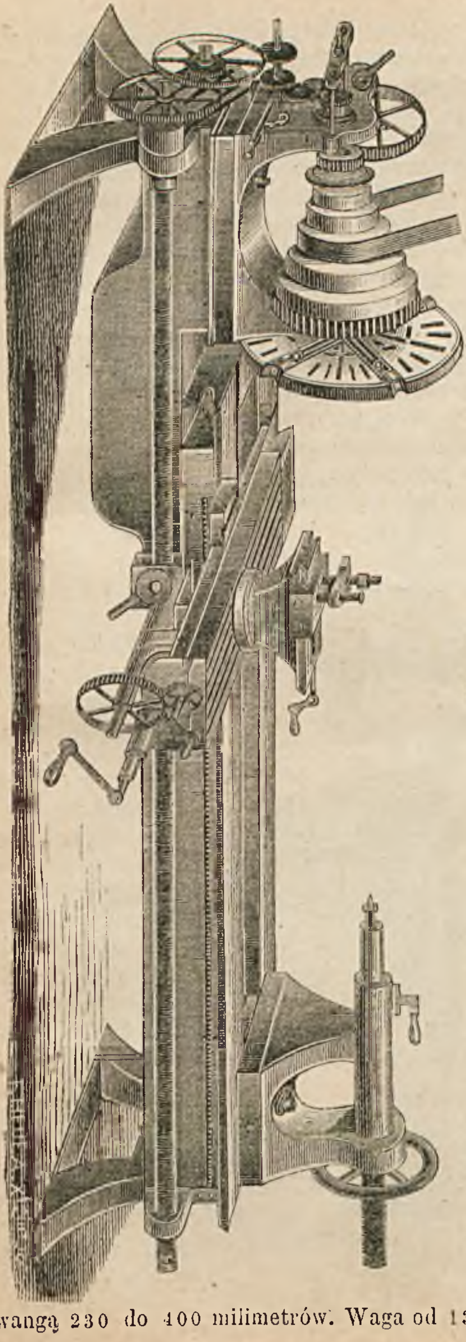


Fig. 480.

$s = \sigma . u = 0{,}01 . u = 0{,}191 \frac{v}{d}$ do $0{,}05\ u = 0{,}96 \frac{v}{d}$ cali.

Siłę do otaczania potrzebną, można wyrazić przez $P = 48000 . \sigma . \delta .$ funtów, gdy δ oznacza grubość wióra, wynoszącego stósownie do wielkości tokarni 0,25 do 0,75 cala. Wstawiając za $\sigma = 0{,}05$, otrzymamy $P = 600$ do 1800 funtów, następnie przy chyżości obwodowéj $v = 5$ cali, odpowiednią ilość pracy na sekundę:

$$L = \frac{P . v}{12} = 50 . P . v =$$

250 do 150. $P. v. = 750$ stopofuntów $= 0{,}50$ do 1,50 koni parowych, z powodów jednak różnych oporów ubocznych, należy brać 0,67 do 2 koni par.

Fig. 478, 479 i 480 przedstawiają typy różnych tokarni, najwięcéj używanych. Dwie pierwsze figury wyobrażają tokarnie używane w małych warsztatach mechanicznych, posiadając bowiem pedały, poruszane być mogą nogą rzemieślnika. Na tokarni Figura 479, jako posiadającéj śrubę pociągową, oprócz otaczania przedmiotów okrągłych i płaskich, można także i gwint wyrzynać podług skali Whitwortha. Tokarnia fig. 480 z śrubą pociągową do toczenia przedmiotów okrągłych, płaskich i do rznięcia gwintu podług skali Whitwortha, używaną jest po większych warsztatach mechanicznych i zastósowaną jest do poruszania siłą pary lub wody. Długość wangi wynosi od 2500 do 6,000 metrów. Odległość kernerów 1,400 do 4,400 metrów. Wysokość kernerów nad wangą 230 do 400 milimetrów. Waga od 1350 do 5200 kilogramów.

457. Wiertarnie. Maszyny tego rodzaju służą albo do wywiercenia tylko płytkiego otworu, lub też do wiercenia długiego, albo nakoniec do wywiercenia otworu w przedmiocie pełnym, jak np. przy wyrabianiu armat. Wiercenie krótkich cylindrów daje się bardzo łatwo uskutecznić na tokarni, umocowawszy przedmiot na planszajbie. Dłuższe zaś cylindry, np. cylindry parowe, wiercą czyli wytaczają się wewnątrz oddzielnemi maszynami, w których noże osadzone w łbie nożowym umieszczonym na kolumnie pionowéj, za pomocą przyrządu trybowego, wewnątrz téj kolumy działającego, odbywają ruch obrotowy i zarazem postępowy, cylinder zaś otaczany, utwierdzony jest stale na odpowiednim postumencie żelaznym. Łeb opatrzony jest zwykle 3-ma a nawet 7-ma nożami stalowymi.

Stosunki ruchu i siły są przy wierceniu prawie te same co i przy toczeniu, ale wartości bezwzględnéj chyżości są tu daleko mniéjsze, a mianowicie na 1 obrot przy odlewie żelaznym twardym $^1/_4$ do $^1/_2$, przy stali 1 do 1 $^1/_4$, przy miękkim odlewie żelaznym 1 $^1/_4$ do 2, przy żelazie kutém 2 do 3 $^1/_4$, przy mosiądzu i bronzie 4 do 6, a przy drzewie do 8 cali; gdy wielkość posunięcia się noża za każdym obrotem przedmiotu, może tylko wynosić 0,006 do 0,03 cala. Największéj siły potrzebują wiertarnie, na których uskutecznia się wiercenie armat. Armata obraca się zwykle około osi pozioméj, zaś wrzeciono z nożami, posuwa się wolno wewnątrz w kierunku osi. Przy 10 do 12 obrotach armaty w minucie czasu, potrzebna praca podnosi się od 3-ch do 5 koni parowych.

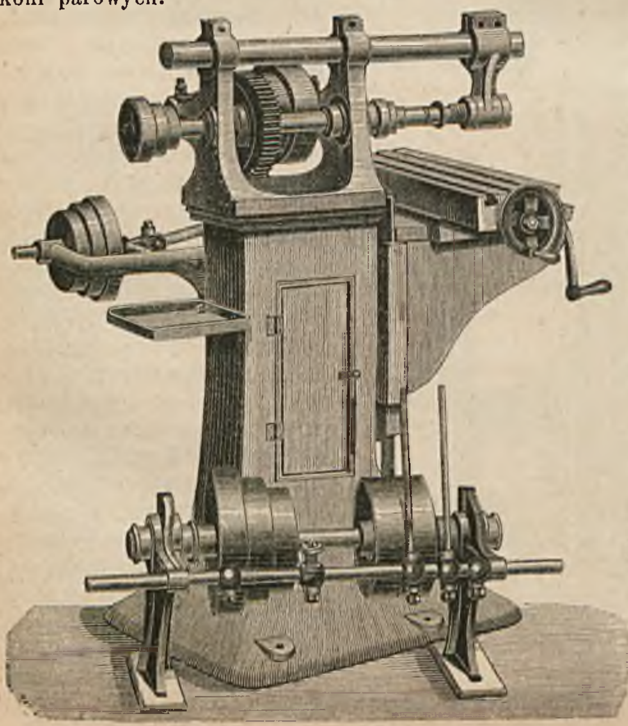


Fig. 481.

Wielkie śruby wykonywają się na tokarniach, za pomocą nożów odpowiednio do przekroju gwintu wyciętych i do supportu przymocowanych. Support ten z nożem za pomocą śruby nadającéj mu ruch, posuwa się naprzód. Przy robieniu mutry, nóż stalowy sięga wewnątrz téjże. Śruby mniéjsze gwintują się ręcznie za pomocą tak nazwanych sznajdklub i odpowiednich borów i bak. Używa się także do gwintowania śrub mniéjszych odpowiednich maszyn tak nazwanych *gwinciarek*;

gdzie śruba odbywa ruch obrotowy, zaś kluba śrubowa wraz z baką w niéj umocowaną, posuwa się ciągle naprzód; mutry zaś osadzają się w supporcie i gwintują się borami, odbywającymi ruch obrotowy.

Fig. 481 przedstawia maszynę do frezowania większych przedmiotów. Stół długi 600 millimetrów, a 210 millim. szeroki, prowadzi przedmiot na drodze, 250 millim. długiéj i sam się luzuje po uskutecznionéj robocie. Maszyna ta może być także bardzo skutecznie użytą jako pozioma *wiertarnia*, po usunięciu szpica utrzymującego doreń frezowy. Podstawa, na któréj umieszczona jest maszyna, stanowi jednocześnie skrzynkę, do zachowania narzędzi.

458. Maszyny do heblowania i do nutowania. Maszyny te obrabiają powierzchnię płaską, w kierunku linii prostéj; przedmiot obrabiany umocowany na stole ruchomym, odbywa ruchy tam i nazad pod nożem stalowym, osadzonym zawiasowo na supporcie, i odbywającym na śrubie ruchy boczne, w prawo albo w lewo, oraz wraz z supportem ruchy pionowe, do góry i na dół. Ruch stołu odbywa się za pomocą łańcucha bez końca, za pomocą sztangi zębatéj, za pomocą śruby, lub nakoniec za pomocą korby; który

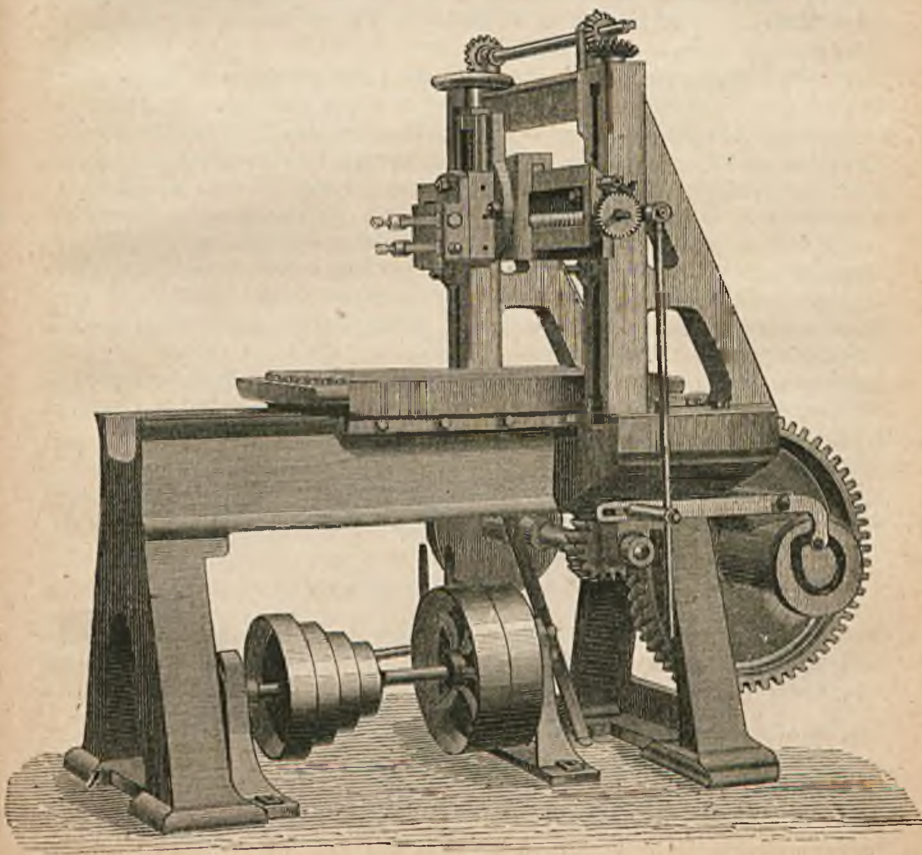


Fig. 482.

to ruch ostatni najczęściéj nadawany bywa maszynom do nutowania. Heblarnie płasko heblujące żelazo, z prędkością 3 do 4 cali, przy posunięciu bocznéın noża za każdym skokiem heblarni $\sigma = 0{,}015$ do $0{,}100$ cala, gdy grubość wióra $\delta = 0{,}15$ do $0{,}35$ cala, wymagają siły $P = 48000.\ \sigma.\delta.$ Biorąc dla $\sigma = 0{,}1$ a dla $\delta = 0{,}25$ cala, to $P = 1200$ funtów, a zatém praca potrzebna $L = P.\ v = 1200 \times \frac{4}{12} = 400$ stopofuntów, gdzie jednak z przyczyny różnych oporów ubocznych należy przyjąć siłę 1 konia parowego. Małe heblarki i nutmaszynki, odbywają ruchy prawie dwa razy szybsze niż wielkie heblarnie, przyczém ruchy boczne i szerokość wióra są za to o połowę mniéjsze, niż przy wielkich heblarniach.

Figura 482 wyobraża maszynę mimośrodkową do heblowania czyli wiórowania metali, mianowicie krótkich przedmiotów, gdyż ruch jéj jest bardzo szybki a przytém spokojny. Sztanga pociągowa daje się stósownie do potrzeby nastawiać. Support samodzielnie działający na obiedwie strony. Maszyna taka heblująca na długość 500 do 700 millimetrów, na szerokość 400 do 600 mm. a na wysokość 400 do 500 mm. waży od 750 do 1200 kilogramów.

Maszyny przedstawione na Figurach od 478 aż do 482, znajdują się na składzie p. H. *Somya* w Warszawie.

459. Ciągarnie do fabrykacyi drutu i rur. Wyciąganie na drut metali, odbywa się tym sposobem, że sztabę metalową, przeciąga się przez coraz mniéjsze otwory porobione w płycie żelaznéj stalowéj. Siła potrzebna do ciągnienia drutu, wzmaga się z twardością metalu, jak również i ze stosunkiem zachodzącym pomiędzy różnicą przekroju sztaby F przed wyciąganiem, a przekroju F_1 otworu, do pierwszego przekroju F. Prędkość ciągnienia jeżeli tylko nie przechodzi 1 do 2 stóp, nie wywiera żadnego wpływu, na siłę ciągnącą. Powtórne ciągnienie zmniéjsza rozciągliwość metalu, ale przez żarzenie podnosi się znów takową. Po rozżarzeniu (zglijowaniu), wytrzymałość drutu zmniéjsza się od 0,45 do 0,75 wytrzymałości przed rozżarzeniem, długość i gęstość materyału staje się mniejszą, ale za to grubość większą. Ciągliwość metalu, czyli stosunek siły ciągnącéj do wytrzymałości bezwzględnéj czyli zerwania (przy tym samym przekroju) dla rozżarzonego żelaza i stali $= 0{,}25$, przy wyciąganiu na twardo stali, żelaza, miedzi i mosiądzu $= 0{,}4$; przy wyciąganiu srebra i cynku $= 0{,}5$; przy wyciąganiu ołowiu $= 0{,}55$, cyny $= 0{,}85$. Przyczém przypuszczamy że grubość drutu po wyciągnieniu wynosi średnio 0,9 téj grubości jaką miał przed wyciąganiem, a zatém będzie stosunek:

$$\frac{F - F_1}{F} = 1 - 0{,}81 = 0{,}19.$$

Jeżeli γ przedstawia spółczynnik wzięty z doświadczenia, F przekrój, a K zamiennik wytrzymałości bezwzględnéj materyału przed wyciąganiem, otrzymamy siłę potrzebną do wyciągania drutu gdy $P = \gamma.\ F.\ K.$, np. dla twardego drutu żelaznego na 0,1 cala grubego, będzie $P = 0{,}4.\ \frac{(0{,}1)^2\ \pi}{4} \times 90000 = 283$ funtów.

Ilość pracy do ciągnienia drutu potrzebna, jeżeli z powodu oporów ubocznych weźmiemy $P = 2.\ \gamma.\ F.\ K = 56600.\ d^2$ funtów, to $L = \frac{P.\ v}{480} = 118.\ d^2.\ v$ koni parowych.

Na téj zasadzie obliczoną została następująca tablica:

Grubość drutu	Prędkość ciągnienia	Średnica tarczy	Liczba obrotów n	Siła ciągnąca	Wielkość pracy
0,30 cala	0,65 stóp	21 cali	7	5094	7 koni par.
0,25	0,85	18	11	3537	6,25
0,20	1,00	16	14	2264	4,75
0,15	1,50	14	21	1273,5	3,98
0,10	2.00	12	38	566,5	2,28
0,05	3,50	10	80	141,5	1,03
0,025	5,00	8	143	35,4	0,37

Możemy przyjąć z Karmarschem, że siła potrzebna do ciągnienia drutu mosiężnego wynosi $^7/_8$, zaś do ciągnienia drutu miedzianego $^2/_3$ siły potrzebnéj do ciągnienia drutu żelaznego. Sztaby metalowe, z których się drut wyrabia, są albo kute, albo walcowane, także z blachy krajane a nawet i lane, lub wprzódy odlane a potém przekuto. Grubsze gatunki drutu po przejściu przez 2 lub 4 otwory w piecach żarzystych (glijowych) należy wyżarzyć, tamując przystęp powietrza. Przy wyrabianiu drutu na 3 do 4 linij grubości, należy go przeciągnąć 12 do 16 razy, i 4 razy wyżarzyć; drut zaś na $^1/_8$ linii grubości, winien przejść przez 30 do 40 otworów, ale może tylko być dwa razy żarzony. Drut wyżarzony należy oczyścić wprzódy z zendry za pomocą bejcy (1 część witryoleju, na 100 części wody) nim się go przez ciągarnię przepuści.

Drut jak wiadomo w telegrafii elektrycznéj, w budowie mostów wiszących, w przeprowadzeniu ruchów na wielkie odległości za pomocą lin Hirna, oraz w rozlicznych przemysłowych zajęciach odgrywa bardzo ważną rolę. Sprowadzano go do kraju ciągle z zagranicy. Dopiero p. B. *Hantke* przemysłowiec tutejszy, założył przed kilku laty na wielką skalę fabrykę w Warszawie, która dostarcza obecnie drutu nie tylko telegrafom tutejszym, ale i w Cesarstwie, zatrudniając przytém znaczną ilość robotników.

Rury metalowe, albo się ciągną, walcują, albo wytłaczają. Aby się rury nie gniotły przy wyciąganiu albo walcowaniu, używa się w tym celu cylindra stalowego albo żelaznego, tak zwanego dornia, który wchodzi wewnątrz rury i razem z nią ciągniony jest kleszczami przez otwor płyty, nadającéj średnicę rurze. Rury mające przejść przez ciągarnię, albo się odlewają, lutują albo téż szwejsują.

Tylko z cyny i ołowiu, jako z metali miękkich dadzą się rury wytłaczać. Prasa składa się z cylindra czyli formy $1^1/_2$ do 3 stóp długości, 6 do 12 cali średnicy, oraz tłoka który za pomocą prasy hydraulicznéj lub przyrządu śrubowego, porusza się w tym cylindrze i wytłacza rury odpowiedniéj średnicy z massy wewnątrz cylindra będącéj, otworami w dnie cylindra umieszczonymi. Wytłaczanie ołowiu na gorąco, wymaga daleko mniéj siły, niż tłoczenie na zimno i dla tego téż pierwszy sposób postępowania jest więcéj upowszechniony niż drugi.

ROZDZIAŁ XXI.

OGRZEWANIE, PRZEWIETRZANIE I OŚWIETLANIE.

460. Ilość cieplika potrzebna do ogrzewania budowli. 1) *Ogrzewanie powietrza w lokalu.* Cieplik gatunkowy powietrza $= 0,2377$, a ciężar 1 metra sześciennego zimnego powietrza wraz z wodą w niém zawartą $=$ 1,3 kilogramów. Zatém 1 metr sześcienny takiego powietrza potrzebuje do ogrzania do temperatury t stopni Celsiusza, następującéj ilości cieplika:

$$1,3 \times 0,2377 . t = 0,31 . t \text{ cieplin.}$$

2) *Ogrzewanie przez wzgląd na ochłodzenie.* Aby temperatura pewnéj przestrzeni, pozostała zawsze ta sama, należy ciągle wprowadzać z aparatów ogrzewających pewną ilość ciepła, z uwagi, że zimne powietrze wciska się do téj przestrzeni: ścianami, drzwiami, oknami, sufitem i podłogą i obniża temperaturę zawartego w niéj ciepłego powietrza. Niechaj będzie:

M powierzchnia ścian ogrzanéj przestrzeni, z wyłączeniem otworów okiennych;

F summa powierzchni okien w téj przestrzeni;

e grubość murów;

t różnica temperatury wewnętrznego i zewnętrznego powietrza;

N liczba ludzi zajmujących lokal;

m, n, p, f liczby stałe;

w ilość cieplika potrzebnego na godzinę, to otrzymamy w miarach metrycznych i w stopniach Celsiusza:

$$w = f\left(\frac{m . n}{m . e + n} M + p . F\right) t - 45 . N.$$

dla muru z kamienia łamanego . . . . $m = 9$ . . $n = 0,80$
dla muru z cegły . . . . $m = 9$ . . $n = 0,68$
dla pojedynczych okien . . . . $p = 3,66$
dla dubeltowych okien . . . . $p = 2,0$
gdy palenie odbywa się ciągle . . . . $f = 1,0$
gdy palenie odbywa się tylko w dzień . . . . $f = 1,2.$

W budowlach, gdzie wszystkie piętra są ogrzewane, należy wziąźć pod rachunek tylko sufit ostatniego piętra. Podłogi zaś i ściany graniczące z innymi lokalami ogrzanymi, wypuszczają się z rachunku.

Przykład. W sali fabrycznéj niechaj:

powierzchnia . . . . $M = 1000$ m. □.
Grubość ścian z kamienia łamanego . . . $e = 0{,}6^m$
Całkowita powierzchnia okien . . . . . . $F = 60$ m. □.

Temperatura wewnętrzna 16^0, zaś zewnętrzna -14, zatém $t = 30$, to jeżeli lokal tylko w dzień będzie ogrzewany, otrzymamy ilość cieplika potrzebnego na godzinę:

$$W = 1{,}2\left(\frac{9 \times 0{,}8}{9 \times 0{,}6 + 0{,}8}\,1000 + 2 + 60\right)30 - 45 \times 35, \text{ czyli}$$

$$W = 41796 + 4320 - 1575 = 44541 \text{ cieplin.}$$

Jeżeli temperatura przez całe 12 godzin utrzymaną była w należytéj wysokości, to całkowita ilość cieplika wynosić będzie:

$$12 \times 44541 = 534492 \text{ cieplin.}$$

Jeden kilogram węgla kamiennego daje teoretycznie 7000 cieplin. Jeżeli z tego będzie spożytkowanych 4500 cieplin, to na godzinę potrzeba jest użyć węgla kamiennego:

$$44541 : 4500 = 10 \text{ kil.}$$

Jeżeli sala fabryczna zajmuje przestrzeń 1400 metrów sześciennych, to dla każdego metra sześciennego przestrzeni przy 1^0 różnicy temperatury, będzie potrzebna ilość ciepła na godzinę:

$$44541 : 30 \times 1400 = 1{,}06 \text{ cieplin.}$$

Do jednorazowego ogrzania powietrza, potrzeba:

$$0{,}31 \times 30 \times 1400 = 13020 \text{ cieplin.}$$

Jeżeli powietrze będzie się zmieniać 10 razy na dzień, to wentylacya potrzebuje dziennie cieplin 130200.

461. Ogrzewanie ciepłém powietrzem. W komorze murowanéj, mieszczącéj się zwykle w suterenie, znajduje się piec, w którym się odbywa palenie. Palące się gazy i czyste powietrze mające się niemi ogrzewać, oddzielone są od siebie systemem rur żelaznych.

a) Albo palące się gazy przepływają przez ów systemat rur, ogrzewają jego powierzchnię i uchodzą w stanie oziębionym do komina. Zimne a czyste powietrze wchodzi do komory, otacza owe ogrzane powierzchnie, zabiera im cieplik i przenosi osobnymi kanałami do przestrzeni, mających się ogrzewać.

b) Lub też palące się gazy otaczają od zewnątrz cały systemat rur, a zaś czyste powietrze cyrkuluje wewnątrz tychże. W tym drugim razie ściany komory ogrzewają się mocniéj, niż w pierwszym razie i traci się wiele cieplika przez oziębienie.

c) *Powierzchnia ogrzewalna.* Czyste powietrze wchodzi przy temperaturze 0^0 do pieca, opuszcza takowy przy temperaturze 60^0 i w takim stanie rozchodzi się kanałami i rurami do pojedynczych przestrzeni budowli. Gazy palące się na ruszcie mają mniéj więcéj temperaturę 1000^0, a powinny uchodzić w komin przy temperaturze mniéj więcéj 200^0. Średnia więc temperatura czystego powietrza wynosi 30^0, palących się gazów około 430^0, różnica zatém średnich temperatur wewnątrz i na zewnątrz systematu rurowego w piecu 400^0

Że zaś 1 m. □ żelaza lanego na 1 do $1{,}5^{cm}$ grubości, przy 1^0 różnicy temperatury zdolny jest przepuszczać w godzinie czasu 8 jednostek cieplika, otrzymamy więc:

Powierzchnię ogrzewalną $= \frac{w}{400 \times 8}$ metrów □; gdzie w wyraża ilość cieplika, potrzebnego na godzinę. Dla blachy żelaznéj należy liczbę 8 przez liczbę 6 zastąpić.

Podług Degena liczy się (bez zastósowania wentylacyi), na każde 1000 metrów sześciennych przestrzeni mającéj się ogrzać, 10 metrów □ powierzchni ogrzewalnéj, gdy rury stoją pionowo; a 12 do 15 metrów □ powierzchni ogrzewalnéj, gdy rury są leżące.

Przykład. Dla powyższéj zatém sali, byłaby potrzebna powierzchnia ogrzewalna:

44541 : 3200 = 13,9 metrów □. Czyni to 1 metr □ pow. ogrzewalnéj na 100 metrów sześciennych przestrzeni ogrzewanéj, nie licząc wentylacyi.

d) *Powierzchnia rusztu.* Daje się jéj $\frac{1}{80}$ do $\frac{1}{150}$ całkowitéj powierzchni ogrzewalnéj.

e) *Niedogodności w skutek wysokiéj temperatury pieca.* Jeżeli powierzchnia ogrzewalna zostanie bardzo rozpaloną, wtedy tworzą się szkodliwe gazy, w skutek spalenia i rozkładu organicznych części, unoszących się w powietrzu pod postacią pyłu; również na rozżarzonych powierzchniach rozkłada się woda, zawarta w powietrzu pod postacią pary, w skutek czego powietrze zanadto się osusza.

f) *Ciąg.* Gazy i dym powinny z większą prędkością wpływać do komina, niżeli czyste powietrze do przestrzeni ogrzewanych. Jeżeli bowiem nie zamkniemy dokładnie systemu rurowego w komorze ogrzewalnéj, to wtedy gazy pociągną z sobą nieco czystego powietrza do komina. Przeciwny wypadek, miéjsca mieć nie powinien. Im bardziéj ma być ogrzane czyste powietrze, a im zaś niższą ma być temperatura gazów cyrkulujących w rurach, tym więcéj należy się o to starać, aby krążenie obudwóch rodzajów powietrza, odbywało się w kierunkach przeciwnych. Kanały wprowadzające do lokali ogrzane powietrze, winny być zbudowane starannie. Jeżeli bowiem taki kanał rozdziela się na kilka gałęzi, a powietrze znajdzie w jednéj z nich cokolwiek tylko mniéj oporu niż w drugim, to tym drugim albo w małéj tylko ilości, albo całkiem płynąć nie będzie. Przekroje tych kanałów trzeba tak obliczyć, aby prędkość czystego powietrza w kanałach długich wynosiła najwyżéj 1 metr, a w krótkich najwyżéj 1,5 metrów, w sekundzie czasu.

Przekrój komina można wyznaczyć podług § 338.

Peclet bierze 0,01 m. □ przekroju komina, gdy

wysokość komina . . . . =	10^m	20^m	30^m
ilość węgla na godzinę . . . . =	$1{,}87_k$	$2{,}58_k$	$3{,}02^k$.

Przykład. Pewna budowla do ogrzania potrzebuje 44541 jednostek cieplika (cieplin) na godzinę. Temperatura zewnętrzna niechaj będzie 0^0, temperatura zaś w pokojach 16^0 C. Czyste powietrze w komorze ogrzewalnéj należy ogrzać do 60^0. Jakie należy dać wymiary kaloryferom ?

Powierzchnia ogrzewalna kaloryferów . . . . . 44541 : 3200 = 14^m □
Powietrze ogrzane ochładza się 60 — 16 . . . . = 44^0 C.
Metr sześcienny tego powietrza (téj saméj gęstości co w temper. 0^0), oddaje przy 1^0 oziębienia . . . . = 0,31 ciep.
Zatém 1 metr sześcienny tego powietrza przy 44^0 oziębienia, oddaje ilość cieplika . . . . 44 × 0,31 = 13,64 „
Przeto w god. czasu należy ogrzać zimn. powietrza 44541 : 13,64 = 3265 kil.
Objętość tego powietrza przy 60^0 . 3265 (1 + 0,00366 × 60) = 3980 „
Chyżość tego powietrza w kanałach na sekundę . . . . = $1,5^m$
Zatém przekrój kanału głównego . . . . . 3980 : 3600 × 1,5 = $0,74^m$ □
Ilość zużytego węgla na godzinę . . . . = 10 kil.
Jeżeli wysokość komina . . . . = 20 metr.

Wtedy przekrój jego podług Pecleta . . . . $\frac{10}{2,58} \times 0,01 = 0,04^m$ □.

462. Ogrzewanie parą. *Urządzenie ogólne.* Kocioł ustawia się w suterenie. Z niego rozchodzi się para osobnemi rurami do przestrzeni mających się ogrzewać. W tych przestrzeniach wpływa para do kondensatorów, które parę oziębiają i cieplik w niéj pozostały oddają przestrzeniom. Woda tworząca się w kondensatorach, wprowadza się na powrót do kotła.

Kocioł parowy. Konstrukcya, ognisko, ruszt i komin, te same co dla kotłów używanych do poruszania maszyn. Para ma zwykle 1,2 do 1,5 atmosfer ciśnienia. Jeden kilogram pary zawiera około 640 jednostek cieplika. Jeżeli woda skondensowana przy 100^0 cieplika, powraca do kotła, przeto 1 kilogram pary oddaje 540 jednostek cieplika. Gdy zatém *w* wyraża liczbę cieplin, jaką aparat w godzinie czasu dostarcza, zatém

$$\text{ilość pary w godzinie} = \frac{w}{540} \text{ cieplin.}$$

Liczy się zwyczajnie, że 1 metr □ powierzchni kotła dostarcza od 10 do 15 kilogramów pary w godzinie.

Rury rozprowadzające parę. Rura główna jako téż i boczne, prowadzące parę do kondensatorów, należy otoczyć złym przewodnikiem, aby się para w nich nie kondensowała. Aby się zaś woda w rurach nie zatrzymywała, daje się im spadek do kotła.

Kondensatory. Są to rury mające od 7 do 20^{cm} średnicy, które parę przyjmują i kondensują. Rury te bywają albo poziome (pod sufitem lokalu) albo pionowe. W tym drugim razie mają 2 do 2,5 metrów długości.

Rury żelazne lane kondensują w godzinie czasu na 1 metr □ powierzchni i przy 15^0 C. otaczającéj je przestrzeni 1,80 kilogr. pary. Zatém 1 metr □ powierzchni przepuszcza blizko 9 jednostek cieplika przy 1^0 różnicy temper.

Dobrze jest, kondensatorom w blizkości kotła parowego leżącym, dawać powierzchnię cokolwiek mniéjszą, niż kondensatorom daléj od kotła leżącym.

Przykład. Dla sali więc fabrycznéj wyżéj wymienionéj, byłoby potrzeba:
Ilości pary na godzinę . . . . 44541 : 540 = 82 kilogr.
Powierzchni ogrzewal. kotła . . . . 82 : 12 = 6,8 m. □
Powierzchnia kondensatorów . . . . 82 : 1,8 = 45,5 „
Zatém 1 m. □ kondensatora można ogrzać przy 30^0 różnicy temperatury . . . . 1400 : 45,5 = 31 m. kub.
Zwyczajnie przyjmuje się . . . . = 36 „

Zwracanie wody do kotła. Woda powstała z kondensacyi w rurach, winna napowrót wrócić do kotła jako woda zasilająca. Do tego służą rury parowe komunikacyjne, których średnice powinny mieć takie rozmiary, aby wprost przeciwna cyrkulacya pary i wody wzajemnie sobie nie przeszkadzała. Zwykle rury rozprowadzające parę na piętra, mają średnicę 3^{cm}, główna zaś rura w blizkości kotła opatrzona jest wentylem, który się wtedy otwiera, gdy ciśnienie wody na nim leżącéj jest większe od ciśnienia pary w kotle, a zamyka się znów wtedy, gdy rzecz ma się przeciwnie.

Kurki powietrzne. Rury i kondensatory zawierają w sobie zawsze pewną ilość atmosferycznego powietrza. Jeżeli więc para wypływa z kotła do rur, samo z siebie jest widoczném, że pędzi przed sobą powietrze, w tychże rurach zawarte. Jeżeli to powietrze nie napotka nigdzie ujścia na swéj drodze, to rury odleglejsze nie otrzymają dostatecznéj ilości pary a tém samém i mało cieplika oddawać mogą. Dla tego rzeczone powietrze prowadzi się osobnemi rurkami, mającemi $1{,}5^{cm}$ średnicy z odległych kondensatorów ku przestrzeni kotłowéj. Palacz otwiera te rurki w téjże saméj chwili, kiedy wpuszcza parę w rury i zamyka je znowu, skoro już z nich nie uchodzi powietrze, lecz para.

Wentyle powietrzne. Zwykle kocioł opatruje się wentylem, otwierającym się ku wewnątrz, gdy temperatura wody i pary w kotle zawartéj, opadnie poniżéj 90 stopni. Wtedy wpada zewnętrzne powietrze do kotła i zapobiega zgnieceniu kotła. Oprócz tego należy i kondensatory w takie wentyle opatrzyć, które zbudowane będąc z cienkiéj miedzianéj blachy, mogłyby być przez zewnętrzne ciśnienie powietrza zgniecione.

Kompensatory. Z powodu przedłużania i kurczenia się rur, przy gwałtowniejszych zmianach temperatury, dłuższe rury opatrzone są kompensatorami.

Zbiorniki cieplika. Należy kondensatory w taki urządzić sposób, aby w nich zostawało zawsze 20 do 60 litrów (kwart) wody. Taka woda, stanowi zbiornik cieplika. Przypuściwszy, że kondensator obejmuje 50 kilogramów wody temperatury 100^0, zaś temperatura otaczającego je powietrza 15^0, to może się woda ostudzić do 85^0, a zatém $85 \times 50 = 4250$ jednostek cieplika na zewnątrz oddawać

463. Ogrzewanie wodą przy nizkiém ciśnieniu. *Kocioł.* Kocioł jest zbudowany, jak zwyczajny kocioł parowy. Ponieważ ten kocioł napełniony jest całkowicie wodą, przeto cała jego powierzchnia może być uważana za powierzchnię ogrzewalną. Zbiornik wody zasilający kocioł, wzniesiony jest nad nim 20 metrów, zatém ciśnienie w kotle wynosi 2 atmosfery.

Ruch wody. Woda posiada najwyższą temperaturę 100^0 C. w kotle i w rurze rozprowadzającéj wodę po lokalach, w rurach zaś zwracających wodę do kotła przy samém ujściu do tegoż, 40^0 C. Zatém średnia temperatura wody w rurach powrotnych wynosi 70^0. Różnicy temperatur wody w rurze rozprowadzającéj i w rurach powrotnych, odpowiada także różnica gęstości wody, sprawiająca właśnie ruch wody w rurach.

Komunikacya. Budują się rury albo z blachy żelaznéj lub téż z żelaza lanego. Rur żelaznych lanych używa się tylko wtedy, gdy takowe muszą mieć wielką średnicę. Objętość tego naczynia, z powodu rozszerzania się wody w temperaturze 100^0 (Ob. § 291) powinna wynosić 0,045 objętości użytéj wody.

Powierzchnia ochładzająca. W przestrzeniach mających być ogrzanemi ustawiają się albo naczynia żelazne, przez które woda przepływa, lub téż urządza się komunikacyę rur rozprowadzoną w kilku skrętach po lokalu, które stanowią powierzchnię ochładzającą. Przez 1 metr □ żelaza przechodzi w godzinie czasu 9 jednostek cieplika przy 1^0 różnicy temperatury wewnątrz i na zewnątrz rury. Ta powierzchnia bywa 1,6 do 1,7 razy większą niż przy ogrzewaniu za pomocą pary.

Ponieważ woda przy naczyniu ekspansyjném jest najgorętsza, zatém téż i powierzchnia oziębiająca dla lokali w blizkości tego naczynia leżących, powinna być mniéjsza, niż tam gdzie oziębienie w rurach samo przez się doszło już pewnéj granicy.

464. Ogrzewanie wodą gorącą przy wysokiém ciśnieniu sposobem Perkinsa. *Rury ogrzewające.* W piecu umieszczony jest wąż złożony z rur mających 1 cal angielski średnicy zewnętrznéj czyli 25 millimetrów, zaś 6,5 millimetrów średnicy wewnętrznéj, a zatém grubość żelaza 6,5 millimetrów. W tych rurach ogrzewa się woda od 150^0 do 200^0 C. Ta ostatnia temperatura odpowiada ciśnieniu w rurach 15 atmosfer. Rury próbują się na 200 atmosfer ciśnienia.

Krążenie wody. Rury rozprowadzające wodę gorącą i rury powrotne, są tak samo urządzone jak rury ogrzewające. Przyrząd ekspansyjny, jest tutaj zamknięty. Co 6 lub 8 dni należy do niego dopuścić wody. Rury oziębiające mają powierzchnię równą 0,6 rur ogrzewających parą, a powierzchnia rur ogrzewających jest $^1/_6$ powierzchni rur oziębiających. Całkowita długość węża (spirali), nie powinna 200^m przechodzić.

Liczy się tutaj 1 m. □ rur oziębiających na każde 55 metrów sześciennych przestrzeni ogrzewanéj przy 30^0 różnicy temperatury wewnątrz i zewnątrz lokalu.

465. Wentylacya. *Potrzeba świeżego powietrza.* Czyste atmosferyczne powietrze składa się pod względem objętości z 21 części kwasorodu i 79 części azotu. Powietrze zawiera średnio 0,0005 kwasu węglowego pod względem objętości. Jeżeli się 10 razy zwiększy ilość kwasu węglowego (w skutek spalenia kwasorodu), to jest jeżeli dosięgnie 0,005 objętości powietrza, zaczyna wtedy szkodliwie działać na zdrowie ludzkie. Ponieważ człowiek w godzinie czasu przez płuca i skórę oddaje na zewnątrz 25 litrów kwasu węglowego, zatém zepsuje on w godzinie czasu

25 : 0,005 = 5000 litrów = 5 metrów sześciennych powietrza, szkodliwie działającego na zdrowie ludzkie.

Zwykle dla odświeżenia zepsutego przez ludzi w lokalach powietrza, wprowadza się w godzinie czasu na jednego człowieka świeżego powietrza:

W szkołach, koszarach, fabrykach . .	10 — 12	metrów kub.
W szpitalach w czasach zwyczajnych . .	20 — 40	„
„ „ epidemii . . .	60 — 100	„

W skutek oświetlenia pewnéj przestrzeni, powietrze także ulega zepsuciu przez spalenie kwasorodu, w nim zawartego. Świeca stearynowa zużywa połowę, a jeden płomień gazowy 3 razy tyle ilości powietrza, ile go jeden człowiek w tymże samym czasie spotrzebuje.

Urządzenie wentylacyi w ogólności. Zapomocą wentylacyi usuwa się z lokalów zepsute powietrze, a natomiast wprowadza się świéże. W lokalach, w których wiele ludzi przez dłuższy czas przebywa, otwieranie drzwi i okien, czyli wentylacya naturalna, nie jest wystarczającą. Są w takich razach potrzebne osobne otwory, któremiby zepsute powietrze wypuszczać, a świeże wprowadzać było można. Otwory te winny być w taki sposób urządzone, aby krążące prądy powietrza, nie dały się uczuwać mieszkańcom. Zasuwki zaś i klapy, należy w takich miejscach umieścić, aby łatwo było niemi regulować i takowe zamykać.

Wentylacya przez uprowadzanie zepsutego powietrza, za pomocą ogrzewania. *a*) Buduje się komin i utrzymuje się ciągły ogień albo płomień w tém miejscu, gdzie zepsute powietrze do niego wpływa. Za pomocą 1 metra sześciennego gazu oświetlającego podług Morina, można uprowadzić kominem z gładkich glinianych rur zbudowanym, $0{,}3^m$ szerokim, a 20^m wysokim, 7000 metrów sześciennych zepsutego powietrza.

b) Ustawia się dwie rury lub kominy współśrodkowo jeden w drugim. Komin wewnętrzny uprowadza dym z ogniska na zewnątrz. Komin zewnętrzny czyli aspiracyjny opatrzony jest otworami na każdém piętrze, któremi wpływa zepsute powietrze z lokali. Jeżeli jest komin wewnętrzny gorący, to ogrzewa się od niego zepsute powietrze w kominie zewnętrznym i uchodzi na zewnątrz.

c) Nad źródłami cieplika, np. nad lampami wiszącemi i nad żyrandolami, daje się kanały uprowadzające zepsute powietrze. Ten ostatni sposób wentylacyi używany bywa pospolicie latem.

Wentylacya za pomocą mechanicznych przyrządów. *a*) Wyciąga się za pomocą wentylatora zepsute z lokalu powietrze, a wpuszcza się świeże od strony przeciwnéj.

b) Wtłacza się za pomocą wentylatora świeże do lokalu powietrze a uprowadza się zepsute od strony przeciwnéj. System wyciągania powietrza jest w ogóle korzystniejszym od systemu wtłaczania. Większe wentylatory mogą być wygodnie i niekosztownie użyte w zakładach, które do innych celów, posiadają już siłę pary lub wody.

Wentylacya mająca na celu suszenie. Im wyższą jest temperatura pewnego lokalu, tym więcéj pary wodnéj może pochłaniać powietrze, zanim się nią nie nasyci. Ilość pary, na każdy metr sześcienny powietrza, wynosi w stanie nasyconym:

Przy temperaturze	0	10	20	30	40	50	stopni C.
Ilość pary wodnéj	4,9	9,4	17	30	51	83	grammów.

Jeżeli więc powietrze ogrzaném zostanie od 10^0 do 40^0, to każdy metr sześcienny powietrza może przyjąć w siebie $51 - 9{,}4 = 41{,}6$ grammów wody i za pomocą wentylacyi lokalu usunąć [1]).

466. Oświetlanie gazem. 1) *Wybór węgla kamiennego.* Węgiel kamienny sproszkowany i poddany żarzeniu w tyglu zamkniętym, stósownie do gatunku przedstawiać będzie rozmaite własności. Jedne się wzdymają, tworząc jedną stałą massę (Backkohlen); drugie łączą się bardzo mało z sobą i wcale się nie wzdymają (Sinterkohlen); a trzeci gatunek wcale się z sobą nie łączy (Sandkohlen). Własność ta polega na stosunku wodorodu do kwasorodu (tlenu) w nim zawartego. Stosunek ten co do ciężaru wynosi, dla pierwszego

---

[1]) Obacz: „Principien der Ventilation und Luftheizung, nebst Anleitung zur Verhütung des Rauchens der Stubenofen und Kochherde“ von Adolf Wolpert; Braunschweig, 1860.

gatunku węgla (Backkohlen) 1 : 1 aż do 2; dla drugiego gatunku (Sinterkohlen) 1 : 2 aż do 3; a dla trzeciego gatunku (Sandkohlen) 1 : 3 i wyżéj. Tylko gatunek pierwszy (Backkohlen-Kannelkohlen) jest zdatny, z powodu wielkiéj zawartości w sobie wodorodu, do fabrykacyi gazu oświetlającego.

2) *Destyllacya.* Węgiel kamienny ładuje się w retorty i poddaje przez ogrzanie suchéj destyllacyi. Przyczém tworzą się w skutek rozkładu następujące ciała: Gaz oświetlający (Gaz olejny, wodorodny nadwęglisty), gaz kopalniany albo bagnisty, niedokwas węgla, wodoród, pary smołowe i wodne, amoniak, podwójny wodosiarkan amoniaku, kwas węglowy i azot czyli saletroród. Podług p. Henry, stosunek głównych części składowych jest następujący,

Czas trwania destyllacyi	Ciężar gatunkowy	Ze 100 części objętości gazu z węgla Wigan-Kannel, otrzymano:				
		Gazu oświetlającego	Gazu kopalnianego	Niedokwasu węgla	Wodorodu	Azotu
	0,650	13	82,5	3,2	5	1,3
W pierwszych godzinach .	0,620	12	72,0	1,9	8,8	5,3
	0,630	12	58,0	12,3	16	1,7
W 5 godzinach . . .	0,500	7	56,0	11,0	21,3	4,7
W 10 godzinach . . .	0,345	0	20,0	10,0	60	10.

A zatém jak widzimy z téj tablicy, z długością trwania destyllacyi zmienia się stosunek głównych części składowych, na niekorzyść części oświetlających.

Jeżeli ogrzanie węgla jest słabe, otrzymuje się tylko parę wodną i smołę kamienną; w ogniu koloru wiśniowego (900 do 1000° C.) tworzy się największa ilość gazu oświetlającego; a w ogniu białym, już się tego gazu nie otrzymuje wcale. Po ukończeniu destyllacyi z 1 kilograma węgla kamiennego zostaje w retorcie 0,5 do 0,75 kilograma koksu. Do destyllacyi 1 kilogr. węgla kamiennego, potrzeba jest użyć do opalania pieców retortowych 0,24 kilog. takiego koksu przy wielkich urządzeniach, zaś 0,35 kilogr. przy urządzeniach mniéjszych.

3) *Retorty.* Są to poziome, wiatrotrwałe rury 1,2 do 2,5 metrów długości i 1 do 3,5 metrów □ powierzchni wewnętrznéj. Na każdy metr □ téj powierzchni, liczy się 22 do 28 kilogramów węgla kamiennego.

4) *Powierzchnia rusztów.* Jeden kilogram węgla kamiennego potrzebuje do destyllacyi około 0,28 kilogramów koksu. Retorta mająca 3,25 metrów □ wewnętrznéj powierzchni, może objąć 26 kilogramów węgla kamiennego, gdzie przez 5 godzin zostają. Zatém na 1 metr □ powierzchni retorty i przez 1 godzinę palenia, potrzeba jest:

$$\text{paliwa} = \frac{26 \times 0,38}{3,25 \times 5} = 0,448 \text{ kilogr. koksu.}$$

Na 1 metrze kwadr. powierzchni rusztu, spali się w godzinie czasu około 27 kilogr. koksu, zatém na 1 metr □ powierzchni retorty, wypada:

$$\text{Powierzchni rusztu } 0,448 : 27 = \frac{1}{60} \text{ metra } \square.$$

5) *Forlaga.* Z retort udają się gazy do tak zwanéj forlagi, czyli zbiornika poziomego, do połowy napełnionego wodą. Tutaj smoła kamienna osiada na powierzchni wody, zkąd uprowadza się ją do dołu umieszczonego na boku. Forlaga powinna mieć mniéj więcéj połowę objętości retort.

6) *Kondensator.* Gazy z powyższéj forlagi spływają do systemu pionowego rur, z których każda z nich zatopiona jest w wodzie zbieralnika wiatrotrwałego. Gaz zmuszony jest krążyć przez owe rury i wodę, gdzie się ochładza i pary osadza. Powierzchnia owych rur winna wynosić $^1/_3$ część wewnętrznéj powierzchni retort.

7) *Ekshaustor.* Gaz w drodze swojej wyszedłszy z retorty i przechodząc przez forlagę i oraz kondensator, musi pokonywać rozmaite napotykane opory. Co sprawia zwiększenie prężenia w retortach, stratę na gazie i tworzenie się grafitu. W tym zatém celu używa się ekshaustora, który gazy wyciąga z kondensatora i jego ciśnienie w retortach, równoważy z zewnętrznćm powietrzem atmosferycznćm. Urządzenie takie, podług Andersona, stanowi pompa, działająca w taki sam sposób jak miechy cylindrowe. Należy się jedak o to starać. aby ekshaustor mniéj więcéj pracował odpowiednio do produkcyi gazu.

8) *Przyrząd do oczyszczania gazu.* Gazy z kondensatora udają się do naczynia szczelnie zamkniętego, posiadającego kilkanaście sit po nad sobą ustawionych, i pokrytych wilgotnym, gaszonym proszkiem wapiennym. W czasie przepływania gazu przez sita, wapno pochłania w sobie nieczyste części składowe (amonijak, kwas węglowy, podwójny wodosiarkan amoniaku etc). Powierzchnia sit powinna się równać $^1/_2$ do $^3/_4$ powierzchni wewnętrznéj retort. Przyrząd ten połączony jest także z innym przyrządem, który się *skruberem* nazywa. Gazy z poprzedniego aparatu przechodzą jeszcze przez skruber, napełniony drobnymi kawałkami koksu, który się często odwilża. Gaz przeszedłszy przez ten ostatni aparat, oczyszcza się zupełnie ze smoły kamiennéj.

9) *Gazometr.* Tak oczyszczony gaz uprowadza się do gazometru. Jest to wodotrwały, cylindrowy wądół napełniony wodą, w któréj zanurza się cylindrowy płaszcz blaszany. Gaz zbiera się pomiędzy powierzchnią wody a powierzchnią płaszcza, a w skutek ciężaru płaszcza doznaje od niego ciśnienia, które to ciśnienie reguluje się za pomocą przeciwciężarów zawieszonych na tym płaszczu. Ciśnienie to mierzy się za pomocą manometru szklannego, napełnionego zabarwioną wodą.

Jeżeli: G oznacza zużycie gazu w metrach sześcien. w godzinie czasu, t liczbę godzin w których się gaz pali, podczas dni najkrótszych, V objętość gazometru, to będzie Gt wyrażać największe zużycie gazu, a zatém i ilość gazu, jaką zakład gazowy winien w 24 godzinach dostarczyć. Zatém zakład dostarcza w 1 godzine $\frac{1}{24}$ Gt, a w $(24—t)$ godzinach, dostarcza ilość gazu:

$$V = Gt\left(\frac{24-t}{24}\right).$$

10) *Regulator.* Ustawia się między gazometrem i początkiem rur rozprowadzających gaz po zakładzie lub po mieście, aby tenże gaz wchodził do rur przy odpowiedniém ciśnieniu. Jest to gazometr na małą skalę, w którym otwór wchodowy zwęża się za pomocą stożka, gdy się dzwon gazowy wznosi do góry, t. j. gdy gaz uchodzi z gazometru pod ciśnieniem za wielkiem, a rozszerza się, gdy gaz uchodzi z gazometru pod ciśnieniem za nizkiém.

11) *Komunikacya gazowa.* Im rury będą szersze, tym mniéjsze będzie tarcie gazu o ich ściany, o tyle więc będzie mniéjszą strata ciśnienia, i o tyle

mniéj należy gazometr obciążać, aby gaz z należytą chyżością do palników wypływał. Gaz w zakładach miejskich wypływa pod ciśnieniem najwyżéj 15^{cm} kolumny wody, zwyczajnie zaś pod ciśnieniem 10^{cm}, mając przy takiém ciśnieniu chyżości 2,5 do 3^{m} na sekundę. W rurach zaś bocznych, w pobliżu których ustawione są palniki, wszelako przed zegarem gazowym, ciśnienie 1,6 do 18^{cm} jest dostateczne. Zegar gazowy sprawia stratę w ciśnieniu na 3 do 5 millimetrów. Ciśnienie powietrza atmosferycznego, zmniéjsza się od dołu do góry. Jeżeli więc gaz na pewném miéjscu ma ciśnienie względne 5^{cm}, to ciśnienie to będzie się zwiększać, w miarę podnoszenia się komunikacyi, a przeciwnie będzie się zmniéjszać, w miarę zniżania się komunikacyi. Różnicy w wysokości komunikacyi 1^{m}, odpowiada ciśnienie względne dodatnie albo ujemne $0{,}058^{cm}$, gdy gaz posiada ciężar gatunkowy = 0,55 (gdy powietrze = 1). Na tę okoliczność przy zakładaniu rur komunikacyjnych, należy zwracać uwagę. Przy wązkich komunikacyach, aż do 36 millimetrów średnicy, używa się rur ciągnionych z kutego żelaza lub téż rur ołowianych; zaś do komunikacyj szerszych, używa się rur żelaznych lanych.

12) *Zegar gazowy* (*Compteur*). Nim gaz opuści zakład gazowy, bywa odmierzonym. Również mierzą się i te ilości gazu, które rozprowadzają się po domach prywatnych, gdyż podług tego układa się rachunki dla konsumentów, za zużycie gazu. Te miary wykazują także straty, pochodzące z nieszczelności rur. Budowa zegarów gazowych jest bardzo rozmaita. Bywają gazomiary suche i wilgotne. Wilgotne czyli płynne, mają kółko łopatkowe o 4 przedziałach, z których dwa dolne zanurzone są w wodzie. Jeżeli taka przestrzeń napełni się gazem, to kółko podnosi ją do góry, gdzie gaz do palnika uchodzi. Z objętości przestrzeni łopatek i liczby obrotów kółka, otrzymuje się objętość gazu. Każdy zegar gazowy przed jego użyciem, ulega wprzódy sprawdzeniu czyli weryfikacyi [1]).

13) *Palniki.* Każdéj formie palnika, odpowiada pewna najkorzystniéjsza wysokość płomienia. Ta najkorzystniéjsza wysokość, ma miéjsce pomiędzy 8 a 13^{cm}.

Christison i Turner dla najkorzystniejszych wysokości, podają co następuje:

Palniki	Strumień pojedynczy	Palnik nietoperzowy		Palnik ogona ryby	Palnik argancki	
		mały	wielki		z 24 otworami	z 42 otworami
Moc światła z téj saméj ilości gazu	100	135	164	138	183,5	182,3

---

[1]) Obacz: *Przyrządy do mierzenia gazu* (Gasmesser), w dziele Rühlmanna: „Allgemeine Machinenlehre", Tom 1, str. 121. Braunschweig, 1863; gdzie znajduje się rysunek i opis szczegółowy tego aparatu.

14) *Ilość godzin oświetlanych w ciągu całego roku, z włączeniem niedziel i świąt.*

	Styczeń	Luty	Marzec	Kwiecień	Maj	Czerwiec	Lipiec	Sierpień	Wrzesień	Paździer.	Listopad	Grudzień	Ogółem
Do świtania od													
god. 4 rano	137	98	71	28	2	—	—	16	48	80	110	137	727
5 ,,	106	70	40	3	—	—	—	—	18	49	80	106	472
6 ,,	75	42	9	—	—	—	—	—	—	18	50	75	269
7 ,,	44	14	—	—	—	—	—	—	—	—	20	44	122
Od zmierzchu													
aż do 6 w.	65	33	4	—	—	—	—	—	2	31	62	80	277
7 ,,	96	61	31	4	—	—	—	14	22	62	92	111	493
8 ,,	127	89	62	28	4	—	—	40	52	93	122	142	759
9 ,,	158	117	93	58	29	8	13	71	82	124	152	173	1178
10 ,,	189	145	124	88	60	38	44	102	112	155	182	204	1443
11 ,,	220	173	155	118	91	68	75	133	142	186	212	235	1808
12 ,,	251	201	186	148	122	98	106	164	172	217	242	266	2173
Całą noc .	512	411	382	295	242	195	217	307	345	421	473	527	4327

15) *Wymierzanie mocy światła.* Światło, jakie rzuca płomień na jakikolwiek przedmiot, zmniéjsza się w stosunku kwadratu z odległości; t. j. że np. dla dwa razy większéj odległości, potrzeba jest 4 razy silniéjszego płomienia, aby to samo oświetlenie otrzymać. Na téj zasadzie opierają się różne instrumenta *fotometrami* zwane, do mierzenia mocy światła służące. Własność fotometru Rumforda (Fig. 483), polega na tém, że cień jaki rzuca ciało nieprzezroczyste na pewną płaszczyznę, tém będzie czarniéjszy, im mocniéj ta płaszczyzna oświetloną została; jak niemniéj, że równoczarne cienie, oznaczają jednakową moc światła. Przyrząd ten składa się z poziomo ustawionego stołu,

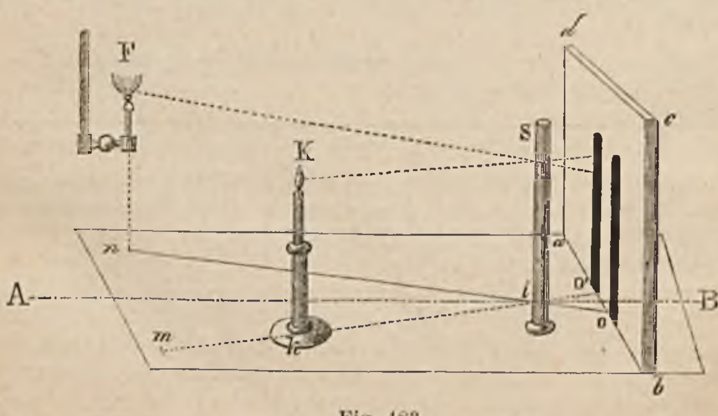


Fig. 483.

około 2 metry długiego, z płaszczyzny *a b c d* pionowo stojącéj i naciągniętéj białym papierem i słupka *S* ustawionego pionowo, niedaleko od płaszczyzny pionowéj, w punkcie i na linii $A\ B$ przechodzącéj przez środek stołu. Przyrząd ten wnosi się do pokoju zupełnie ciemnego, nad punktem n ustawia się płomień gazowy F mający być wymierzonym; w punkcie K ustawia się świeca zapalona tak, aby się znajdowała na linii $m\ i\ o'$, tworzącéj z liniją $A\ B$ kąt równy kątowi utworzonemu przez liniję $n\ i\ o$. Świéca ta wziętą tu jest za jednostkę mocy światła. Słupek $i\ S$ oświetlony z jednéj strony świecą K rzuci cień w punkcie o' na płaszczyznę $a\ b\ c\ d$, zaś oświetlony płomieniem gazowym F, rzuci cień w punkcie o na tęż samą płaszczyznę. Im świecę K przysuwać będziemy bliżéj do płaszczyzny, tém cień w o' będzie czarniéjszy; przesuwając zatém świécę po linii $m\ i\ o$ to daléj to bliżéj płaszczyzny pionowéj, natrafimy wreszcie na punkt taki, że oba cienie w o' i o będą sobie równe. Natężenia więc płomieni F i K będą się mieć do siebie, jak kwadraty z odległości.

Przykład. Niechaj odległość światła gazowego F od cienia $=$ 2 metry; odległość świécy od swego cienia (gdy cienie są jednakiéj mocy) $= 0{,}9^m$; jaką moc posiada światło gazowe?

Będzie więc: $F : K = 2^2 : 0{,}9^2$, zkąd $F = 4{,}95\ K$, to jest, że światło gazowe jest 4,95 czyli blizko 5 razy silniéjsze od płomienia świécy K.

16) *Otrzymana ilość gazu* z 1 kilogramu węgla kamiennego:

	Ciężar gatunkowy	Ciężkie węglowodory	Ilość gazu w litrach
Z Saar	0,473	0,0603	272
Zwikau	0,600	—	230
Wigan	0,518	0,1468	—
Newcastle . . .	0,601	0,2229	283
Boghead	0,694	0,3019	424.

Podług doświadczenia Regnaulta, dokonanego w Sevres w r. 1854, 100 kilogramów węgla wydały:

Koksu	75,45	kilogramów.
Smoły kamiennéj . . .	6,73	,,
Wody amonijakowéj . . .	7,31	,,
Gazu	10,51	,,
Razem .	100	kilogramów.

Otrzymano gazu podług objętości . 22,94 metrów sześciennych
Przyczém zużyto koksu . . 20,43 kilogramów.

Przykład oświetlenia Boghead-gazem. Fabryka idąca od 5 z rana do 7 godziny wieczorem, ma być opatrzona 150 płomieniami, posiadającymi moc światła po 6 świéc stearynowych. Jak sobie postąpić z takiém urządzeniem?

Godziny oświetlenia. Liczba godzin oświetlanych w całym roku $472 + 493 = 965$, a po odjęciu niedziel i świąt $965 \times {}^5/_6 = 804$.

Największa liczba godzin oświetlonych (w grudniu) $\dfrac{106 + 111}{31 \text{ dni}} = 7$god.

Konsumcya gazu. 38 litrów Boghead-gazu spalonego w godzinie czasu, dają moc światła $=$ 8 świécom stearynowym; zatém na jeden płomień o sile 6 świéc stearynowych, potrzeba jest ${}^6/_8 \cdot 38 = 28{,}5$ litrów gazu na 1 godzinę, na 150 zatém palników potrzeba:

Ilości gazu w najkrótszych dniach $28{,}5 \cdot 7 \cdot 150 = 29925$ litrów.
Ilość gazu na cały rok . . . $28{,}5 \cdot 804 \cdot 150 = 3437100$ litrów.

Ilość zużytego węgla. 1 kilogram węgla kamiennego daje 424 litrów gazu, zatém w dniu najkrótszym potrzeba jest węgla = 29925 : 424 = 71 kilogramów, zatém na cały rok 3437100 : 424 = 8100 kilogramów.

Retorty. Ilość gazu na dwudniową potrzebę, otrzymać można z dwóch destyllacyi po sobie idących.

Zatém do jednéj destyllacyi ładuje się retorty 71 kilogramami węgla, do czego bierze się 3 małe retorty, z powierzchnią wewnętrzną od 0,9 do 1 metra □.

Gazometr. Winien w sobie pomieścić gazu na dwudniową konsumcyę, zatém powinien mieć objętości 59850 litrów. Przyjmując wysokość jego = 30 decimetrów, to przekrój = 1995 decimetrów □, a zatém średnica 50,4 decimetrów.

Komunikacya gazowa. Ilość zużytego gazu na godzinę 150. 28,5 = 4275 litrów; zatém średnica główněj rury winna się równać 40 millimetrom. Jeżeli 150 płomieni rozdzielone są jednostajnie na 3 sale robocze, to pierwsza część trzecia na każdém piętrze powinna przeprowadzić gazu 1425 litrów w godzinie czasu, druga trzecia część 950 litrów, a ostatnia 475 litrów. Należy więc rurom w pierwszym razie dać średnicę około 23, w drugim razie 18,5, w trzecim razie 13 millimetrów. Rurki zaś rozprowadzające gaz do palników, przy niewielkiéj długości winny posiadać średnicę 5 do 6 millimetrów; zaś gdy długość tych rurek jest większa 7 do 8 millimetrów.

ROZDZIAŁ XXII.

PRZEMYSŁ GOSPODARCZY I MACHINY ROLNICZE.

---

467. Gorzelnictwo. Do mieszania zacieru, do pompowania zimnéj wody, zacieru, płókania kartofli, gniecenia słodu i gotowanych w parniku kartofli, wentylowania chłodnicy, do zasilania kotła parowego i do pompowania wywaru, przy fabrykacyi pospiesznéj potrzeba użyć maszyny parowéj 8-konnéj, a przy powolniéjszéj 4 — 6 konnéj. Przy pomocy maszyny 8-konnéj, można dziennie to jest w ciągu 10 do 12 godzin pracy przerobić kartofli korcy 100, a pracując zarazem i w nocy można przerobić korcy 160. Najmniéjsza gorzelnia na korcy 30 do 40 dziennéj produkcyi, zużywa siłę 4 koni parowych. Maszyna parowa w gorzelni porusza także mały kamień młyński albo śrótownik.

Dla przeróbki dziennéj korcy 40 kartofli, potrzeba jest kotła mającego powierzchni ogrzewalnéj 250 stóp □, przy opalaniu takowego węglem kamiennym. Przy opalaniu kotła węglem brunatnym, należy tę powierzchnię powiększyć o 10 do 20 procentów.

Tak w gorzelniach jako i w cukrowniach używane są powszechnie maszyny parowe wysokiego ciśnienia, gdzie zużyta para przez maszynę, służy jeszcze do gotowania kartofli a w cukrowniach soków. Płuczka do kartofli opatrzona przyrządem do usuwania kamieni, ustawia się zwykle na dole, zkąd elewator podnosi kartofle do parników, zbudowanych z blachy żelaznéj. Bardzo praktycznemi okazały się chłodnice żelazne lane, złożone z wielkich i cienkich płyt z żelaza lanego, udychtowanych sznurkiem gumowym.

Gorzelnie produkujące wódkę ze zboża, wymagają daleko większéj siły poruszającéj, niż gorzelnie przerabiające kartofle. Samo z siebie się rozumié, że maszyna parowa musi posiadać siłę daleko większą, jeżeli oprócz gorzelni, ma jeszcze poruszać młocarnię, sieczkarnię, maszynę do krajania buraków i t.p. W wielu razach używa się tutaj liny drucianéj, przy pomocy któréj można maszyny powyższe ustawić z daleka od kotła parowego, aby nie spowodować pożaru w gospodarskich budynkach.

468. Browary. *Wyrób piwa zwyczajnego.* Kadź zacierna w środku dna, winna mieć miedziany lub żelazny durszlak do odcieku brzęczki, a pod tym durszlakiem dwie rury z kranami, a pod tymi kranami korytko, którym przy pomocy pompki ręcznéj dostaje się brzęczka do kotła. Odgotowane piwo idzie na chłodniki. Jeżeli te ostatnie ustawione są w równéj wysokości z kotłem, piwo wypuszcza się z kotła na chłodniki za pomocą rynny, a jeżeli chłodniki ustawione są wyżéj nad kotłem, pompuje się wtedy piwo pompą żelazną.

Izba fermentacyjna powinna być opatrzona odciekami, którymi wszelkie nieczystości spływają. Kadź zlewna, gdzie piwo schodzi z chłodników, winna być tak urządzona, aby piwo za pomocą węża gutaperkowego spływać mogło do beczek. Beczki mogą być postawione na kantarach, aby drożdże w nich zostawały; albo mogą być urządzone legary a pod tymi legarami wanienki na dwie beczki urządzone.

Wyrób piwa bawarskiego. Kadzie zacierne winny być opatrzone durszlakami i rurami do odcieku brzęczki.

Maszyna parowa 8-konna jest wystarczającą do poruszana mięszadła, do gniecenia słodu, do ciągnięcia wody, do ciągnięcia piwa z browaru na kilsztoki, z fermentacyi do lodowni, do wyciągania beczek z lodowni, do wyciągania i spuszczania antałków za pomocą windy.

469. **Fabrykaeya krochmalu.** Za pomocą maszyny parowéj dwukonnéj, przy użyciu płuczki, tarki i cylindra szczotkowego przerobić można dziennie 140 centnarów kartofli. Ta ilość kartofli daje 14 do 18 procentów krochmalu.

Za pomocą tarki i aparatu Siemensa poruszanych dwoma wołami, trzy dziewczęta i jeden chłopiec mogą przerobić dziennie 80 do 100 centnarów kartofli na krochmal.

Aby za pomocą maszyn Hucka z Paryża (kosztujących 3600 franków) można było przerobić 15000 kilogramów dziennie, potrzeba do tego użyć wody 144000 litrów. Maszyny te do uruchomienia potrzebują siły 6 koni parowych. Dostarczanie wody odbywa się tutaj za pomocą pomp obrotowych.

Z dobrych kartofli, otrzymać można 17 procentów krochmalu. Urządzenie takiéj fabryki, nie licząc kosztów postawienia budynków, wynosi 3000 do 3500 rubli.

470. **Fabrykacya papieru.** Liczy się na 1 holender 4 do 5 koni parowych. Jeden koń parowy daje w godzinie czasu 4 do $4\frac{1}{2}$ funtów mielonych gałganów. Używając stęp, jeden koń parowy daje tylko $1\frac{1}{2}$ funta w godzinie czasu.

Do poruszania maszyn papierowych angielskich potrzebna jest maszyna parowa 7 do 8 koni. Zwykle rachuje się 6 koni parowych. Do suszenia papieru, potrzebny jest kocioł parowy 3-konny. Do wyrobu dziennego 70 ryz średniego papieru kancellaryjnego i do gotowania odpadków i kleju, inżynier Scholl użył kotła z bardzo dobrym skutkiem, ważącego 20 centnarów.

Na maszynie papierowéj wyrobić można w 10 godzinach 72000 stóp □ = $67\frac{1}{2}$ ryz średniego papieru, ważącego od 700 do 1000 funtów.

Cztery holendry i jedna maszyna do papieru, potrzebują w minucie czasu 15 stóp sześciennych najczystszéj wody. Walce do satynowania potrzebują siły $1\frac{1}{2}$ konia parowego.

Podług Redtenbachera daje holender pół i całoproduktowy w 12 godzinach czasu:

gotowego produktu dla papieru pocztowego . = 220 funt.
„ „ „ kancellaryjnego = 357 „

gotowego produktu dla papieru drukowego . .	357	funtów
„ „ „ pakowego . .	434	„

Jedna maszyna papierowa dostarcza w 12 godzinach pracy:

Papieru pocztowego	664	funtów
„ kancellaryjnego	1070	„
„ drukowego	1070	„
„ pakowego	1305	„
Liczba holendrów do jednéj maszyny	6 do 8	
Potrzebna siła na 1 holender . . .	3 do 4	koni parowych
„ „ do 1 maszyny . . .	3 do 4	„ „

Kocioł parowy dla fabryki, 6 holendrów i 1 maszyny parowéj:

Do ogrzewania lokalu	6 koni par.
Do suszenia papieru na maszynie . . .	3 — 6 „ „
Do obsługi pralni	1 koń par.

Przyrządy formy kulistéj do gotowania gałganów, obracające się około osi ukośnéj, okazały się bardzo praktyczne; potrzebują siły $1/_2$ konia parow.

Stosownie do wielkości (szerokości) maszyny papierowéj, gatunku i ciężkości papieru, maszyna papierowa jest w możności przy dobrém użyciu przerobić produktu z 12 holendrów.

Zamiast wytłaczania wody z półproduktu przed blichowaniem, suszy się je obecnie za pomocą odśrodkowców (centryfug). Wielka maszyna odśrodkowa potrzebuje dwóch koni parowych, dostarcza w 24 godzinach 72 centnary suchego półproduktu zdatnego do blichowania. Mniéjsza maszyna potrzebuje siły 1 konia parowego, ale za to dostarcza tylko połowę roboty. Turbiny i maszyny Woolfa są motorami najwłaściwszymi.

Do poruszania holendrów używa się dzisiaj wyłącznie pasów skórzanych; holendry zaś budują się z żelaza lanego i kutego, jak również z portlandzkiego cementu.

Do wyrobu papieru słomianego i tektury słomianéj służą następujące dane:

Potrzebny jest przyrząd do gotowania słomy (taki sam jak do gałganów), 3 holendry, 1 maszyna papierowa (50′ długa, 15′ szeroka), odpowiadająca 450′ □ powierzchni ogrzewalnéj kotła parowego, do wyrabiania 2000 do 2500 funtów papieru w 15 godzinach. Słoma daje 80 procentów papieru.

Papiernia na większą skalę urządzona przez inżyniera Scholla z dwoma przyrządami do gotowania słomy, 2 kadziami, 8 holendrami, 2 maszynami papierowemi, 4 maszynami tekturowemi, posiada:

2 kotły parowe po . . . . 480′ □ pow. ogrzewal.

1 maszynę parową o sile 40 do 45 koni parowych, dla holendrów, pomp i przyrządów do gotowania.

1 małą maszynę parową o sile 12 koni do maszyny papierowéj i tektur., i dostarcza dziennie papieru . . . . 4000 funtów,

„ „ tektury (nie suszonéj na maszynie) . . 4000 „

Maszyna do wyrabiania suchéj tektury przy długości walców 4′, potrzebuje przestrzeni 125′ długiéj, 16′ wysokiéj i 20′ szerokiéj i wykonywa za pomocą czterech wielkich cylindrów osuszających w 12 godzinach czasu 3600 do 4500 funtów gotowéj tektury, zużywa siłę 12 koni parowych i kosztuje 14000 rubli.

Maszyna do wyrabiania tektury do zawijania wykonywa 1200 funtów tektury w 12 godzinach i zużywa siłę 2 koni parowych.

Nasze fabryki papieru pod względem wyrobu, konkurować mogą z najpierwszemi fabrykami zagranicznemi; najcelniejsze są następujące: w Jeziornie, w Soczewce, w Pilicy i w Mirkowie.

471. Fabrykacya stearyny. Do wyrobienia przez dzień 1000 funtów kwasu stearynowego i do przerobienia go na świéce, potrzeba jest kotła o 16, a maszyny parowéj o 4 koniach parowych.

472. Garncarstwo i ceglarstwo. W młynie do przerabiania gliny z kadzią pionową, z wałem stojącym opatrzonym nożami zwanym pospolicie *tratem*, 1 koń parowy w przeciągu minuty dajc $^2/_5$ stopy kubicznéj gotowéj, dobrze przerobionéj i do użycia zdatnéj gliny, na cegłę zaś $^3/_4$ do $^6/_7$ stóp kub.

Maszyna Claytona do wyrobu cegły dętéj i rurek drenowych czyli *sączek* (Fig. 484) służąca, poruszana maszyną parową 6 do 8 koni parowych, dostarcza dziennie 14 do 16000 sztuk cegieł.

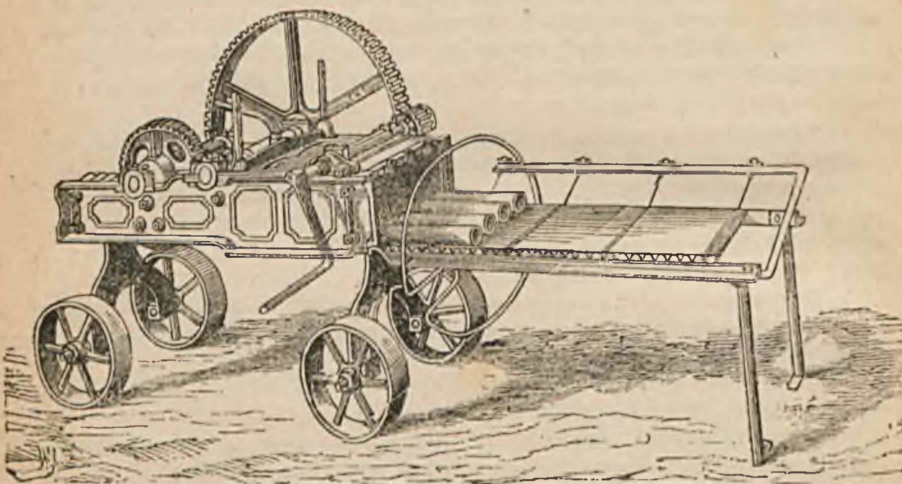


Fig. 484.

Maszyny do wytłaczania cegły pełnéj, kratkowéj czyli wewnątrz pustéj i rurek drenowych służące, składają się ze skrzyni żelaznéj sześciennéj, któréj tylna ściana stanowi tłok formy prostokątnéj do wypychania gliny, a zaś ściana przednia opatrzona jest otworami stanowiącymi formę cegły, dachówki lub rurek sączkowych. Nałożywszy zatém w próżną skrzynię gliny, przerobionéj tratem, i popychając po zamknięciu wieka tłok naciskowy, glina ustępując przed naciskiem tłoka, przeciska się otworami ściany przedniéj, przybierając formy otworom ściany przedniéj odpowiednie, a mianowicie formę cegły, sączki, dachówki i t. p. Ciśnienie tłoka odbywa się w kierunku poziomym, za pomocą stępla zębatego i kół trybowych, wprawianych w ruch korbą ręczną lub kołem pasowém od maszyny parowéj.

Wyciśnięte przedmioty, przechodzą bezpośrednio na powierzchnię przystawki opatrzonéj drewnianymi wałkami, obracających się około swych osi, nad którymi naciągnięte jest płótno bez końca, szerokości odpowiadającéj długości wałków, tak, że przez to powstaje ruchoma powierzchnia, posuwająca coraz dalej przedmiot, dopóki całej długości przystawki nie zajmie, poczém się takowy przecina na odpowiednią długość, za pomocą drutów mosiężnych rozpiętych w osobnéj ramie, na zawiasach spuszczanéj i podnoszonéj. Przecięte cegły lub rurki przenoszą się do suszarni.

473. Fabrykacya cukru burakowego. Dla oznaczenia wielkości fabryki cukru, należy wiedzieć ile setek centnarów buraków przerabia się w 24 godzinach czasu, na cukier, pracując dniem i nocą przy zmianie robotników. Są przeto fabryki cukru na 400, 500, 1000, 1800 i t. d. centnarów. Stósownie do takiéj skali, wyprowadzono następujące dane:

1) Fabryka, w któréj oprócz kotłowni niéma innego ogniska, a zatém wszelkie ogrzewanie odbywa się za pomocą pary, kosztuje na każde 100 centnarów buraków 7000 rubli. 2) Jeżeli gotowanie ma się odbywać za pomocą aparatu Vacuum (w próżni), to na każde 100 centnarów należy jeszcze doliczyć 750 rubli. 3) Jeżeli także chcemy przyrządem Vacuum odparowywać, należy jeszcze raz tyle doliczyć. Ceny te rozumieją się za wszelkie maszyny i aparaty do wyrabiania cukru surowego, albo częścią surowego a częścią faryny z wyjątkiem budowli, których koszt na każde 100 centnarów należy liczyć do 2000 rubli. Wielkość fabryk przerabiających buraki na cukier surowy, bywa zwykle na 500 do 600 centnarów. Im większą będzie fabryka, tym koszta stosunkowo będą mniéjsze, tak że fabryka przerabiająca do 2000 centnarów dziennie, będzie stosunkowo o 15% mniéj kosztować, niż fabryka mała.

Potrzebna siła do fabryki Nr. 1 do płókania, tarcia i prasowania na 100 centnarów wynosi 2 konie parowe, ale bierze się zwykle cokolwiek więcéj. Do Vacuum, a zatém do poruszania pompy powietrznéj, pompy do wody zimnéj i do zasilania kotłów parowych, jeżeli woda nie ma być podnoszoną nad stóp 60, potrzeba jest siły 4 do 5 koni parowych. Bierze się zwykle dla każdego Vacuum osobną maszynę, przy zastósowaniu suchéj pompy powietrznéj, przez którą wstrzykiwana woda przechodzić nie potrzebuje.

Dla przerobienia 100 centnarów buraków, potrzebna jest powierzchnia ogrzewalna kotła parowego 250 stóp □ [1]).

Podług sprawozdania p. C. Jędrzejewicza z kampanii za rok 1877/8 odbytéj w fabryce cukru *Uladówka* (powiat Winnicki, guber. Podolska), pomieszczonego w Przeglądzie Techn. za miesiąc lipiec i sierpień 1878 r., taż fabryka posiada kotłów parowych 11, o powierzchni ogrzewalnéj 10021 stóp □ i przerabiała 314871 korcy (po 220 funtów) czyli 692716 centnarów buraków, potrzebując do tego 7516 sążni kubicz. drzewa na opał; zatém na 100 centnarów dziennego przerobu łącznie z rafineryą, wypada 179 stóp □ powierzchni ogrzewalnéj kotłów, czyli o 71 stóp □ mniéj, jak inżynier Scholl podaje.

474. Pług. Tylko za pomocą dobrych narzędzi można uprawić ziemię pod względem chemicznym i mechanicznym jak tego potrzeba i nauka wymagają. Tymczasem żadna gałęź mechaniki stósowanéj, nie postępowała i nie

---

[1]) Czytelnika pragnącego obeznać się dokładnie z szczegółami cukrownictwa, odsyłam do dzieła L. Walkhoffa wydanego w dwóch tomach w Brunświku 1872 r pod tytułem: „Der praktische Rübenzuckerfabrikant und Rafinadeur“, i „Lehrbuch der Zuckerfabrikation“ von Dr. K. Stammer.

postępuje tak leniwym krokiem, mówi p. Zieliński profesor w instytucie agronomicznym w Puławach[1]), jak mechanika rolnicza, która dopiero, można powiedzieć, znajduje się w kolebce. Sieczkarnie, młocarnie, żniwiarki i t. p. mają dane mniéj więcéj stale określone i dla tego machiny te, coraz więcéj odpowiadają swemu celowi. Ale zupełnie inaczéj masię rzecz z narzędziami do uprawy roli służącemi; dla tych warunki, jakim odpowiadać powinny, nie są jasno określone i z tego względu trudno wymagać, aby udoskonalone być mogły.

Dla bliższego wyjaśnienia téj kwestyi, weźmy pod rozbiór pług, jako główną podstawę narzędzi, do uprawy roli służących. Pług powinien odpowiadać następującym warunkom:

1) Dobrze odrzynać i odwracać skibę. 2) Jak najmniéj zużywać siły pociągowéj i oracza. 3) Powinien być pod względem konstrukcyi prosty i trwały. 4) Powinien być niekosztowny, a zatém łatwy do upowszechnienia. Co do pierwszego warunku, zdania praktycznych gospodarzy są podzielone, jedni żądają, aby pług tylko dobrze odrzynał i odwracał skibę; inni dodają jeszcze, aby i kruszył takową. Prócz tego jeden i ten sam pług ma służyć do każdéj ziemi, do płytszéj i głębszéj orki, do brania węższéj i szerszéj skiby. Ponieważ wszystkich tych warunków w jednym pługu połączyć nie można, bo nie ma i nie może być pługa uniwersalnego, przeto ktoby chciał mieć złączone wszystkie te warunki w jednem i tém samém narzędziu, ten nigdy udoskonalonego pługa nie ogląda.

Według zasad mechaniki, opartych na praktycznych danych, inny pług być powinien do lżéjszych, a inny do cięższych gruntów; jeżeli zaś ma być wypełniony warunek, aby największa powierzchnia zoranego gruntu była wystawiona na działanie powietrza, to inny pług będzie do płytszéj, a inny do głębszéj orki. Oprócz tego, każdy z wymienionych pługów, może być zbudowany tylko do odwracania skiby, lub téż do odwracania i kruszenia jéj zarazem; różnica między niemi będzie ta, że ostatni przy tym warunku wymaga, daleko większéj siły pociągowéj.

Na odkładnicę do pługa, mogą służyć tylko dwie powierzchnie skośne, a mianowicie: paraboloida hiperboliczna i powierzchnia śrubowa, z tych ostatnia jest odpowiedniejszą od pierwszéj, jako przedstawiająca mniéjszy opór, przy jednych i tych samych danych. Każdy przeto z wyżéj wymienionych pługów będzie miał za odkładnicę powierzchnię śrubową, różnice tylko będą zachodzić w wymiarach, które powinny być odpowiednie danym warunkom. Długość odkładnicy dającéj najmniéjszy opór, oblicza się podług formuły zależnéj od szerokości orki i kąta tarcia:

$$L = 1{,}8 \, . \, S \frac{1 + \text{sty} \frac{S}{2}}{1 - \text{sty} \frac{\gamma}{2}},$$

dzieg L oznacza długość odkładnicy, S szerokość orki, γ kąt tarcia.

Ponieważ spółczynniki tarcia, dla różnych gatunków ziemi są znane, przeto wprost z formuły, otrzymujemy odpowiednią długość odkładnicy wyma-

[1]) „Gazeta rolnicza" wychodząca w Warszawie, Nr. 27, 1874 r.

gającéj najmniejszéj siły pociągowéj dla danego gruntu, lecz tylko odwracającéj oderzniętą skibę, bez kruszenia takowéj.

Jakkolwiek żądanie, ażeby pług odwracając skibę, kruszył ją zarazem, nie zgadza się z pojęciami myślącego mechanika, gdyż to kruszenie nie odbywa się darmo, lecz ze znaczną stratą siły pociągowéj, gdy tymczasem żaden gospodarz na małém skruszeniu skiby pługiem poprzestać nie może, lecz do kompletnéj uprawy i przygotowania roli pod zasiew, musi użyć innych narzędzi do kruszenia, oczyszczenia i zmieszania ziemi służących. Gdyby jednak i ten warunek miał być pługiem wypełniony, to jest, gdyby pług nie tylko miał odwracać lecz i kruszyć skibę, to należy tylko w formułach dających długość odkładnicy, wprowadzić kąt tarcia mniéjszy od tego, jaki dla danego gruntu z obliczenia wypada, otrzymamy wtedy odkładnicę krótszą, dającą większy opór, lecz kruszącą odwracaną skibę. Mówi się tu o gruntach ciężkich i średnich, gdyż na gruntach lekkich lub spulchnionych już poprzednią uprawą, każdy pług będzie w części kruszył odwracaną skibę; w ostatnim jednak razie, powinno się do orki używać nie pługa lecz ruchadła, w którym odkładnica, przedstawia zupełnie inną powierzchnię, jak odkładnica w pługu. Dobroć wykonywanéj roboty ruchadłem, czyli należyte kruszenie ziemi, zależy od prędkości ruchu, dla tego téż do orki tém narzędziem, należy używać koni, nie wołów. Z wymiarami odkładnicy zmieniają się wymiary i innych części składowych pługa, które między sobą w ścisłym zostają związku. Nadmienić tu wypada, że mamy na myśli pług bezpodporowy, gdyż pług podporowy, nie potrzebuje takiéj dokładności w swojéj konstrukcyi; przodek bowiem znosi w nim wszelkie wady kosztem siły pociągowéj.

Gospodarz pragnący mieć dobrze zoraną rolę, przy użyciu jak najmniéjszéj siły, żadną miarą żądać nie powinien, aby jeden i ten sam pług mógł służyć do brania węższéj i szerszéj skiby. Biorąc węższą skibę od téj, do jakiéj pług jest zbudowany, otrzymujemy bruzdę strzałkowatą, czyli inaczéj mówiąc, z prawéj strony bruzda będzie głębszą, jak z lewéj, nie cała zatém powierzchnia będzie zoraną do jednakowéj głębokości. Przy braniu znowu szerszéj skiby, nie tylko że się powiększa opór dla siły pociągowéj, nie tylko że orka taka jest ciężką pracą dla oracza, ale jeszcze odwrócone skiby, nie zawsze będą się wspiérać na sobie, lecz mogą zapełniać bruzdę, co utrudnia przystęp do niéj powietrza i dalszą uprawę. Regulator zatém nie służy, a przynajmniéj nie

Fig. 485.

powinien służyć, do ustawiania pługa na szerszą lub węższą skibę, jego przeznaczenie jest zupełnie inne. Trzy punkta, a mianowicie: punkt przyczepienia wypadkowéj oporu całego pługa, który znajduje się na odkładnicy w m (Fig. 485), punkt przyczepienia siły pociągowéj na regulatorze np. w n i punkt wyjścia siły p który wypada na piersiach konia lub karku wołu, powinny w czasie pracy leżeć na jednéj linii prostéj. Oracz, zapuściwszy pług do żądanéj głębokości, na pierwszym zaraz kroku spostrzega, czy punkt przyczepienia siły, dobrze jest utrafiony; jeżeli pług wyskakuje z bruzdy, to punkt ten wzięty jest za nizko np. n'', a więc przenosi go do n; jeżeli koniec lemiesza zagłębia się w roli, to punkt ten wzięty jest za wysoko np. w n' przeto przenosi go niżéj do n. Toż samo odnosi się i do bocznych poprawek, jeżeli koniec grządzieli skręca się na prawo, to jest dowodem, że punkt przyczepienia siły jest wzięty za nadto na lewo np. w n' (Fig. 486), przeto należy go przenieść do n; jeżeli pług jest przyciskany do ściany bruzdy, w skutek czego powiększa się niepotrzebnie opór, to punkt przyczepienia siły jest wzięty za nadto na prawo np. w n'' i należy go przenieść do n. Mając tak pług ustawiony, oracz w ciągu całéj roboty nie potrzebuje zmieniać punktu przyczepienia siły

Fig. 486.

pociągowéj. Wprawdzie punkt przyczepienia wypadkowéj oporu całego pługa przy natrafianiu na przeszkody w roli, jako to: korzenie, kamienie i t. p. zamieniające chwilowo opór, zmienia swoje położenie, lecz w nader blizkich granicach. Zmiana położenia punktu oporu, oddziaływa na zmianę punktu przyczepienia siły, która się objawia wachaniem grządzieli. Do tych chwilowych poprawek służy właśnie oracz kierujący pługiem, który uniesieniem pługa, przyciśnieniem prawéj, lewéj, lub obu rękojeści, poprawia machinalnie, chwilowe zboczenia punktu oporu.

Z tego co się powiedziało, widać, że regulator w pługu bezpodporowym, nader wielkie ma znaczenie, w pługu zaś podporowym, nie odgrywa tak ważnéj roli i część służąca do bocznych poprawek, bardzo rzadko używaną bywa. Człowiek pracujący od 8 do 10 godzin dziennie, nie może bez wysilenia dawać większéj siły nad 30 do 35 funtów. Oracz zatém kierujący pługiem i zmuszony podczas roboty i przy zawracaniu często go unosić, nie powinien także większéj zużywać siły. Ponieważ wielkość téj siły zależy od odpowiedniéj długości rękojeści, zatém długość takowych, stósownie do ciężaru pługa, powinna być ściśle obliczona.

W *drugim warunku* powiedzianém było, że pług powinien zużywać minimum siły pociągowéj, czyli przy danych warunkach, powinien przedstawiać, jak najmniéjszy opór; z dwóch zatém pługów dobrze orzących, przy jednych i tych samych danych, ten na pierwszeństwo zasługuje, który mniéj zużywa siły.

Do ocenienia wielkości zużywanéj siły, czyli oporu narzędzia podczas roboty, służy tak zwany *dynamometr* czyli *siłomierz* [1]). Niektórzy za naj-

[1]) Patrz opis dynamometru w dziełku: „Żniwiarka, jéj historya, budowa i użycie“ przez Jana Pietraszka, Br. Marczewskiego i Ant. Strzeleckiego; Warszawa, 1874: tudzież dzieło Rühlmanna „Allgemeine Maschinenlehre“, tom 1, str. 153; Brunświk, 1863 roku.

lepszy do tego celu uważają siłomierz Morina, który kreśląc na papierze najdrobniejsze zmiany oporu, daje możność obliczenia z całą dokładnością średniego oporu za pomocą wzorów Limpsona. Ponieważ czas trwania pracy może być zanotowany i przestrzeń zmierzona, przeto mamy wszystkie dane do obliczenia pracy mechanicznéj wyrażonéj w stopofuntach, czyli do obliczenia, jaka siła przy danéj prędkości, jest ciągle potrzebną do danego narzędzia.

Znajomość oporu jest potrzebną, nie tylko do oznaczenia wielkości siły pociągowéj, lecz zarazem do ocenienia trwałości części składowych. Tak jak na oko nie możemy oznaczyć wielkości siły potrzebnéj do danego narzędzia lub machiny, tak również nie możemy powiedzieć, czy ta lub owa część składowa, przedstawia dostateczną wytrzymałość, przy wymiarach jéj danych.

Jeżeli jest opór urządzeń znany, to nauka o wytrzymałości materyałów, którąśmy traktowali w Rozdziale VII, daje nam możność ścisłego obliczenia wymiarów wszystkich części w skład jego wchodzących, ażeby takowe przedstawiały dostateczną wytrzymałość, a zatém i trwałość. Nie potrzeba przeto, jak to się bardzo często zdarza, powiększać niepotrzebnie wymiarów różnych części w skład jego wchodzących, które pociągają za sobą niepotrzebny wydatek materyału, a ztąd wagę, cenę i opór narzędzia.

Prostota machiny zależy na odrzuceniu wszystkich takich części, które nie wpływając na dobroć wykonywanéj roboty, lub na ich trwałość, usuniętemi być mogą. W pługu np. wszelka podpora, jako to: przodek kołowy, rolka lub płóz są przydatkami niepotrzebnemi, wpływającemi tylko na powiększenie oporu i ceny narzędzia.

Wincenty *Wrześniowski*, profesor b. szkoły polytechnicznéj warszawskiéj, w znakomitéj rozprawie swojéj, pod tytułem: „Pług" zamieszczonéj w „Dzienniku polytechnicznym" inżynierów braci Marczewskich z roku 1861 i 1862, mówi o pługach teleżkowych co następuje: „Przodek pługa pokrywa jego bardzo wielkie wady: mając bowiem podporę z przodu, posuwa się za nią, chociaż się chwieje, trzęsie, podskakuje, a przeto kraje skiby na wszystkie strony postrzępione. Oracz jest z nim w ciągłych zapasach, wysila się, poci, żeby go jako tako utrzymać w kierunku zagona. Biedna uprząż co chwila szarpana na wszystkie strony, zatrzymywana dla poprawy uchybień, natęża swe siły, wysila się, cierpi. Ileż to siły tym sposobem się traci! Cóż dziwnego, że gdy do płużycy dosyć jest parę koni, do teleżkowego, źle zbudowanego pługa, potrzeba w tym samym gruncie, zaprzęgać dwie pary, a czasem i więcéj.

Teleżkowy pług prócz oracza, po największéj części mieć musi poganiacza, więc użycie jego jest tém samém kosztowniejsze od użycia płużycy; ale co gorsza, daje zagony krzywe, pogięte, bowiem poganiacz na domysł popędza uprząż. Gdy tymczasem oracz prowadzący płużycę, nie potrzebuje poganiacza, a kierunek grządziela lub punkt upatrzony na drugim końcu poletka, służy mu za cel do wyorania zagona w prostéj linii. Pług teleżkowy, chociażby był najlepiéj zbudowany, odrzyna skiby ukośnie, bowiem jedno kółko idzie niżéj po wyoranéj bruzdzie, drugie zaś wyżéj po nietkniętym gruncie. Tę wadę starają się usunąć rozmaitymi sposobami. Jedni używają kółek nierównéj średnicy, zasadzając większe od strony bruzdy. Lecz kółka różnéj średnicy, obracają się z różną prędkością, powstaje ztąd tarcie, chłonące dość znaczną część siły pociągowéj. Inni gospodarze mają przodki pługa ze znacznie przedłużonemi osiami, żeby kółko od pola, czyli lewe, mogli odsunąć aż do dawnéj brózdy poprzedniéj orki, ale to wcale nie poprawia roboty, bowiem pług, którego ruch zależy od podpory na przodku, nie mając silnéj podpory, trzęsie się na swych osiach, przez co i tarcie się powiększa i skiba odkrojona jest postrzępioną. Widziałem, powiada daléj profesor Wrześniowski, pługi wcale sztuczne z tego względu, że lubo kółka były równéj średnicy, osie, każda z osobna, mogły być do góry podsunięte lub na dół zsunięte, podług potrzeby, tak, żeby pług zawsze poziomo się posuwał, a kółka jako równe, obracały się z równą prędkością. Lecz podobny pług jest za kosztowny i łatwo zepsuciu ulega; jest on raczéj machiną skomplikowaną, aniżeli narzędziem. W niektórych pługach angielskich jedno kółko do grządziela przytwierdzone, toczy się przed trzósłem; u niektórych zaś pługów brabanckich drewniana płoza, niby kolano w tył zagięte, posuwa się przed lemieszem. Tych obu przyrządów nie można uważać za przodek pługa, bo przeznaczeniem ich nie jest podpieranie narzędzia, lecz służą do tego, żeby lemieszowi nie dozwolić zagłębiania się, gdy przypadkiem zostanie wstrząśniony. Jakkolwiek nic przeciwko tym ostatnim przyrządom powiedzieć nie możemy, wszelako są wcale niepotrzebnymi dodatkami, jeżeli tylko płużyca jest dobrze zbudowana; w przeciwnym razie, ani owo kółko, ani żadna płoza nie poprawi tego narzędzia.

Kiedy rolnik zmuszony jest orać po obfitych deszczach, odmiękła rola przyczepia się do obwodnic kółek, których średnica przez to powiększa się, a następnie pług wyoruje płytsze bruzdy niż zamierzono. Nadto, ponieważ błoto raz do kółek przylega, to znów z nich odpada, pług więc co stąpienie na przemiany, głębiéj lub płycéj zagłębia się w rolę, a ztąd bruzda ma spód nierówny. Woda więc po deszczach lub topieniu śniegów, zatrzymuje się we wklęsłościach bruzd, dopóki nie wyschnie lub nie wsiąknie w ziemię, a tymczasem psuje się i swymi wyziewami szkodzi młodym roślinkom. W Szkocyi przed 60 laty, używano powszechnie pługów teleżkowych, do których po 6 koni zaprzęgano: skoro tam *Small* założył fabrykę płużyc, do których potrzeba tylko pary koni, wartość gruntów w okolicy téj fabryki wkrótce się podwoiła. Nałóg jest drugą naturą, wyrzekli jeszcze starożytni. Ten to nałóg przykuł na bardzo długi czas większą liczbę naszych rolników do pługów teleżkowych, którzy uporczywie utrzymują, że są grunta wymagające koniecznie kółek. Jeżeli więc mogą być konieczne przyczyny oparcia pługa na kółkach, niechże przynajmniéj takie pługi będą tak zbudowane, aby linija ciągu, to jest poprowadzona od barków uprzęży do punktu oporu, który się na odkładnicy znajduje, przechodziła przez sam środek osi, na któréj obracają się kółka; tym bowiem sposobem unikniemy straty siły pochodzącéj z rozkładu.

Każdy dobry pług powinien skibę podrzynać poziomo i pionowo ją odkrawać, podnieść ją do pewnéj wysokości, odwrócić od lewéj ku prawéj ręce i złożyć ją na zagon; zgoła, odkładnica pługa ma wykonywać czynność rydla. Z téj to przyczyny pług jest narzędziem złożonem z dwóch połączonych z sobą klinów, z których jeden przedstawia równię pochyłą po któréj skiba wstępuje do góry, drugi zaś jest równią pochyłą, odpychającą też skibę na prawą stronę".

Pług bezpodporowy według zasad mechaniki zbudowany, może służyć tak dobrze do lekkich, jak i do ciężkich gruntów, do czystéj lub zachwaszczonéj roli, do płytszéj lub głębszéj orki; jeden wyjątek tylko stanowi grunt kamienisty, dla którego przodek, lub podpora w pługu, jest koniecznie potrzebną.

Ponieważ do orki bardzo często używa się wołów, przeto nadmienić tu wypada, że dzienna praca mechaniczna konia, jest większą, od dziennéj pracy mechanicznéj wołu. Z obliczeń opartych na doświadczeniu [1]) wypada, że koń silny, pracujący ośm godzin dziennie, daje pracę mechaniczną na sekundę bez wysilenia 544 stopofuntów, wół zaś dobry tylko 340 stopofuntów.

Ponieważ praca mechaniczna, jest iloczynem z siły przez prędkość, przeto koń idący z prędkością 4 stóp na sekundę, może dawać ciągłe natężenie, równające się 136 funtów; wół zaś postępujący wolniéj np. z prędkością 2 stóp, może dawać natężenie ciągłe 170 funtów. Całkowita jednak dzienna robota wykonana parą silnych wołów, będzie mniéjsza, od dziennéj roboty wykonanéj, parą dobrych koni.

Punkt przyczepienia wypadkowéj oporu całego pługa znajduje się na odkładnicy, w wysokości 2 — 3 cali od podstawy, przez ten punkt powinien przechodzić kierunek siły pociągowéj, równolegle do dna bruzdy. Ponieważ punkt wyjścia siły pociągowéj, znajduje się na piersiach konia lub na karku wołu, przeto kierunek téj siły, musi być pod pewnym kątem do dna bruzdy pochylony. Jeżeli do orki użyjemy koni, to ten kąt $c\,a\,b$ (Fig. 487) równa się średnio 18^0. Wziąwszy $a\,b = R$ (promień) $= 1$, opór całego pługa, którego punkt przyczepienia wypadkowéj znajduje się w a, to z trójkąta $a\,b\,c$ otrzymamy: $ac = \frac{R}{\mathrm{dos}\ 18^0} = \frac{1}{\mathrm{dos}\ 18^0} = \frac{1}{0{,}9511} = 1{,}05$; zaś $c\,b = R$. sty $18^0 = 0{,}329\ R$.

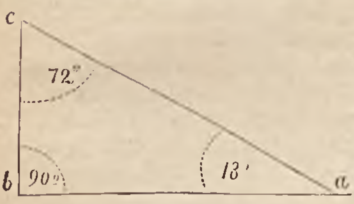


Fig. 487.

Przypuśćmy, że $R = 500$ funtów, to $a\,c = \frac{500}{0{,}9511} = 525$ funtów, zaś $c\,b = 164{,}5$ t. j., że w skutek nachylenia linii pociągowéj, siła powiększyła się o 25 funtów i ciśnienie pionowe na sprzężaj, wynosi 164,5 funt. Im niżéj będzie położony punkt wyjścia siły, czyli, im mniéjszy będzie kąt nachylenia linii pociągowéj, tém mniéjsza będzie strata siły pociągowéj i tym mniéjsze będzie ciśnienie pionowe na sprzężaj. Ztąd wyprowadzamy wniosek: że do orki pługiem, należy używać jak najmniéj roslych koni lub wołów.

Weźmy następnie pług teleżkowy czyli kółkowy, którego grządziel jest oparta na poduszce przodka: gdyby punkt przyczepienia siły znajdował się na wysokości punktu wyjścia siły, w takim razie ciśnienie pionowe, wywierane poprzednio na sprzężaj, przenosi się na przodek. Przypuśćmy, że przodek waży 60 funtów, to dodawszy do tego ciężaru ciśnienie pionowe $c\,b = 164{,}5$ funtów, otrzymamy wagę przodka 224,5 funtów. Przyjąwszy, że spółczynnik tarcia równa się tylko 0,1, w takim razie do siły pociągowéj trzeba dodać $224{,}5 \times 0{,}1 = 22{,}45$ funtów. Otrzymamy zatém 522,45 funtów, siłę potrzebną do pokonania oporu pługa wraz z przodkiem, lecz sprzężaj będzie wolny od ciśnienia pionowego. Ponieważ wspomniony przodek wymaga kół o wielkim promieniu, a to są zbyt kosztowne i nie praktyczne, ztąd przodek dają zwykle o małych kółkach, których promień dochodzi zaledwie do 1,3 stopy.

[1]) Weisbach, Gasparin i inni.

W pługu z przodkiem o małych kółkach, punkt przyczepienia siły, znajduje się niżéj punktu wyjścia siły, przeto następuje powtórne załamanie linii pociągowéj i to pod kątem daleko większym od poprzedniego, a mianowicie, kąt ten równa się średnio 20⁰.

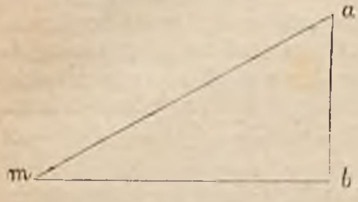


Fig. 488.

Z trójkąta zatém $m\,a\,b$ (Fig. 488) w którym m oznacza punkt przyczepienia siły na przodku, a oznacza punkt wyjścia siły, $a\,m\,b$ $= 20^0$ i wielkość siły poprzednio znaleziona równa się 522,45 funtów, znajdziemy:

$$m\,a = \frac{522{,}45}{\text{dos } 20^0} = \frac{522{,}45}{0{,}9397} = 556 \text{ funtów},$$

zaś $a\,b = 522{,}45$, sty $20^0 = 522{,}45 \times 0{,}364$ $= 190$ funtów. Ztąd wypada, że w pługu z przodkiem o małych kółkach i wielkość siły pociągowéj i ciśnienie pionowe na sprzężaj, jest zawsze większe jak w pługu bezpodporowym, przy jednych i tych samych warunkach.

Przodek zatém w pługu jest dodatkiem powiększającym niepotrzebnie opór i cenę narzędzia. Uwagi, jak widzimy p. Zielińskiego, co do pługa kółkowego, zgadzają się zupełnie z uwagami ś. p. profes. Wrześniowskiego.

Dotąd mieliśmy w kraju pługi p. Romana Cichowskiego z Linowa, p. Sucheniego z Gidel, p. Zielińskiego profesora w Puławach, pługi Wyderki, Wrzesińskie, nie mówiąc już o pługach pochodzenia cudzoziemskiego, a obecnie przybył nam pług nowy, tak zwany *Wołyński* pomysłu p. *Oszmiańca.* Firma: Lilpop, Rau i Loewenstein buduje te pługi w Warszawie i w Sławucie na Wołyniu.

475. Pług parowy Fowlera. Z pomiędzy wszystkich systematów maszyn, służących do uprawy roli przy pomocy siły pary, zasługuje na szczególniejszą uwagę pług wahadłowy Fowlera, poruszający się po linie drucianéj.

Z dwóch przeciwnych stron pola mającego być zoraném, ustawione są na kołach dwie maszyny przenośne czyli lokomobile. Pomiędzy temi maszynami,

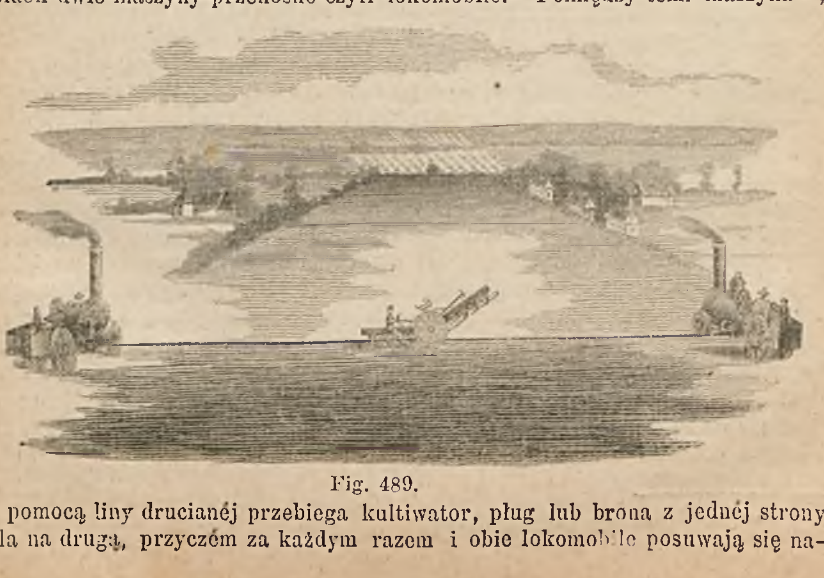


Fig. 489.

za pomocą liny drucianéj przebiega kultiwator, pług lub brona z jednéj strony pola na drugą, przyczém za każdym razem i obie lokomobile posuwają się naprzód o odległość odpowiadającą potrzebie. Dwóch maszynistów i oracz siedzący na pługu, stanowią całą obsługę tych machin, których działanie Fig. 489 dokładnie przedstawia.

Pług wahadłowy, przedstawia na większą skalę Fig. 490. Składa się z ramy drewnianéj, w środku na dwóch kołach wspartéj i mogącéj się około czopa poruszać. Wózek na którym pług się opiera, posiada jedno koło mniejszéj, a drugie większéj średnicy; koło większe obraca się w bruzdzie, koło zaś mniejsze biegnie po nieuprawioném jeszcze polu. Po obu stronach ramy, umieszczonych jest po 3, 4 lub 5 pługów zwyczajnych, mianowicie w taki sposób, że gdy pługi po jednéj stronie są w zetknięciu z gruntem, pługi po drugiéj stronie zawieszone są w powietrzu, jak to Figura 490 wyobraża. Ciężar téj machiny jest tak rozdzielony, że jéj środek ciężkości, przypada w samym środku osi wózka, w skutek czego manewrowanie tą machiną jest bardzo łatwe. Jak Fig. 489 i 490 pokazują, orka odbywa się z lewéj strony na prawą i na téj téż stronie siedzi oracz na grządzieli pługa. Jeżeli orka odbywa się od strony prawéj ku lewéj, wtedy lewa grządziel z pługami podnosi się w górę, a oracz siedzi wtedy na prawéj grządzieli, manewrując regulatorem, mającym kształt kółka, sięgającym aż do koziołka na którym siedzi.

Fig. 490.

Stósownie do natury gruntu i do głębokości orki, można za pomocą tego pługa z wielką łatwością zorać w przeciągu dnia 4 hektary na 25 centymetrów głęboko[1]).

Kultura parowa przedstawia rozmaite korzyści. Za pomocą pługa parowego, można odbywać orkę w każdym czasie, bez obawy na brak robotnika. Robota uskutecznia się daleko dokładniéj i łatwiéj, niż najemnikiem. Tam gdzie przestrzenie do uprawy są wielkie, a ludność stosunkowo mała, pługi parowe oddają rolnictwu niezmierne usługi. Z tych przeto powodów uprawa ziemi za pomocą machin parowych upowszechniła się głównie w Ameryce północnéj, w Anglii, Rosyi i Egipcie. Komplet machin parowych Fowlera do uprawy roli służący, jest jeszcze trochę za kosztowny, płaci się bowiem za niego około 10000 rubli, i dla tego u nas nie upowszechnił się jeszcze.

476. Brona Howarda. Brona Howarda jest całkowicie żelazna. Rama jéj gzygzakowata jest tak uregulowaną, że zęby ustawione w pewnych punktach linij połamanych, regularnie się mijają i równoległe rowki zakreślają. Tak listwy podłużne jak i poprzeczne, wykute są z żelaza płaskiego, 1 cal szerokiego a $\frac{1}{2}$ cala grubego. Zęby graniaste w listwach osadzone, stoją prosto i tylko same końce są ostrzami cokolwiek naprzód wygięte. Każda pojedyncza brona złożona jest z dwóch połów zawiasami związanych, a dwie lub trzy brony, połączone łańcuchami, stanowią jeden garnitur

[1]) 1 hektar = 10,000 metrów □ = $1\frac{3}{4}$ morgów polskich. 25 cent. = 10 cali angielskich.

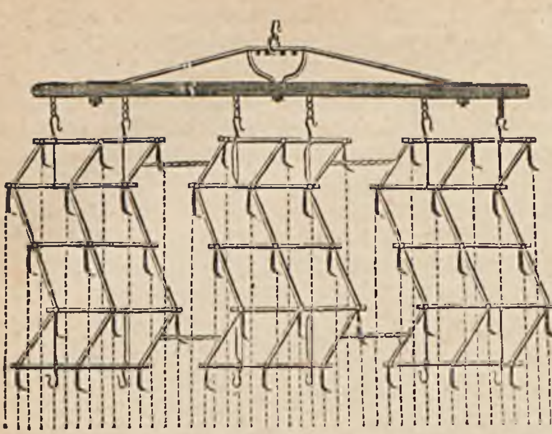


Fig. 491.

z wspólnym zaprzęgiem za pomocą drąga czyli wagi uczepionéj na dwa haki u każdéj brony. Haki znajdują się na obudwóch końcach brony; są one dłuższe na tym końcu, ku któremu zagięte są ostrza zębów, gdyż w tę stronę ciągniona brona, bardziéj się zagłębia; są zaś krótsze na końcu przeciwnym, gdyż brona w tamtę stronę ciągniona, to jest za tępszą stronę zębów, mniéj się zagłębia. Para bron zajmuje szerokość 7stóp i waży około 140 funtów. Figura 491 wyobraża bronę Howarda.

477. Brona wirująca. Fig. 492 przedstawia bronę kształtu okrągłego, w środku któréj umieszczony jest walec stojący, u którego przyczepia się orczyk. Prócz tego jest przyczepione ramię dźwigające ciężar odpowiedniéj wielkości. Poruszana brona przyciśnięta z jednéj strony ciężarem do roli,

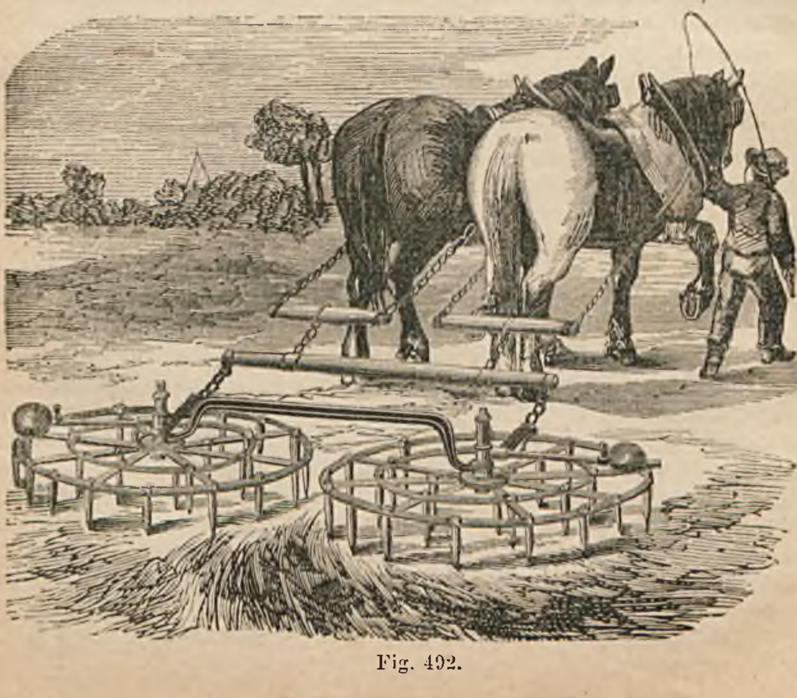


Fig. 492.

więcéj jak z drugiéj strony przeciwległéj, wciska się mocniéj w rolę i tym sposobem przytrzymuje się z jednéj strony, co sprawia, że brona około swéj osi obracać się zaczyna. Im więcéj ten ciężar od środka brony się oddala, tym owa prędzéj obracać się będzie i przeciwnie. Brona ta działa z bardzo dobrym skutkiem do uprawy wymagającéj szczególniejszego spulchnienia i rozdrobnienia gruntu, np. pod warzywa, korzenie i t. p. Figura 492 przedstawia dwie brony w działaniu razem ze sobą sprzężone.

478. Siewniki. Siewniki posiadają dwie ważne zalety, t. j. dają zasiew nie tylko równy i dokładny, ale także oszczędny. Oszczędność przy właściwém użyciu siewnika jest tak donośna, że ona sama nakład na machinę w jednym roku zwraca. Różne są siewniki, tak pod względem obsiewania, jako téż pod względem mechanizmu służącego do wyrzucania ziarna. Co do pierwszego, mamy siewniki rzutowe, rzędowe i kupkowe; co do drugiego, odróżniamy siewniki łyżkowe, szczotkowe i żłóbkowe czyli kanałowe. Używają się siewniki ręcznie lub konno.

Siewniki rzędowe, coraz więcéj zaczynają u nas wchodzić w użycie; rzadszymi są kupkowe, których się tylko do buraków używa, najpowszechniejsze są u nas rzutowe. Co do wewnętrznego mechanizmu, siewniki łyżkowe i żłóbkowe mają tę wielką zaletę, że mechanizm ich pozwala naprzód oznaczyć ściśle ilość ziarna, którą wysiać mamy na pewną przestrzeń; system zaś szczotkowy, pozostał tylko w siewnikach do koniczyny, gdzie się najdogodniejszym okazał.

Co się zaś siewników rzędowych dotyczy, są one dawno używanymi w Anglii, gdzie uprawa rzędowa, jest dziś prawie powszechną. U nas uprawa rzędowa, a więc i siewniki rzędowe, mogą uchodzić za wyjątek nie zaś za prawidło, z każdym jednak rokiem ten rodzaj uprawy, staje się powszechniéjszym. Z pomiędzy machin do uprawy rzędowéj potrzebnych, najważniejszym jest bezwątpienia siewnik, dla tego téż każdy z angielskich fabrykantów, starał się zaprowadzić w nich różne odpowiednie zmiany i ulepszenia.

Zadaniem siewników rzędowych jest: wysiewać ziarno w ściśle oznaczonych ilościach i w rzędach dowolnie od siebie odległych, w ten sposób, iżby wysiane ziarno oznaczonéj i całkiem jednostajnéj głębokości dosięgło. Siewnik rzędowy składa się więc niejako z dwóch ze sobą połączonych przyrządów, jednego do wysiewania ziarna, drugiego do robienia w roli bruzdek, przeznaczonych do przyjmowania siewu. Trzecią częścią składową siewnika jest przodek dwukolny; służy on do lżejszego i pewniejszego prowadzenia siewnika.

479. Siewnik uniwersalny Robillarda. Siewnik Robillarda służący zarówno do wysiewania grubego ziarna, jak drobnych traw i koniczyny, posiada wielkie zalety. Zalety te leżą w nader prostym i do regulowania łatwym mechanizmie siewnym, który właśnie dla prostego urządzenia, nie łatwo podlega zepsuciu, lubo w budowie wielkiéj wymaga ścisłości. Siewnik ten wysiewa za pomocą płaskich żelaznych łopatek, osadzonych w pudle drewnianém (Fig. 493) na okrągłym żelaznym wałku, który obrót swój bierze od prawego koła biegowego. Łopatki te osadzone promienisto, zbliżają siewnik Robillarda do dawnego systemu łyżeczkowego, od którego się przecież najwyraźniéj i korzystnie różni przez to, że podczas gdy łyżeczki nabierają ziarno i takowe w obrocie wsypują w naczynia osobne, a przez nie przepuszczają dołem na rolę, łopatki w siewniku Robillarda, obracając się z wałkiem żelaznym, rozgarniają tylko ziarna i przygarniają je do dolnych otworów wylotowych, przez które też ziarna spadają na pochyłą deskę rzutową, a z niéj na rolę. Mechanizm ten rozgarniając i przygarniając ziarno do otworów wylotowych, zbliża ten system do systemu szczotkowego, do którego ma jeszcze i to podobieństwo, że ilość wysiewu nie zależy tu od zmiany trybów (jak w siewniku Drewitza), a więc nie od prędszego lub powolniejszego obrotu wałka, z mechanizmem wyrzutowym, ale raczéj przy jednostajności obrotu wałka, tylko od wielkości otworów wylotowych, która się bardzo prosto reguluje.

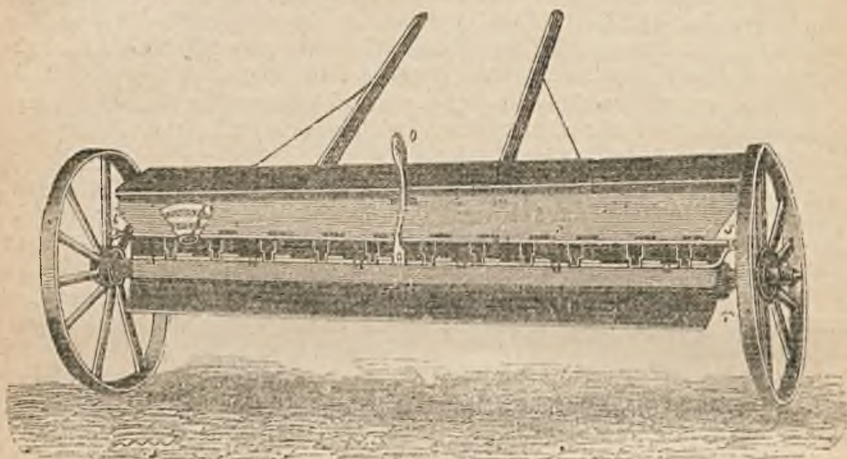


Fig. 493.

Otwory wylotowe są w blaszkach mosiężnych, czworograniaste, wielkości prawie cala kwadratowego. Pokryte są one innemi blaszkami mosiężnemi, ruchomemi, z odpowiedniem wycięciem, a połączonemi ze sobą prętem żelaznym, przez posuwanie się którego na jedną lub na drugą stronę, otwory wylotowe zmniejszają się lub powiększają. Posuwanie się pręta z blaszkami wierzchniemi, uskutecznia się za pomocą mutry skrzydlatéj czyli uszkowéj, umieszczonéj po lewéj stronie pudła przy *i*, która to mutra obracana w jedną lub drugą stronę, przyciąga lub odpycha ów pręt, a z nim razem prowadzi i reguluje skazówkę stawającą na pewnych numerach *tabelki regulacyjnéj*, która się wraz z instrukcyą przez fabrykanta do każdego dodaje siewnika.

Dla nadania obrotu wałkowi z łopatkami, których w siewniku 12-stopowym jest 13 rzędów, służą 3 niezmienne tryby na prawéj stronie pudła, z których jeden *r*, osadzony na piaście koła biegowego, chwyta w zęby trybika pośredniego, a ten znów zazębiony z trybem wałka żelaznego *s*, udziela temuż obrotu swego. Tryb ten ostatni może być wyzębiony, a to za pomocą żelaznéj rękojeści *o*, połączonéj z innym prętem żelaznym; za jednym ruchem téj rękojeści *na lewo*, nie tylko się tryb wałkowy wyzębia, a przez to wysiew ustaje, ale nadto umieszczone na jego pręcie żelaznym zakrywki, zasłaniają całkiem otwory wylotowe, tak iż niemi ziarna wcale na zewnątrz wychodzić nie mogą. Przy nawracaniu siewnika, przy wyjeżdżaniu z nim w pole i przy powrocie z pola, wyzębia się ów tryb wałkowy i zasłania owemi zakrywkami na pręcie wszystkie otwory wylotowe przez co mechanizm siewnika staje się nieczynnym. Ponieważ każdy otwór wylotowy ma jeszcze osobną zasuwkę żelazną, przeto za pomocą tych zasuwek dowolną część otworów zamknąć i tę część siewnika nieczynną uczynić można, jeśli tego wymaga wązki pas pola do obsiania. Toż samo i w samym dnie siewnika są także osobne zasuwki blaszane, służące do wypuszczania reszty ziarna pozostałego po skończeniu zasiewu.

480. Machiny żniwne. Do machin żniwnych liczą się: kartoflarka, żniwiarka, kosiarka, przetrząsacz, grabie mechaniczne i spychacz do siana. Z pomiędzy tu wymienionych machin, najtrudniejsza do praktycznego zastósowania jest żniwiarka, a to z przyczyny nie samego tylko mechanizmu, który dość szczęśliwie jest rozwiązany, ile raczéj dla przeszkód leżących po za mechanizmem żniwiarki. Jak bowiem wóz parowy (lokomotywa) oprócz siły i przyrządów mechanicznych, potrzebuje jeszcze koniecznie kolei żelaznych do bezpiecznego toczenia się po nich, tak i żniwiarka, oprócz dokładnego mechanizmu do poruszania, cięcia i odkładania, wymaga przynajmniéj takiego przysposobienia pól, któreby ruchu jéj nie tamowało i ostrych przyrządów do cięcia, tuż po nad ziemią użyć pozwalało. To téż z postępem kultury ułatwi się i rozpowszechni użycie żniwiarki, przypuszczającéj koniecznie pola rozległe, dobrze i równo uprawne i oczyszczone z korzeni, pni i kamieni. Na polach w wązkie zagony uprawnych, tudzież na polach kamienistych, żniwiarka działać nie może.

Mechanizm cięcia i odkładania jest najważniejszém zadaniem żniwiarki; u kosiarki idzie tylko o mechanizm cięcia. Ze wszystkich próbowanych mechanizmów cięcia, jeden tylko okazał się praktycznym, któremu wszystkie inne miejsca ustąpiły. Jest to system cięcia łączący w sobie działanie piłki, nożyc i sierpa. W osadzie czyli pochwie, najeżonéj palcami, leży pręt płaski, złożony z tyłu trzygraniastych ostrych noży, ile jest palców w osadzie. Za pomocą korby, biorącéj ruch obrotowy z koła biegowego, odbywa pręt nożowy w osadzie czyli pochwie nożowéj ruch szybki naprzód i wstecz i to stanowi działanie mechanizmu piłkowego. Ostrza noży trzygraniastych, spotykając się w ruchu swoim z ostrymi brzegami łoża każdego palca z osobna pod pewnym kątem, ucinają słomę lub trawę, która się pomiędzy dwa ścinające ostrza dostaje, na wzór nożyc, i to jest działanie mechanizmu nożycowego; jeżeli zaś, co nie zawsze bywa, ostrza noży są nasiekane na wzór sierpa, wtedy jeszcze mechanizm łączy w sobie działanie sierpowe. Do ostrzenia noży służą pilniki. Mechanizm odkładania nie mniéj jest trudny, jak mechanizm cięcia.

Obecnie znanych jest bardzo wiele systemów żniwiarek, żniwiarko-kosiarek, kosiarek, oraz żniwiarek ścinających i wiążących jednocześnie zboże; pomiędzy któremi, mniéj lub więcéj skomplikowanemi, znajduje się żniwiarka pomysłu p. Floryana *Grubińskiego*, która doszła obecnie kosztem wielu doświadczeń i ulepszeń, zmieniających prawie wszystkie jéj części składowe, nie zmieniając wszakże samego systemu, do stanu zupełnie udoskonalonych maszyn, czego są dowodem tegoroczne żniwa z których chlubne odniosła pochwały, a na wystawie obecnéj w Paryżu (1878 r.) na konkursie w *Mormant*, jak inżynier p. A. *Kuczyński* obecny na takowym twierdzi, nie ustąpiła zupełnie w niczém amerykańskim, a być może że o wiele nawet przewyższyła je lekkością w sile pociągowej, co stanowi prawdziwą korzyść dla naszych ziemian, nie posiadających w gospodarstwie rosłych i silnych koni.

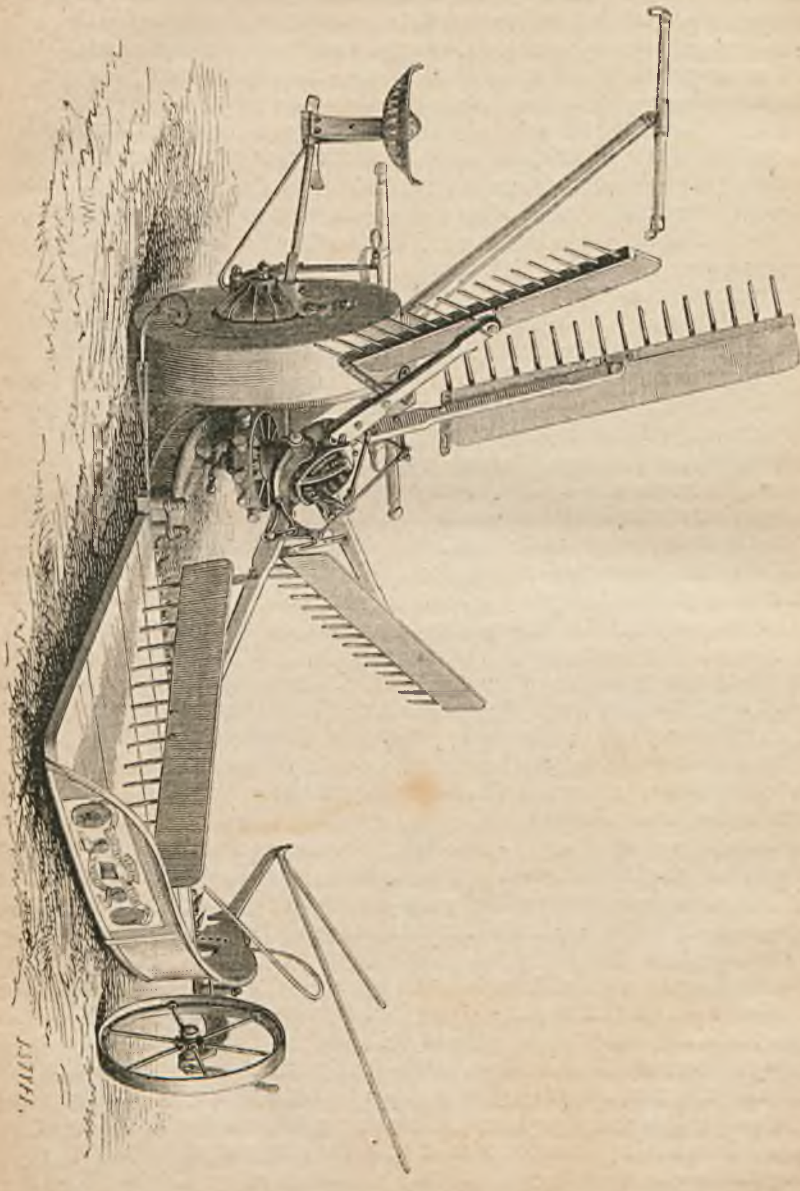


Fig. 494.

Główną częścią ruchu, jak również częścią żniwiarki najcięższą, (Figura 494) jest tak zwany bęben, będący zarazem kołem pociągowém, ze względu na swój kształt wewnątrz pusty, mający 36 cali ang. (914 milimetrów) średnicy, obracający się na osi stałéj i posiadający na wewnętrznym obwodzie, wklęsłą i wężykowatą drogę, w któréj rolka przy obracaniu się bębna, otrzymuje ruch tam i nazad, ruch zasadniczy wszystkich obecnie żniwiarek, do którego w innych systemach, co najmniéj, za pomocą dwóch par kół zębatych dochodzą.

Z pojawieniem się téj żniwiarki, mianowicie na konkursie w *Rakowcu* pod Warszawą w r. 1874, zarzucano jako główny błąd tego systemu *drogę wężykowatą* sprawiającą wielkie tarcie, lecz zarzut ten nie może się odnosić do ulepszonéj obecnie żniwiarki, gdzie droga jest bardzo łagodna, bo zboczenia z płaszczyzny pionowéj, dzielącéj bęben na dwie równe połowy, zaledwie $^3/_4$ cala ang. czyli 19 milimetrów wynoszą, a stalowa, swobodnie obracająca się rolka, ciągle prawie zanurzona w oliwie i zupełnie zabezpieczona od kurzu, przez szczelne zamknięcie bębna, góruje pod tym względem nad kołami zębatemi, do których jeżeli nie do wszystkich, to przynajmniéj do jednéj pary, kurz ma najzupełniejszy przystęp. Najsprawiedliwszym sędzią w tym razie, jest zużywanie się odpowiednich części; co do tego doświadczenie pokazuje, że po ścisłém obejrzeniu żniwiarki, po jéj całoroczném działaniu, droga wężykowata, nie ponosi obecnie żadnego uszczerbku, gdyż punkt jakikolwiek drogi, na obrót całego bębna czyli na 40 cięć, jest tylko raz w styczności z rolką, a rolka również, nie wielkiego doznawała zużycia, będąc stalową i hartowaną, a gdyby nawet i takowa większe przedstawiała zużycie, zmiana jéj nie przedstawia wiele trudności, a koszt również nieznaczny.

Pan L. Suchodolski właściciel majątku Wierzchowiny Zdżańskie w Lubelskiém ogłasza publicznie w „Wieku“ z d. 20 sierpnia 1878 r. iż z prób dokonanych w obecności licznie zgromadzonych sąsiadów doszedł do przekonania, że pod względem lekkości (uważając zmęczenie koni), żniwiarka „Warszawianka“ przewyższa o wiele żniwiarkę „Ceres,“ w sąsiednim pracującą folwarku.

Rolka cokolwiek koniczna, osadzoną jest na rolosadzie, który może podnosić się i opuszczać w swych przewodnikach, umieszczonych w nieruchoméj łapie, przymocowanéj do również nieruchoméj osi. To podnoszenie i opadanie rolosadu wraz z rolką, służy do zatrzymywania lub puszczenia w ruch kosy, w miarę tego, jak rolka jest swobodną po nad wężykowatą drogą, lub w niéj jest zagłębioną. Podniesienie lub zapadnięcie rolki, uskutecznia się za pomocą rączki, wystającéj na zewnątrz bębna i poruszanéj z łatwością przez siedzącego na koźle woźnicę. Rolosad zakończony jest ramieniem, przechodzącém przez tarczę zakrywającą bęben i połączony jest swym końcem z kosą, nadając jéj ruch w czasie biegu rolki. Stosunek ramienia, na którym działa rolka, do ramienia prowadzącego kosę, jest prawie 1 : 3,4, dając tym sposobem skok kosy $2^9/_{16}$ cali = 65 milimetrów.

Przyrząd tnący składa się jak i u innych żniwiarek z części *stałéj* i z części *ruchoméj*. Część stałą stanowią: Pochwa czyli palce wystające, służące do przytrzymywania zboża w czasie cięcia, jak również stanowiąca przewodnik dla suwającéj się w nim tam i nazad kosy. Część ruchomą stanowią: kosa, składająca się ze sztaby stalowéj płaskiéj, na któréj przynitowane są trójkątne noże. Cięcie samo, odbywa się pomiędzy palcami pochwy i jedną lub drugą stroną ostrą noża, zupełnie tak samo, jak pomiędzy dwoma połowami nożyc. Palce są przymocowane do silnéj sztaby żelaznéj, która jednocześnie podtrzymuje pomost drewniany obity blachą, służącą na zebranie dostatecznéj ilości zciętego zboża na jeden snopek. Oś stała na któréj obraca się bęben, jak również sztaba żelazna, mająca na sobie osadzone palce i pomost, są przymocowane do wiązania z żelaza lanego, mającego na końcu osadzony, dowolnie podnoszony lub opuszczany dyszel. Ten ruch ma przeznaczenie obniżać lub podwyższać cięcie, a uskutecznia się za pomocą śruby, opatrzonéj u góry kółkiem ręczném, spodem opiéra się na gummie umieszczonéj w baryłce, przymocowanéj dwoma śrubami do dyszla. Oparcie to miękkie, służy do znieczulenia wstrząśnień przeniesionych z pomostu.

Jednym z głównych jeszcze przyrządów każdéj żniwiarki są grabie, które prostotą swojéj konstrukcyi, również w „Warszawiance" się odznaczają. Cały przyrząd składa się z karuzeli, czyli koła opatrzonego na swym obwodzie rolkami, które w czasie ruchu, są zabierane kolejno przez 4 krzywe listwy na zewnętrznéj części bębna, od strony cięcia umieszczone. Na górnéj części karuzeli, są cztery czopy, służące za punkta obrotu ramionom, do których grabie są umocowane. Oś na któréj obraca się karuzela, jest kolankowata, umieszczona dolną częścią w głównéni wiązaniu, górna zaś część unosząca karuzelę, w skutek swego odchylenia, może być dowolnie przybliżaną lub oddalaną od bębna, a zatém puszczane w ruch lub zatrzymywane grabie, które uregulowane być winny w ten sposób, by jedne z nich pochylały tylko zboże w kierunku kosy, przechodząc wysoko po nad zbożem zciętém, leżącém na pomoście; drugie zaś dotykające prawie pomostu, służą do zrzucania uzbieranego na jeden snop zboża.

Na wytrzymałość części składowych żniwiarki p. Grubińskiego wpływa głównie i to, że wszystkie prawie części żelazne lane wchodzące w jéj skład dawniejszy, obecnie wykonywane są z żelaza tak zwanego kuto-lanego, posiadającego przymioty żelaza kutego, a zatém większą wytrzymałość od żelaza lanego [1]).

Podajemy tutaj rachunek siły odśrodkowéj działającéj na rolkę lub czopy, dokonany przez p. inżyniera A. Kuczyńskiego.

W a r s z a w i a n k a:

Średnia średnica biegu rolki $0{,}860^m$, ma 40 zwoi.

Jeżeli przyjmiemy prędkość postępową koni $0{,}90^m$; czas potrzebny na obrót całkowity bębna ($0{,}914^m$ średnicy) będzie wynosił 3,2 sekund, czas zaś

---

[1]) Żelazo *kuto-lane* jest takiem żelazem lanem, które posiada własności żelaza *kutego*, to jest ciągłość na gorąco i wytrzymałość przy gięciu, więc daje się kuć i szwejsować. Najważniejszą zaletą żelaza kuto-lanego jest to, że łącząc dobre przymioty obu ostatnich, nie posiada ich wad. Można bowiem tym odlewom nadawać dowolne kształty, a mimo to, nie będą one tak kruche i stosunkowo tak słabe jak żelazo lane i owszem zatrzymują moc prawie równą mocy żelaza kutego, nie przedstawiając przy wyrobie skomplikowanych części, takich trudności, jakie przy kuciu i wykończaniu napotykamy. Sposób wyrobu tego żelaza jest różny i bywa często jako tajemnica uważany.

Ostatniemi czasy użycie kuto-lanego żelaza, rozpowszechnia się przy budowie machin i narzędzi rolniczych, chociaż nie w tym stopniu, jakby to ze względu na jego przymioty zasługiwało; a przyczyną tego jest z jednéj strony dość wysoka cena, z drugiéj zaś ta okoliczność, iż wyrób większych części z tego materyału, z trudnością się udaje. Mamy już jednak niektóre części ważne w machinach rolniczych wyrabiane z żelaza kuto-lanego, jak w młocarniach, palce u żniwiarek, odkładnice przy pługach, gwoździe, wszystkie części do okuć okiennych, zamki, klucze, strzemiona i ostrogi, wyroby galanteryjne i t. p. W Warszawie istnieje już od dwóch lat specyalna fabryka żelaza kuto-lanego pp. Błaszkiewicza i Patzera, a wyroby z téj fabryki pochodzące, w niczem zagranicznym pod względem dobroci nie ustępują.

przebiegu jednego zwoju 0,08 sekundy. Droga wężykowata jest zakreślana promieniami $0{,}07^m$. Prędkość rolki $0{,}845^m$. Waga rolosadu z rolką 6,96 kilogramów; waga kosy z łącznikiem 2,92 kilogramów.

Odległość środka ciężkości rolosadu do osi obrotu jest 119 milimetrów; odległość środka rolki od osi obrotu 119 mm., (punkt ciężkości wypada na téjże odległości). Odległość od osi obrotu rolosadu do przymocowania kosy $0{,}406^m$. Waga kosy przeniesiona rachunkiem na rolkę jest 9,96 kilogramów. Jeżeli oznaczymy przez p wagę rolosadu z rolką, więcéj wagę kosy przeniesioną rachunkiem na rolkę; przez v prędkość rolki; przez g ($9{,}812^m$) przyśpieszenie ziemskie po jednéj sekundzie, a przez ρ promień drogi wężykowatéj dla rolki, to otrzymamy:

Siłę odśrodkową rolki $F = \frac{p \cdot v^2}{g \cdot \rho} = \frac{16{,}92^k \times 0{,}845^2}{9{,}812^m \times 0{,}07^m} = 17{,}59$ kilogr.

Jeżeli przypuścimy w następnych żniwiarkach, że czas trwania jednego cięcia jest również 0,08 sekundy, to otrzymamy następne wypadki:

Champion:

Waga kosy z łącznikiem 5,12 kilogramów.

Średnica koła zakreślonego czopem 89 milim. $v = 3{,}483^m$ (prędkość).

Siła odśrodkowa $F = 142{,}2$ kilogramów.

Ceres:

Waga kosy z łącznikiem 5,00 kilogramów.

Średnica koła zakreślonego czopem 89 mm. $v = 3{,}483^m$ (prędkość).

Siła odśrodkowa $F = 138{,}9$ kilogramów.

Ztąd widzimy, mówi p. Kuczyński, że działanie siły odśrodkowéj na rolkę nie jest tak wysokie, jak działanie téjże na czopy w innych żniwiarkach, a ztąd i sama konstrukcya nie jest wadliwą; lecz byłaby taką, gdyby łuki formujące drogę wężykowatą w *Warszawiance* były bardzo przykre, czyli zakreślane bardzo małymi promieniami, co znacznie zwiększyłoby siłę odśrodkową, a tém samém byłoby jéj wadą.

P. Grubiński buduje swoją żniwiarkę w fabryce machin pp. Scholtze, Repphan i Wsp. w Warszawie.

Mamy jeszcze dwie fabryki krajowe zajmujące się budową żniwiarek, a mianowicie fabryka p. Kraszewskiego w Warszawie w alei Jerozolimskiéj, produkuje machiny systemu Wooda, i p. F. Meyznera w Lublinie, która zajmuje się budową żniwiarek tak nazwanych *Lublinianek* w dwóch wielkościach, znanych już z konkursu odbytego w Rakowcu 1874 r. gdzie się wraz z innemi popisywały. Szczegółowy opis tych machin, znajdzie czytelnik w dziełku cytowaném w przypisku na str. 674, p. t.: „Żniwiarka."

481. Żniwiarka samowiążąca. Po 19-tu latach doświadczeń, fabryka Wooda, można powiedzieć, że rozwiązała nie małe zadanie, zbudowawszy żniwiarkę, która tnie, składa i wiąże równie dobrze zboże.

Figura 495 przedstawia rzeczoną machinę w działaniu. Przyciśnięte zboże grabiami, pada na pomost, będący płótnem bez końca. Płótno to przenosi zboże na elewator, zkąd dostaje się do przyrządu wiążącego, dwóch sprężyn półkulistych. Przyrząd wiążący stanowią dwa ramiona obejmujące zboże i jedno wiążące. Pierwsze ściskają snopek, drugie zaś, którego koniec opatrzony w przyrząd czółenkowy, na wzór maszyn do szycia Singera, okrąża

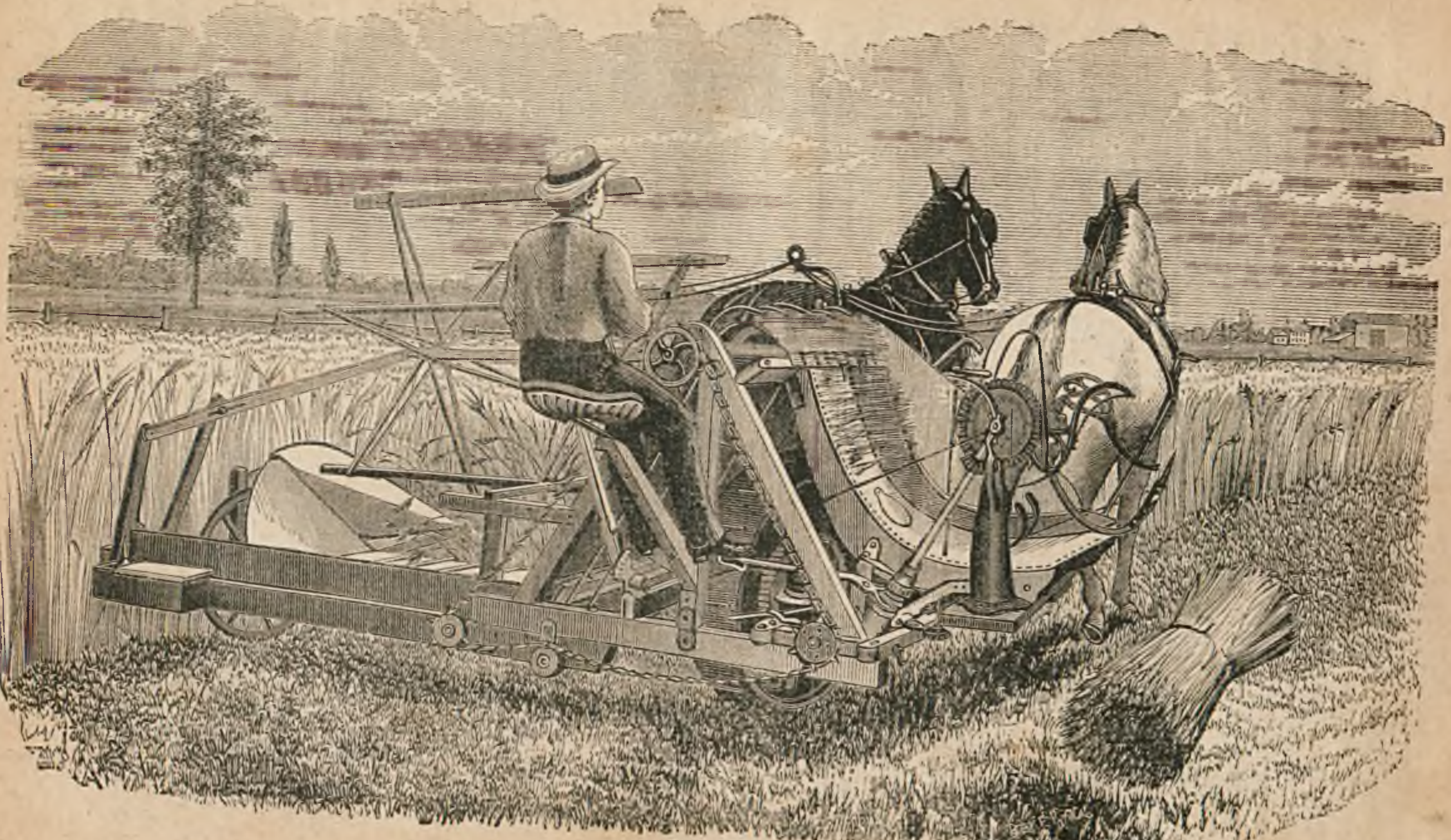


Fig. 495.

snopek drutem, sprężynami jednocześnie silnie ściąganym. Przyrząd opatrzony jest nożem, do obcinania drutu, a trybik za pomocą sztangi zębatéj obracany, końce takowe 6 razy skręca. Tak silnie ściśnięty i dokładnie związany snopek, składa przyrząd lekko na ściernisku.

Maszyna ta, na pozór skomplikowana, jest przecież bardzo prostą, w użyciu łatwą i trwałą, jak zwykła żniwiarka. Snopki wiążą się dowolnéj wielkości, według woli powożącego, odległość zaś ich od stojącego na pniu zboża 13 stóp wynosi.

Ważnym również warunkiem, jest to, że żadne źdźbło nie zostaje nie związane, a tém samém grabienie po żniwiarce jest niepotrzebne. Do obsługi maszyny używa się pary koni i jednego człowieka, który nie potrzebując się oglądać i spuszczać z uwagi koni, samém przyciśnięciem stopy, mechanizmu wiązania dokonywa.

Do wiązania snopków, używa się drutu Nr. 21, którego na funt wychodzi 375 stóp angielskich.

Jeżeli zważymy że cena funta drutu nie więcéj jak kop. 35 obecnie wynosi, że daléj uniknie się wszelkiéj straty zboża przy wiązaniu ręczném nieodzownéj, łatwo zrozumiemy, ile korzyści rolnictwu ta mechaniczna czynność przedstawia.

Mogą się jednak znaleźć tacy gospodarze, którzy są przeciwni wiązaniu drutem, jako materyałem kosztownym i mogącym uszkodzić młocarnię, jeżeli się go nie wyciągnie ze snopka. Ale zarzut ten nie ma podstawy; albowiem koszt drutu nie wynosi nawet tyle co koszt roboty powróseł, a nawet wpuszczony w młocarnię nie uszkodzi jéj tyle, ile kilkadziesiąt razy grubsze słomiane powrósło. Wiadomo jest zresztą, że w wielu miéjscach, zwłaszcza na Powiślu, wiążą snopki wiciami i dobrze na tém wychodzą. Ale fabryka Wooda przewidziała i tę okoliczność, i do każdéj maszyny dodaje nożyce, któremi przy młoceniu drut się przecina. Nożyce tak są urządzone, iż drut w nich po przecięciu więźnie, i musi być koniecznie ze snopka wyciągniętym.

Maszyna ta znajduje się w Warszawie na składzie u pp. Prądzyńskiego, Trylskiego i Współki [1]).

Szczegóły dotyczące budowy i działania żniwiarek i kosiarek znajdzie czytelnik w dziełku: „Żniwiarka, jéj historya, budowa i użycie," cytowaném w przypisku na str. 674.

482. Grabie mechaniczne. Grabie mechaniczne, zwykle i najkorzystniéj konno używane, służą z wielką korzyścią do grabienia siana, koniczyny i wszelkich traw, a oprócz tego także do grabienia kłosów po sprzątnieniu zboża, do zbierania perzu z pola, a pod pewnymi warunkami nawet do przykrywania siewu. Najistotniejszą przecież i największą korzyść przynoszą te grabie przez szybkie, czyste i dokładne zgrabianie siana, co téż jest ich główném zadaniem.

---

[1]) Dowiadujemy się obecnie, że p. F. Grubiński, chcąc aby mniejsi właściciele gruntów i włościanie korzystać ze żniwiarek również mogli, skonstruował zupełnie nową żniwiarkę, na siłę jednego konia, z wagą 450 funtów, którą 6 morgów 300-prętowych ściąć będzie można. Cena jéj prawdopodobnie 100 rubli nie przeniesie. Prostota jéj mechanizmu ma być tak nadzwyczajną, że żadna ze znanych żniwiarek, nie może jéj w tym względzie sprostać. Na przyszłe żniwa (r. 1879) mamy ją ujrzeć w działaniu.

Grabie, które Figura 496 przedstawia, zbudowane są na wzór Ransoma i Howarda, a odznaczają się prostym mechanizmem, łatwością regulowania zębów i odpowiedniem celowi wygięciem tychże zębów. Główne części téj machiny są następujące. Rama żelazna jest zbudowana w kształcie prostokąta, którego dwa boki podłużne są z żelaza kutego, a dwa boki poprzeczne, w których leżą osie dwóch kół biegowych, z żelaza lanego. Na pręcie żelaznym, okrągłym, wzdłuż przedniego boku ramy, osadzone są za pomocą pierścieni pałąkowate zęby żelazne, kute, które pierścieniami na pręt nawleczone, spuszczają się zewnątrz tylnego boku ramy aż do ziemi, trafiając ostrymi końcami prawie pod osie kół biegowych. Ząb każdy, na osobnym osadzony pierścieniu, ma swój ruch osobny, od ruchu innych zębów niezawisły, zaczém idzie, że ilekroć jeden lub kilka zębów, na jakąś trafią przeszkodę, np. na kamień, kępę lub jakąkolwiek nierówność, wtedy podnoszą się same i spuszczają jak klawisze i z łatwością wszelkie przeszkody omijają. Wzdłuż zagonów lub składów prowadzone grabie, przylegają wszystkiemi zębami, tak do grzebienia zagonów, jak i do bruzd ich i wklęsłości.

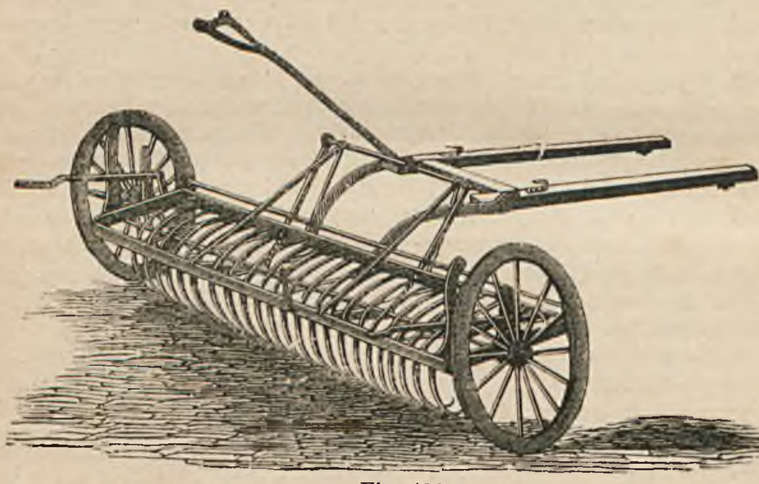


Fig. 496.

Drążki mechaniczne przy obudwu kołach widzialne, służą do regulowania położenia zębów, a rękojeść długa po nad zębami stercząca, służy do podnoszenia i spuszczania całego rzędu zębów. Podnoszenie to i spuszczanie zębów, jest jednym z głównych warunków działania grabi. Woźnica prowadzi konia i grabie w poprzek pokosów, a ilekroć się zęby sianem zapełnią, robotnik za grabiami idący naciska rękojeść i podnosząc przez to cały rząd zębów, wyrzuca siano zabrane. Powtarza to samo w pewnych równych odległościach, a po każdém nawróceniu zbiera i wyrzuca tak, aby zgrabione i wyrzucone siano układało się w długich rzędach, które potém albo temiż grabiami, albo lepiéj jeszcze spychaczem zbijają się w kupki. Tym sposobem grabienie siana odbywa się czysto i prędko. Grabie ważą około 500 funtów.

483. Młocarnia parowa. Młocarnie parowe (Fig. 497) mają nie tylko wialnię, ale i przyrządy do dwukrotnego czyszczenia, oraz do gatunkowania zboża, tak jak go na targ, do siewu, mlewa lub innych celów używać można. Mechanizm omłotowy jest zwyczajny. Bęben jest z żelaza kutego z 8 rowkowanymi bijakami. Przetrząsacz składa się z 5 korytkowych przetaków, które odbywają ruch podłużny i podskakujący. Ziarna przez przetaki czyli szpary przetrząsacza przelatują i spadają na dno pod przetrząsaczem leżące, zkąd razem z ziarnem wprost z kosza klepiskowego spadającém, dostają się poniżéj bębna na dziurkowany przetak drewniany, przepuszczający ziarna i części drobniejsze, a strząsający i wyrzucający ruchem swoim słomki, kłosy i inne grubsze nieczystości. Poniżéj tego trzęsionego przetaka, zbierają się ziarna z drobnemi nieczystościami do przymocowanego tamże pudła i przechodzą bokiem przez strumień wiatru, który wydmuchuje plewy, kurz i inne nieczystości.

Fig. 497.

Tak wywiane i oczyszczone zboże dostaje się do przyrządu ślimakowego, umieszczonego w bębnie blaszanym który rozcina kłosy, wyciera ziarna, a mianowicie: czyści jęczmień z wąsów, poczém sprowadza ziarna na drugą stronę machiny, gdzie je podejmuje elewator i podnosi do drugiego przyrządu czyszczącego. Jest to przyrząd na podobieństwo zwyczajnych młynków do czyszczenia zboża, z którego oczyszczone ziarna dostają się do sortownika, rodzaju bębna, zkąd na 3 gatunki rozsortowane ziarna, spadają do tyluż zawieszonych worków. Przez nastawienie zasuwki można także, zanim ziarna przejdą do sortownika spuścić wszystkie razem, bez rozgatunkowania. Tak samo spuszczać można zanim przejdą przez drugi przyrząd do czyszczenia, w którym to razie wszystkie ziarna, elewatorem w górę podniesione, rurą obok tegoż elewatora umieszczoną sprowadzone być mogą wprost do worka, obok zawieszonego.

Pomiędzy tym ostatnim przyrządem do czyszczenia, a elewatorem, można wreszcie użyć jeszcze jednego przyrządu, którego zadaniem jest ziarna zbożowe trudno się wyłuskujące, mianowicie ziarna pszenicy i jęczmienia, wycierać i z łupin wyłuskiwać. Przez zastawienie odpowiedniéj zasuwki i odjęcie pasa, można ruch tego przyrządu wstrzymać, jeżeli wyłuskiwanie okaże się być zbyteczném, albo téż przyrząd ten w budowie młocarni całkiem opuścić. Wiatr do kilku przyrządów potrzebny, pochodzi z wentylatora, którego skrzydła ukośne, osadzone są bezpośrednio na przedłużonym wale bębna omłotowego w pudle leżącém, na zewnątrz młocarni, zkąd wiatr różnymi kanałami prowadzi się do miejsc właściwych i reguluje za pomocą odpowiednich zasuwek.

Młocarnie takie wyrabiają się w różnych wielkościach czyli szerokościach; najzwyczajniejszą i najbardziéj używaną, do poprzecznego nakładania zboża zupełnie wystarczającą, jest szerokość 54 cali angielskich. Potrzebuje ona do lokomobili parowéj 7 do 8 koni, oraz 16 do 18 ludzi do obsługi. Im liczniejsza i lepsza usługa, tym młocarnia więcéj wymłaca, to jest około 150 korcy czystego i rozgatunkowanego ziarna, w 10 godzinach dziennéj roboty. Taka młocarnia waży około 6000 funtów.

484. Sieczkarnia 3 i 4-ro-kosowa ręczna. Sieczkarnie bębnowe ręczne mają skład i kształt przedstawiony na Figurze 498. Najmniejsza z takich sieczkarń ręcznych ma na bębnie 3 tylko noże, długości 11 $^1/_2$ cali i jedno

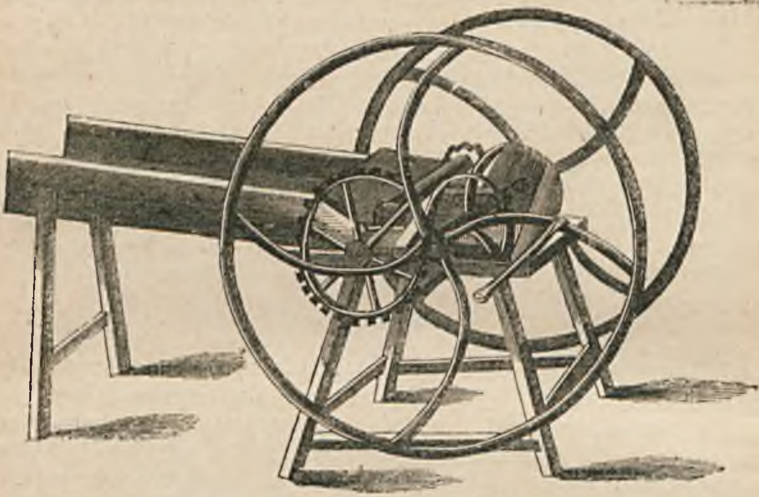


Fig. 498.

tylko koło zamachowe. Jestto sieczkarnia 3-kosowa ręczna, w ostatnich czasach nieco powiększona. Walce poddające słomę, mają rowki czyli karby podłużne. Dwóch robotników obraca ją łatwo, a przy pomocy nakładacza, układającego słomę w ladzie, dostarczają około 8 korcy drobnéj sieczki na godzinę, grubszéj stosunkowo daleko więcéj.

Sieczkarnia mała czterokosowa ręczna, znacznie jest większa od poprzedzającéj, i więcéj téż sieczki dostarcza. Ma ona na bębnie cztery noże długości 14 $^1/_2$ cali, dwa koła zamachowe i potrzebuje siły 2-ch do 3-ch ludzi; daje drobnéj sieczki 12 korcy w godzinie czasu. Walce poddające słomę, są także podłużnie karbowane, gdyż takie przy

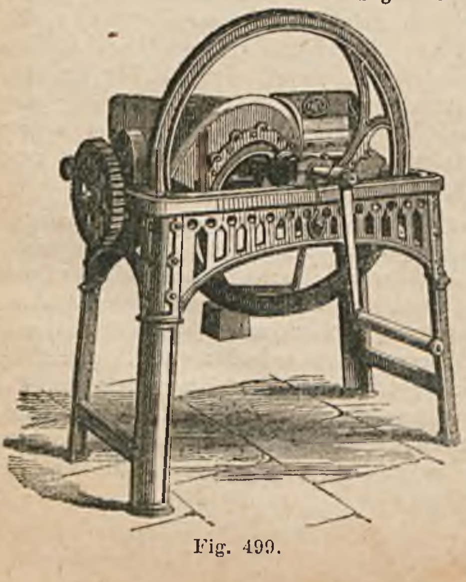


Fig. 499.

ręcznym obrocie sieczkarni, daleko mniéj oporu stawiają. Sieczkarnia ręczna 3-kosowa waży około 350 funtów, 4-kosowa mała 560 funtów, a 4-kosowa średnia około 900 funt.

Również są w powszechném użyciu sieczkarnie *Picksleya* z nożami osadzonemi na kole rozpędowém. Jest to system ten sam jak w dobrze znanych Ewansowskich. Są zastosowane do użytku ręcznego i do manężu (Fig. 499).

485. Szarpacz czyli rozdrabiacz Bentalla i rozdrabiacz do makuchów. Szarpacz czyli rozdrabiacz Bentalla, także rozbryjaczem zwany, przedstawiony na Figurze 500, zjednał sobie oddawna wielkie i powszechne u gospodarzy wiejskich uznanie. Różni on się od wszystkich siekaczów tém, że nie kraje ani szatkuje ostrzami nożowemi, tylko wyszarpuje drobne kawałeczki kartofli lub ćwikły, drobi je prawie na miazgę i wydaje tym sposobem raczéj massę do rozbryjenia i pomięszania sposobną, aniżeli oddzielne kawałki. Ztąd pochodzi, że szarpacz ten jest używany przedewszystkiem do przyspasabiania-paszy zagrzewanéj t. j. do mięszaniny z sieczką, która się przez krótkie zamknięcie w fermentacyę wprawia i bardzo przez angielskich i niemieckich gospodarzy zachwalaną, daje paszę.

Konstrukcya téj machiny, jest bardzo prosta. Na drewnianym postumencie leży kosz żelazny, którego tylną ścianę pochyłą, tworzy krata. W koszu tym wisi na wale w dwóch panewkach, bęben cylindrowy, a powierzchnia tegóż bębna, naszpilkowana jest żelaznymi płaskiemi a ostrymi kolcami, tak rozstawionymi, że przy obrocie bębna, który także równocześnie nadaje przeciwny obrót, tuż pod nim leżącéj śrubie żelaznéj, kolce owe wpadają zawsze i jak najregularniéj w gwinty téjże śruby. Zbliżając się do gwintów śruby, wyrywają ostrzem swojem drobne kawałeczki nałożonych roślin pastewnych i przepychając je przez wązkie owe gwinty, drobią je na miazgę, tak iż te wychodzą w kształcie drobnéj i miękkiéj massy. Kolce żelazne na bębnie, zabite są twardymi klinikami drewnianymi, tak, iż każdy kolec zużyty lub wypchnięty, łatwo da się nabić, przyczém naturalnie uważać należy, aby każdy kolec przy obrocie bębna i śruby, w gwint téjże śruby trafiał.

Fig. 500.

Szarpacz taki miewa dwie wielkości. Ręczny mniéjszy ma bęben szerokości 12 cali, potrzebuje do obsługi dwóch ludzi i drobi do 5 korcy na godzinę. Szarpacz większy, z bębnem 16 cali szerokim, urządzony jest do manężu, ma na ten cel wał przedłużony, czopem o 3-cią panewkę w koziołku oparty, wraz z szajbą pasową i wydaje drugie tyle roboty. Ręczny mniéjszy waży

Fig. 501.

około 370 funt., większy manożowy około 520 funtów.

Rozdrabiacz Picksleya do kuchów (Figura 501) służy, jak sama nazwa wskazuje do rozdrabiania i przyspasabiania ich przez to na karm dla inwentarza lub téż jako nawóz. Rozdrabianie to, uskutecznia się za pomocą walców karbowanych poruszanych korbą na kole zamachowém osadzoną i przy pomocy dwóch kółek zębatych. Tak pognieciony makuch, spada po pochyłéj ramie opatrzonéj podłużnymi otworami do naczynia znajdującego się na dole; cząstki zaś na mąkę starte, przéchodzą przez sito do osobnego naczynia. Cały ten mechanizm jak figura pokazuje, zbudowany jest z kutego i lanego żelaza.

486. Sikawka gospodarska.

Pompy ręczne mają właściwe swe zastósowanie przy *Sikawkach pożarnych*[1]). Sikawki są pompami przenośnemi, oddające wodę nie rurami, ale wyrzucanym strumieniem. Ponieważ zwyczajne pompy nie wylewają regularnie wody, przeto jakeśmy to już wyżéj mówili, dodaje się sikawkom pożarnym *zbiornik powietrza* czyli *dzwon powietrzny* (Windflasche), do którego tłoki pomp wodę wpychają, nim się takowa do rury wylotowéj dostanie. Stósownie do swojéj wielkości i do swego przeznaczenia są sikawki przenośne, przewożone na kołach; poruszane rękami ludzkiemi lub parą wodną. Czasami wielkie sikawki przy zakładach przemysłowych są machinami stałemi, poruszane parą lub wodą.

Każda sikawka pożarna posiada jeden albo dwa cylindry tłokowe z mosiądzu lub brązu z wentylem ssącym i tłoczącym; dzwon powietrzny połączony rurami z cylindrami tłokowymi; następnie posiada rurę ssącą i wylotową wraz z kiszką i munsztukiem; w końcu wahadło czyli balansier połączony z tłokami pomp za pomocą trzonów i skrzynię z blachy żelaznéj albo téż drewnianą w któréj się cały mechanizm znajduje. Woda do sikawki dostarcza się albo węborkami parcianymi, skórzanymi lub téż kubełkami drewnianymi albo blaszanymi, albo téż pompuje się ją wprost z rzeki, sadzawki lub kranu wodociągowego jak to ma miejsce po wielkich miastach, gdzie istnieją wodociągi.

Sikawka pożarna dwukołowa, na Figurze 502 wyobrażona, zbudowaną została w fabryce machin p. A. Troetzera w Warszawie, produkowaną była na wystawie powszechnéj w Wiedniu, we Filadelfii, gdzie otrzymała medal zasługi, następnie na wystawie przemysłowo-rolniczéj we Lwowie w r. 1877 odbytéj, a obecnie produkowaną była na wystawie powszechnéj w Paryżu (1878 r.) z tą tylko odmianą, iż umieszczono ją teraz na resorach, których dawniéj nie miała.

---

[1]) Obacz § 378 na str. 445 gdzie są podane zasady budowy sikawek pożarnych.

Sikawka ta posiada dwa cylindry tłokowe i dzwon powietrzny; wyrzuca wodę dwoma strumieniami w minucie czasu 36 wiader czyli 432 litry, pionowo do góry do wysokości (90 stóp ang.) 27,5 metrów, poziomo na odległość (135 stóp ang.) 41,2 metrów, otworem munsztuka ($^3/_4$ cala ang.) 19 millimetrów średnicy, przy 50 podwójnych poruszeniach tłoka. Prócz kół, cała sikawka wyrobiona z żelaza, mosiądzu i miedzi; a mianowicie: cylindry, rury, krany i tłoki wykonane są z mosiądzu, a rura wylotowa i dzwon powietrzny z miedzi. Cała sikawka waży 528 kilogramów.

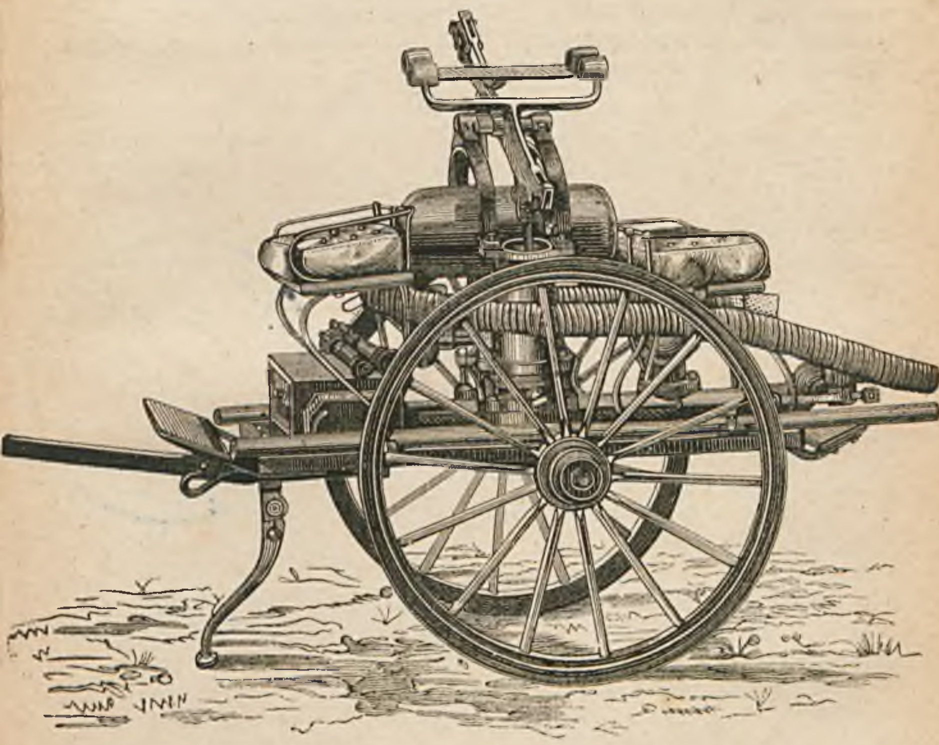


Fig. 502

Sikawka ta różni się od innych lekkością i ozdobną powierzchownością. W długoletnich doświadczeniach nad udoskonaleniem konstrukcyi sikawek, p. A. Troetzer starał się o następujące warunki: a) żeby sikawka przeznaczona do gaszenia pożaru, prócz tego że będzie spełniać dobrze swe zadanie, zajmowała bardzo mało miéjsca, a to dla dogodnego kierowania nią w najwęższych ulicach i ciasnych podwórzach; b) żeby była lekka do transportu i nieskomplikowanéj budowy, a na wypadek zepsucia, aby ją można było w jak najkrótszym czasie i jak najtaniéj naprawić. Sikawka na rysunku wyobrażona odznacza się rzeczywiście lekkością i mało zajmuje miejsca; daje się łatwo rozebrać i na powrót złożyć, gdyż po odśrubowaniu jednéj pokrywki przytwierdzonéj jedną tylko śrubą, wszystkie 4 wentyle wyjmują się i po oczyszczeniu znowu zakładają a cała ta operacya potrzebuje 5 minut czasu. Skórzane tłoki okazały się dla sikawek zupełnie niepraktycznymi, dla tego że skóra zeschnięta czasami zupełnie nie pozwala działać sikawce podczas pożaru, a dla zastąpienia jéj nową potrzeba częstokroć posyłać bardzo daleko, a tymczasem właściciel zmuszony jest obywać się bez tak potrzebnego przyrządu; z tego też powodu tłoki skórzane zastąpiono tu metalowymi, przy użyciu sznurka bawełnianego nasmarowanego łojem. Takiego tłoka nie potrzeba już posełać do fabryk do reparacyi, ponieważ każdy miejscowy robotnik może takowy naprawić, a materyał znajduje się w każdym domu gospodarskim.

KONIEC.

SPIS RZECZY.

ROZDZIAŁ I.
Zasady arytmetyki i algebry.

ROZDZIAŁ II.
Zasady geometryi.

ROZDZIAŁ III.
Zasady solidometryi.

ROZDZIAŁ IV.
Zasady trygonometryi płaskiéj.

ROZDZIAŁ V.
Miary i wagi.

ROZDZIAŁ VI.
Statyka ciał stałych.

ROZDZIAŁ VII.

O wytrzymałości materyałów.

ROZDZIAŁ VIII.

Dynamika, czyli nauka o ruchu ciał stałych.

ROZDZIAŁ IX.

Hydraulika, czyli o równowadze i ruchu ciał płynnych.

ROZDZIAŁ X.

Aerostatyka i aerodynamika, czyli o równowadze i ruchu płynów sprężystych.

ROZDZIAŁ XI.

O ciepliku.

ROZDZIAŁ XII.

O kotłach parowych i przyrządach do nich należących.

ROZDZIAŁ XVII.
Wiatraki i siły zwierzęce.

ROZDZIAŁ XVIII.
Środki transportowe na wodzie i lądzie.

ROZDZIAŁ XIX.
Młyny i olejarnie.

ROZDZIAŁ XX.
Machiny służące do obróbki drzewa i metali.

ROZDZIAŁ XXI.

Ogrzewanie, przewietrzanie i oświetl.

ROZDZIAŁ XXII.

Przemysł gospodarczy i machiny rolnicze.