

przyczem b wyraża szerokość pasa w m , D — średnicę koła pasowego w m , n — ilość obrotów koła pasowego na minutę.

Dla obliczenia **kół zębatach** można stosować wzory Levis'a, wskazane w „Polskim Kalendarzu Technicznym“ 1914 r. Cz. I, str. 168 i osobno podane również na końcu książki niniejszej.

Uzupełniając dane Levis'a co do obciążeń bezpiecznych kół zębatach, należy zaznaczyć, że w wypadkach, gdzie chodzi o oszczędność w wymiarach mechanizmów, np. przy konstruowaniu kół zębatach, pracujących z zębatką pociągową suportów tokarek lub wrzecion wiertarek i t. p. lub w magazynach przekładni zębatach, używana jest często na koła zębate stal chromowo-niklowa lub innych podobnych gatunków, które dopuszczają największe obciążenie bezpieczne do $35-40 \text{ kg/mm}^2$.

Przy obliczaniu **wrzecion stalowych**, pracujących na zginanie i skręcanie, stosować można obciążenie bezpieczne $k = 400 \text{ kg/cm}^2$. Dla długich wrzecion, pracujących prawie wyłącznie na skręcanie, np. dla wrzecion wiertarek, dopuszczalne obciążenie wyniesie $k_d = 200 \text{ kg/cm}^2$.

Łożyska wrzecion obliczone są na ciśnienie jednostkowe około $k = 15 \text{ kg/cm}^2$ lub więcej.

Prowadnice suwaków są obciążone przez $k = 20 \text{ kg/cm}^2$ (w węższej części prowadnicy).

Spółczynniki tarcia i sprawności. Przy obliczaniu sprawności przyjmujemy:

Spółczynnik tarcia prowadnic dotartych i smarowanych $i = 0,05$,

Spółczynnik sprawności jednej przekładni zębatej wraz z odpowiednimi łożyskami $\eta = 0,95$ do $0,9$.

Przekładnie ślimakowe należy obliczać osobno.

Ogólny współczynnik sprawności zwyczajnych tokarek, strugarek, gryzarek, wiertarek i t. p. wynosi średnio $\eta = 0,75$.

C. Określenie wydajności obrabiarek i układanie dla nich tablic kalkulacyjnych.

Określenie wydajności tokarek i wytaczarek.

W celu określenia wydajności tokarek lub wytaczarek należy wskazać największą ilość liczonej na kole pasowym energii, jaką obrabiarka jest w stanie wykorzystać. O ile obrabiarka posiada koło pasowe stopniowe, moc należy określić dla wszystkich stopni, ponieważ każdy stopień przenosi inną ilość energii. Należy zauważyć, iż najmniejszy stopień koła pasowego przenosi największą ilość energii, łatwo bowiem się przekonać, że prędkości obwodowe stopni koła pasowego wzrastają szybciej, niż zmniejszają się ich

promienie. Powyższą ilość energii można wyrazić w koniach mechanicznych lub w jej równoważniku — w ilości wiórów, skrawanych na godzinę, zgodnie ze wskazanymi wyżej wzorami. Należy przytem brać wióry jakiegoś najczęściej używanego i możliwie jednolitego materiału, np. stali t. zw. „osiowej“ o wytrzymałości 50 do 60 kg na 1 mm² lub, jak to było wskazywane wyżej, stali średniej twardości.

Określenie wydajności obrabiarki w postaci ilości energii, oddawanej jej przez pas lub silnik elektryczny, nie wystarcza, ponieważ nie zawsze można zbudować tokarkę, która byłaby w stanie wykorzystać zaprojektowaną dla niej ilość energii przy wszystkich bez wyjątku przewidzianych dla niej ilościach obrotów wrzeciona. Przedewszystkiem dotyczy to tokarek dużych. W tokarkach tych w celu umożliwienia toczenia przedmiotów o dużej średnicy i z twardego materiału przewiduje się bardzo małe ilości obrotów wrzeciona. Wykorzystanie całkowitej ilości energii, jakiej dostarczyć może obrabiarka pas, przy najmniejszych ilościach obrotów wrzeciona dałoby w tym wypadku zbyt duży moment skręcania wrzeciona, tak duży, że wymiary najwięcej obciążonej przekładni zębatej, pędzącej bezpośrednio wrzeciono lub wieniec tarczy, jak również wymiary samego wrzeciona wypadłyby monstrualnie duże. Wobec tego przy najmniejszych ilościach obrotów wrzeciona musimy zrezygnować z wykorzystania całej ilości energii, jaką obrabiarka może odebrać od pędni lub silnika. Nie wystarcza więc wskazać największą ilość energii, wprowadzonej do obrabiarki, należy podać jeszcze i te ilości obrotów wrzeciona, przy których niema możliwości wykorzystania całkowitej ilości energii, ściślej zaś biorąc, należy wskazać największy dopuszczalny moment skręcania na wrzecionie, wyrażony w miarach powszechnie używanych. np. w kilogramomilimetrach, albo wprost największą dopuszczalną siłę skrawania na pewnej średnicy toczenia. Siła zaś skrawania może być zamieniona przez odpowiedni przekrój wióra jakiegoś powszechnie używanego metalu (np. stali osiowej), skrawanego na określonej średnicy toczenia.

Ten drugi warunek, t. j. moment skręcania na wrzecionie jeszcze nie wyczerpuje całkowicie określenia wydajności tokarki. Przy niezmiennym momencie skręcania w miarę zmniejszania ramienia momentu (w danym przypadku promienia toczenia) siła wzrasta. Zmniejszając więc średnicę toczenia i chcąc wyzyskać cały moment skręcania, moglibyśmy dojść do siły skrawania niemal nieskończenie wielkiej, której nie oparłyby się ani nóż, ani jego umocowanie, ani wrzeciono tokarki, ani jego łożysko. Stąd wynika konieczność ujęcia jeszcze trzeciego ograniczenia wydajności obrabiarki: ograniczeniem tem jest największa dopuszczalna siła skrawania, względnie największy dopuszczalny przekrój wióra, skrawanego z pewnego materiału.

Dla ścisłego określenia wydajności tokarki należy więc wskazać:

- 1) największą ilość energii, jaka może być wykorzystana na kole pasowem (względnie na każdym stopniu koła pasowego),

2) największy dopuszczalny moment skręcania wrzeciona w kilogramo-milimetrach,

3) największą dopuszczalną siłę skrawania w *kg*.

Wszystkie te trzy wielkości można zamienić ich równoważnikami, które robotnik łatwiej sobie uzmysławia, a mianowicie:

1) największą ilością kilogramów wiórów danego materiału, skrawanych w przeciągu godziny. lub — jeszcze lepiej — równoważnikiem $f \cdot v$ (patrz wzory poprzednie),

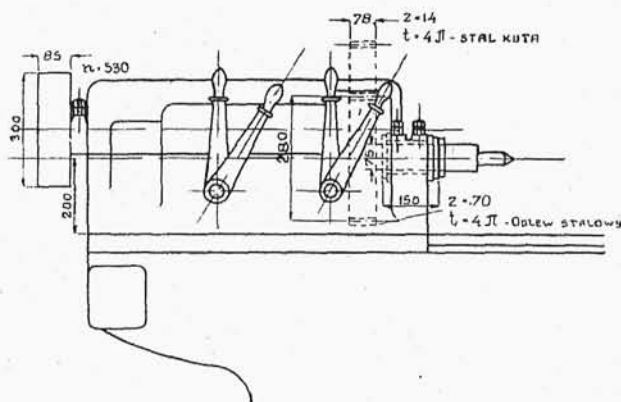
2) największym dopuszczalnym przekrojem wióra w mm^2 przy danej średnicy toczenia, lub — jeszcze lepiej — wskazaniem tych ilości obrotów wrzeciona, przy których całkowita ilość energii nie da się wykorzystać, zmniejszając odpowiednio iloczyn $f \cdot v$ dla tych ilości obrotów,

3) największym dopuszczalnym przekrojem f mm^2 wióra z danego materiału, jaki wogóle może być skrawany na danej obrabiarce.

Wychodząc z tych założeń, możemy całkowicie określić wydajność tokarki i ułożyć otrzymane przy tem wyniki w tablicę, która ułatwiłaby tokarzowi umiejętne wyzyskanie tokarki, a kalkulatorowi określenie czasu, potrzebnego na wykonanie na tokarce odpowiednich robót. Dla przykładu przytaczam obliczenia wydajności i otrzymane stąd tablice kalkulacyjne dla 2-ch tokarek: „A” i „B”. Pierwsza z nich szybkobieżna z pojedynczym kołem pasowym, a druga zwyczajna — z kołem pasowym stopniowym.

Obliczenie wydajności tokarki szybkobieżnej „A”.

Na zamieszczonym niżej szkicu podane są te wymiary, które należy na tokarce zmierzyć, przystępując do obliczeń, a mianowicie: wymiary napędzającego koła pasowego, przekładni zębatej ostatej, bezpośrednio napędzającej wrzeciono, i wymiary przedniej szyjki wrzeciona. Oprócz tego należy zmierzyć wysokość kłów i ich odległość, średnice toczenia nad suportem i nad łożem. Notujemy również 16 kolejnych ilości obrotów wrzeciona



Rys. 5.

$n = 5,8 - 8 - 9,5 - 13,5 - 18,5 - 26 - 31 - 44 -$
 $- 58 - 80 - 95 - 135 - 188 - 260 - 310 - 440,$

8 posuwów suportu wzdłuż

$$t = 0,27 - 0,37 - 0,53 - 0,75 - 0,96 - 1,5 - 2,1 - 3 \text{ mm}$$

wreszcie 8 posuwów suportu wpoprzek, stanowiących 0,7 posuwów wzdłużnych.

Największą wprowadzoną przez koło pasowe ilość **energji** obliczamy podług wyżej podanych wzorów:

$$N = 0,7 \cdot b \cdot D \cdot n = 0,7 \cdot 0,08 \cdot 0,3 \cdot 530 = 8,9 \text{ k. m.}$$

Największy dopuszczalny **moment skręcania** na wrzecionie obliczamy, wychodząc z wytrzymałości przekładni kół zębatych, napędzających bezpośrednio wrzeciono. Najslabszym elementem są tu zęby mniejszego koła zębatego o 14 zębach i podziałce 4π . Podług tablic Levis'a otrzymujemy dopuszczalną siłę na obwodzie tego koła $P = 1250 \text{ kg}$. Stąd dopuszczalny moment skręcania na wrzecionie wyniesie

$$M_d = 1250 \frac{4 \cdot 70}{2} = 175.000 \text{ kgmm.}$$

przyczem 4 jest moduł, a 70 — ilość zębów większego koła przekładni.

Największą **siłę skrawania** otrzymujemy, obliczając dopuszczalny ze względu na wycieranie się panewek nacisk na łożysko wrzeciona. Dla średnicy szyjki wrzeciona 75 mm przy długości jej 150 mm i przy dopuszczalnym obciążeniu 15 kg na 1 cm^2 rzutu na płaszczyznę osiową otrzymujemy największy nacisk $P = 15 \cdot 15 \cdot 7,5 = 1687,5 \text{ kg}$. W przypuszczeniu dobrego materiału panewek i dobrego ich wykończenia możemy przyjąć $P = 2000 \text{ kg}$.

Otrzymane dane dla dopuszczalnego momentu skręcania i nacisku należałoby jeszcze sprawdzić, przeliczając samo wrzeciono, obciążone przez powyższy moment skręcania i nacisk noża. Praktyka jednak niedużych obrabiarek wskazuje, iż najslabszym elementem są tam koła zębate i panewki i przeważnie można się obyć bez sprawdzania samego wrzeciona, którego wymiary zwykle są dostatecznie duże ze względu na uniknięcie możliwych odkształceń i drgań.

Znajdziemy teraz odpowiednie **równoważniki** wyżej określonych trzech wielkości.

Podług znanych nam już wzorów dla stali średniej twardości $f \cdot v = 20 \cdot N \frac{\gamma_h}{\gamma} = 20 \cdot 8,9 \cdot \frac{0,7}{0,75} \approx 160$ (ułamek $\frac{\gamma_h}{\gamma} = \frac{0,7}{0,75}$ wprowadzono tu z tego względu, iż tokarki szybkobieżne ze skrzynkami zmianowymi, zawierającymi duże ilości kół zębatych, posiadają sprawność 0,7, a nie 0,75, jak to przyjęto poprzednio przy obliczaniu równoważnika $f \cdot v$).

$$\text{Dla żeliwa miękkiego } f \cdot v = 40 \cdot N \frac{\gamma_h}{\gamma} \approx 320.$$

Zamiast równoważnika dla momentu skręcania znajdujemy te ilości obrotów wrzeciona, przy których nie możemy wykorzystać całkowitej ilości energii, jakiej dostarczyć nam może pas lub silnik; obliczamy również dla tych obrotów odpowiednie dopuszczalne wielkości iloczynów $f \cdot v$.

Najmniejsza ilość obrotów n , przy której daje się osiągnąć całkowite $N = 8,9$ k. m., a więc i całkowite powyżej obliczone $f \cdot v$ ze względu na dopuszczalny moment skręcania wrzeciona $M_d = 175000$ kgmm, otrzymujemy ze wzoru:

$$n = 716200 \frac{N \cdot \eta}{M_d} = \frac{716200 \cdot 8,9 \cdot 0,7}{175000} = 25,5 \approx 26 \text{ obr./min.}$$

Dla mniejszych ilości obrotów otrzymujemy $f \cdot v$ odpowiednio mniejsze, a mianowicie:

$$\begin{aligned} \text{dla stali przy } n = 18,5 & \quad f \cdot v = \frac{160 \cdot 18,5}{26} = 110 \\ \text{przy } n = 13,5 & \quad f \cdot v = \frac{160 \cdot 13,5}{26} = 84 \\ \text{przy } n = 9,5 & \quad f \cdot v = \frac{160 \cdot 9,5}{26} = 58 \\ \text{przy } n = 8 & \quad f \cdot v = \frac{160 \cdot 8}{26} = 50 \\ \text{przy } n = 5,8 & \quad f \cdot v = \frac{160 \cdot 5,8}{26} = 36. \end{aligned}$$

Dla żeliwa te same wielkości powiększamy dwukrotnie. Jako równoważnik siły skrawania otrzymujemy największy dopuszczalny przekrój wióra:

$$\begin{aligned} \text{dla stali średniej twardości } f &= \frac{P}{180} = \frac{2000}{180} = 11 \text{ mm}^2 \\ \text{dla żeliwa miękkiego } f &= \frac{P}{90} = \frac{2000}{90} = 22 \text{ mm}^2. \end{aligned}$$

Powyższe dane całkowicie wyczerpują określenie wydajności omawianej tokarki i mogą być ujęte w tablicę kalkulacyjną. Tablica ta uzupełniona jest przez wskazanie czasu, potrzebnego dla obtoczenia na danej tokarce wałka o długości 100 mm dla każdej ilości obrotów i dla każdego posuwu, jakie posiada omawiana tokarka, podług następującego wzoru:

$$T = \frac{100}{n \cdot t} \text{ minut.}$$

Np. dla $n = 5,8$ obr. na minutę i $t = 0,27$ mm, czas, potrzebny na obtoczenie każdych 100 mm długości wałka, wyniesie:

$$T = \frac{100}{5,8 \cdot 0,27} = 63,7 \text{ min.}$$

Tokarka pociągowa szybkobieżna № A.

Wysokość kłów 200 mm.
 Odległość kłów 1500 mm.
 Średnica toczenia nad suportem 280 mm.
 Średnica toczenia nad łóżem 400 mm.
 Średnica i szerokość toczenia w wygięciu . . 600 × 200 mm.
 Dopuszczalny przekrój wióra dla stali zwykłej . . $f = 11 \text{ mm}^2$.
 " " " dla żeliwa miękkiego . $f = 22 \text{ mm}^2$.

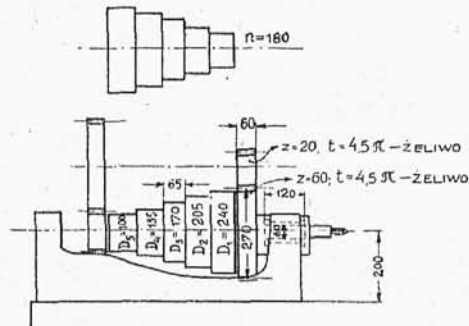
$f \cdot v$ dla stali zwykłej	36	50	58	84	110	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160
$f \cdot v$ dla żeliwa miękkiego	72	100	116	168	220	320	320	320	320	320	320	320	320	320	320	320
Obroty wrzeciona	5,8	8	9,5	13,5	18,5	26	31	44	58	80	95	135	185	260	310	440
0,27	63,7	46	39	27,4	20	14,2	11,9	8,4	6,37	4,6	3,9	2,74	2	1,42	1,19	0,84
0,37	46,5	33,5	28,5	20	14,6	10,3	8	6,15	4,65	3,35	2,85	2	1,46	1,03	0,8	0,62
0,53	32,5	23,6	19,9	14	10,2	7,25	6,1	4,3	3,25	2,36	1,99	1,4	1,02	0,725	0,61	0,43
0,75	23	16,7	14	9,9	7,2	5,1	4,3	3,04	2,3	1,67	1,4	0,99	0,72	0,51	0,43	0,30
1,06	16,25	11,8	9,95	7	5,1	3,63	3,05	2,15	1,63	1,18	0,99	0,7	0,51	0,36	0,31	0,22
1,5	11,5	8,35	7	4,95	3,6	2,55	2,15	1,52	1,15	0,84	0,7	0,5	0,36	0,26	0,22	0,15
2,1	8,13	5,9	4,98	3,5	2,55	1,82	1,53	1,08	0,81	0,59	0,5	0,35	0,26	0,18	0,15	0,11
3	5,75	4,18	3,5	2,48	1,8	1,28	1,08	0,76	0,58	0,42	0,35	0,25	0,18	0,13	0,11	0,08
Posuwy wzdłuż na 1 obr. wrz. w mm	Czas toczenia 100 mm długości w minutach.															

Posuwy wpoprzek równają się 0,7 powyższych, a czas toczenia każdych 100 mm promienia płaszczyzn równa się 1,43 powyższego.

Tablica powyższa określa dopuszczalną wielkość obrobionego przedmiotu, dopuszczalne ilości obrotów i posuwy, czas, potrzebny na toczenie, a przede wszystkim dopuszczalne iloczyny $f \cdot v$ dla każdej ilości obrotów wrzeciona i dla każdego z używanych w danym warsztacie materiałów, co daje możliwość zgóry określać dla danej obrabiarki największy dopuszczalny przekrój wióra z danego materiału przy największej prędkości skrawania, kiedy obrabiarka pracuje najbardziej ekonomicznie, bo przy największym dopuszczalnym obciążeniu. Chodzi tu oczywiście o wydajność *samej obrabiarki* bez uwzględnienia wydajności narzędzia. Przykłady, mające na celu wyjaśnienie, jak korzystać należy w praktyce z tablic kalkulacyjnych, przytoczę niżej.

Obliczenie wydajności tokarki zwyczajnej „B”.

Jak to widać z załączonego szkicu, tokarka powyższa różni się od poprzedniej tem, że, zamiast pojedynczego koła pasowego o stałej liczbie obrotów, posiada ona 5-ciostopniowe koło pasowe, przyczem każdy stopień posiada inną średnicę i inną ilość obrotów. Wskutek tego ilość energii, przenoszona za pośrednictwem koła pasowego na tokarkę, jest dla każdego stopnia inna. To też obliczenie wydajności tej tokarki różni się od poprzedniego tem, że trzeba je wykonać dla każdego stopnia oddzielnie. Całe to obliczenie przytaczam w skróceniu:



Rys. 6.

10 stopni
ilości obrotów $\left\{ \begin{array}{l} 8,3 - 14,4 - 20 - 30,5 - 48,5 \text{ z przystawką} \\ 75 - 118 - 180 - 273 - 430 \text{ bez przystawki,} \end{array} \right.$
wrzeciona n_{1-10}

6 posuwów wzdłużnych $t = 0,27 - 0,41 - 0,61 - 0,9 - 1,3 - 2 \text{ mm}$,

6 posuwów poprzecznych, stanowiących każdy 0,7 odpowiedniego posuwu wzdłużnego.

Ilość energii na stopniu:

$$\text{I} - N_1 = 0,7 \cdot b \cdot D_1 \cdot n_6 = 0,7 \cdot 0,065 \cdot 0,240 \cdot 75 = 0,83 \text{ k. m.}$$

$$\text{II} - N_2 = 0,7 \cdot b \cdot D_2 \cdot n_7 = 0,7 \cdot 0,065 \cdot 0,205 \cdot 118 = 1,1 \text{ „}$$

$$\text{III} - N_3 = 0,7 \cdot b \cdot D_3 \cdot n_8 = 0,7 \cdot 0,065 \cdot 0,170 \cdot 180 = 1,4 \text{ „}$$

$$\text{IV} - N_4 = 0,7 \cdot b \cdot D_4 \cdot n_9 = 0,7 \cdot 0,065 \cdot 0,135 \cdot 273 = 1,7 \text{ „}$$

$$\text{V} - N_5 = 0,7 \cdot b \cdot D_5 \cdot n_{10} = 0,7 \cdot 0,065 \cdot 0,100 \cdot 430 = 2,0 \text{ „}$$

Dopuszczalna siła na obwodzie koła zębatego o 20 zębach i podziałce $4,5 \pi$ pg. wzorów Levis'a — $P = 440 \text{ kg}$.

Dopuszczalny moment skręcania na kole zębatem 60 z. $4,5 \pi$:

$$M_d = 440 \cdot 135 = \infty 60000 \text{ kgmm.}$$

Dopuszczalny nacisk na łożysko wrzeciona:

$$P = 15 \cdot 6 \cdot 12 = 1080 \text{ kg.}$$

Najmniejsze ilości obrotów, przy których dają się osiągać całkowite N ze względu na M_d :

$$n = \frac{716200 \cdot N \cdot \eta}{M_d} = \frac{716200 \cdot N \cdot 0,75}{60000} = \infty 9 \cdot N.$$

$$n_1 = 9 \cdot N_1 = 9 \cdot 0,83 = 7,5 < 8,3$$

$$n_2 = 9 \cdot N_2 = 9 \cdot 1,1 = 9,9 < 13,4$$

$$n_3 = 9 \cdot N_3 = 9 \cdot 1,4 = 12,6 < 20$$

$$n_4 = 9 \cdot N_4 = 9 \cdot 1,7 = 15,3 < 30,5$$

$$n_5 = 9 \cdot N_5 = 9 \cdot 2 = 18 < 48,5$$

Z powyższego widzimy, iż rzeczywiste ilości obrotów wrzeciona są zawsze większe, niż najmniejsze dopuszczalne, a stąd wnioskujemy, iż dopuszczalny moment skręcania wrzeciona jest dostatecznie duży, żeby móżd osiągnąć na każdym stopniu koła pasowego całkowite N , a więc i całkowite $f.v.$ Stąd dla stali przy

$$n_1 = 8,3 \text{ i } n_6 = 75 - f.v = 20 \cdot N_1 = 16,6$$

$$n_2 = 13,4 \text{ i } n_7 = 118 - f.v = 20 \cdot N_2 = 22$$

$$n_3 = 20 \text{ i } n_8 = 180 - f.v = 20 \cdot N_3 = 28$$

$$n_4 = 30,5 \text{ i } n_9 = 278 - f.v = 20 \cdot N_4 = 34$$

$$n_5 = 48,5 \text{ i } n_{10} = 430 - f.v = 20 \cdot N_5 = 40.$$

Dla żeliwa odpowiednie liczby są dwa razy większe. Dopuszczalny przekrój wióra

$$\text{dla stali. } f = \frac{P}{180} = \frac{1080}{180} = 6 \text{ mm}^2$$

$$\text{dla żeliwa } f = \frac{P}{90} = \frac{1080}{90} = 12 \text{ mm}^2.$$

$$\text{Czas toczenia } 100 \text{ mm długości} - T = \frac{100}{n \cdot t} \text{ minut.}$$

Na podstawie powyższych obliczeń układamy, jak poprzednio, tablicę wydajności dla tokarki „B” (str. 39).

Określając największy dopuszczalny przekrój wióra dla *wytaczarki*, należy w wypadkach poważniejszych obliczać dopuszczalne przegięcie wału wiertniczego i wogóle jego wytrzymałość, uwzględniając przytem średnicę wału wiertniczego, odległość jego łożysk, ilość i rozmieszczenie na nim noży. Należy przytem pamiętać, iż przegięcie wału wiertniczego jest szkodliwe

Tokarka pociągowa M B.

Wysokość kłów	200 mm
Odległość kłów	1500 mm
Średnica toczenia nad suportem	280 mm
Średnica toczenia nad łozem	400 mm
Średnica i szerokość toczenia w wygięciu	700 × 270 mm
Dopuszczalny przekrój wióra dla stali zwykłej	$f = 6 \text{ mm}^2$
„ „ „ dla żeliwa miękkiego	$f = 12 \text{ mm}^2$

$f \cdot v$ dla stali zwykłej	16,6	22	28	34	40	16,6	22	28	34	40
$f \cdot r$ dla żeliwa miękkiego	33	44	56	68	80	33	44	56	68	80
Obroty wrzeciona	8,3	13,4	20	30,5	48,5	75	118	180	273	430
0,27	44,5	27,5	18,5	12,1	7,65	4,92	3,13	2,05	1,35	0,86
0,41	29,5	18,1	12,2	8	5,05	3,25	2,06	1,35	0,89	0,57
0,61	19,7	12,2	8,4	5,7	3,4	2,17	1,38	0,91	0,6	0,38
0,9	13,4	8,25	5,52	3,63	2,3	1,48	0,94	0,615	0,405	0,259
1,3	9,25	5,7	3,85	2,52	1,59	1,02	0,65	0,425	0,28	0,179
2	6	3,7	2,5	1,62	1,03	0,665	0,425	0,277	0,182	0,116
Posuw wzdłuż na 1 obr. wrzec. w mm	Czas toczenia 100 mm długości w minutach									

Posuwy wpoprzek równają się 0,7 powyższych, a czas toczenia każdych 100 mm promienia płaszczyzn równa się 1,43 powyższego.

w tym wypadku, kiedy nieruchome są łożyska wału i wytaczany przedmiot, a przesuwa się tylko wał z nożami. Ponieważ strzałka ugięcia się wału wiertniczego jest zmienna w miarę przesuwania się noży w stosunku do łożysk wału, więc otrzymany w tym wypadku nieprawidłowo wytoczony otwór. Kiedy zaś przesuwa się obrabiany przedmiot, odległość noży od łożysk wału zostaje przez cały czas pracy niezmienna, przegięcie wału w miejscu zamocowania noży jest stałe i dzięki temu wytaczany otwór na całej długości posiada jednakową średnicę.

Określenie wydajności gryzarek.

Obliczenie wydajności gryzarek, analogicznie do obliczenia tokarek, polega: 1) na znalezieniu największej ilości energii, jaka może być wykorzystana przez gryzarkę na każdym stopniu koła pasowego, 2) na znalezieniu największego dopuszczalnego momentu skręcania wrzeciona. Ta ostatnia wielkość wskaże nam te ilości obrotów, przy których nie wszystka oddawana przez pas energia może być przez obrabiarkę wykorzystana, a tylko pewna jej część. Na podstawie powyższych danych określamy równoważnik energii dla używanych w danym warsztacie materiałów i dla każdej ilości obrotów wrzeciona, wyrażając go w postaci iloczynu $f \cdot v$, gdzie f oznacza przekrój skrawanej przez gryz warstwy materiału w mm^2 , a v — prędkość posuwu obrabianego przedmiotu w metrach na minutę. Iloczyn powyższy, jak już była o tem mowa wyżej, oznacza również objętość skrawanego materiału w cm^3 na minutę.

Określenie wydajności samej gryzarki nie jest jeszcze wystarczające dla określania prędkości i posuwów przy obróbce w każdym poszczególnym wypadku. Wchodzi tu jeszcze w grę sam gryz. Dzięki wielkiej różnorodności wymiarów i kształtów nie wszystkie gryzy mogą wykorzystać jednakową ilość energii, toteż niektóre z nich nie mogą oddać całej ilości energii, jaka może być wykorzystana w danej gryzarce. W dobrze zorganizowanych warsztatach każda gryzarka posiada pewien komplet najczęściej używanych na niej gryzów. Firmy, budujące gryzarki, najczęściej nawet w prospektach swoich wskazują normalne komplety gryzów, odpowiednich dla danej maszyny. Należy więc wypróbować po kolei wszystkie gryzy kompletu i podzielić je na dwie części: 1) gryzy, spożytkowujące całą największą wydajność gryzarki — $f \cdot v$ i 2) gryzy spożytkowujące tylko część wydajności. Dla tych ostatnich wskazać należy największą ilość energii względnie największy iloczyn $f \cdot v$, jaki wykorzystać mogą.

W praktyce znalezienie stosunku osiąganey wydajności gryza do wydajności obrabiarki nie przedstawia żadnej trudności. Należy dokonać na danej gryzarce próby badanego gryza na skrawanie, zgryzowując warstwę o przekroju dowolnym $f \text{ mm}^2$. Nadajemy przedmiotowi obrabianemu stopniowo oraz większe posuwy, dopóki gryz nie będzie przeciążony, na co przedec-

wszystkiem wskazują drgania i nieczystość obrabianej powierzchni. Wówczas notujemy najwyższy osiągnięty posuw. Iloczyn posuwu stołu i przekroju skrawanej warstwy danego materiału jest właśnie wskaźnikiem wydajności gryza. Wydajność ta powinna być odnotowana w spisie gryzów, należących do danej gryzarki. Na podstawie wszystkich wyżej przytoczonych danych i uwag możemy obliczyć wydajność gryzarki i należącego do niej kompletu gryzów i ułożyć następnie tablicę dla kalkulowania czasu obróbki, jak to widać z następującego przykładu:

Obliczenie wydajności gryzarki uniwersalnej M E.

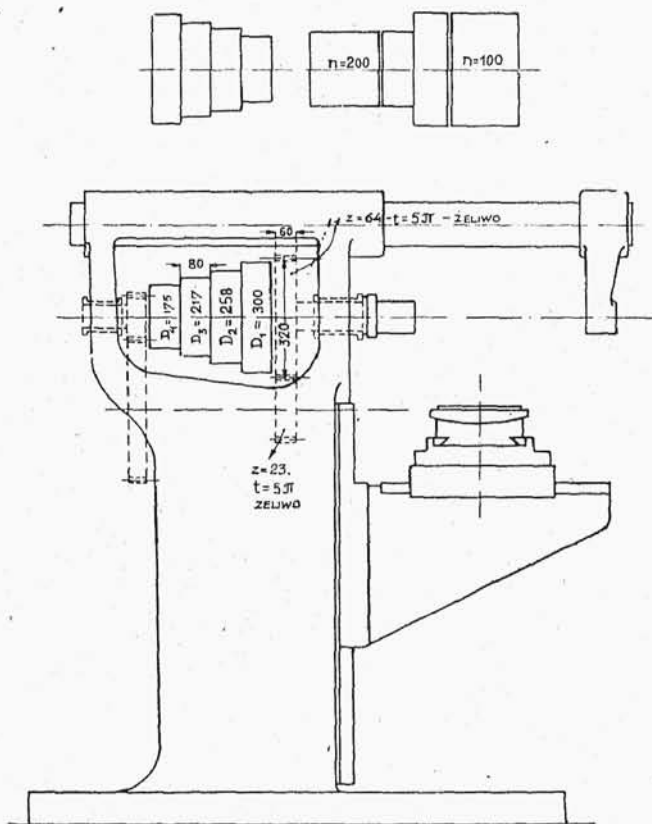
Na zamieszczonym niżej szkicu podane są wymiary, które należy na gryzarce zmierzyć, przystępując do obliczeń. Są to mianowicie wymiary napędzającego stopniowego koła pasowego i przekładni zębatej ostatniej, napędzającej bezpośrednio wrzeciono. Aby się mógł orientować, jakiej wielkości przedmioty względnie płaszczyzny mogą być obrabiane na danej gryzarce, należy zmierzyć użyteczne wymiary stołu, jego podłużny, poprzeczny i pionowy przesuw i odległość od końca wrzeciona do łożyska, podtrzymującego sworzeń gryzowy. Notujemy również kolejne ilości obrotów wrzeciona przy każdej z dwóch ilości obrotów przystawki sufitowej i posuwu stołu.

8 ilości obrotów wrzeciona przy 100 obrotach przystawki

$$n = 7,5 - 10,9 - 15 - 22 - 58 - 84 - 116 - 172.$$

8 ilości obrotów wrzeciona przy 200 obrotach przystawki

$$n^1 = 15 - 22 - 30,6 - 44,6 - 116 - 172 - 236 - 344,$$



Rys. 7.

9 posuwów stołu na 1 obrót wrzeczona w *mm*
 $t = 0,15 - 0,22 - 0,33 - 0,45 - 0,65 - 0,98 - 1,35 - 1,95 - 2,95 \text{ mm.}$

Ilość energii, przenoszona przez pas, obliczamy podług wyżej podanych wzorów i otrzymujemy:

przy 100 obrotach przystawki na minutę

na I stopniu koła pas. $N_1 = 0,7 \cdot b \cdot D_1 \cdot n_5 = 0,7 \cdot 0,075 \cdot 0,30 \cdot 58 = 0,92 \text{ k.m.}$
 II „ „ „ $N_2 = 0,7 \cdot b \cdot D_2 \cdot n_6 = 0,7 \cdot 0,075 \cdot 0,258 \cdot 84 = 1,14 \text{ k.m.}$
 III „ „ „ $N_3 = 0,7 \cdot b \cdot D_3 \cdot n_7 = 0,7 \cdot 0,075 \cdot 0,217 \cdot 116 = 1,34 \text{ k.m.}$
 IV „ „ „ $N_4 = 0,7 \cdot b \cdot D_4 \cdot n_8 = 0,7 \cdot 0,075 \cdot 0,175 \cdot 172 = 1,6 \text{ k.m.}$

przy 200 obrotach przystawki na minutę:

$$\begin{aligned} N'_1 &= 2 \cdot N_1 = 2 \cdot 0,92 = 1,84 \text{ k. m.} \\ N'_2 &= 2 \cdot N_2 = 2 \cdot 1,14 = 2,28 \text{ k. m.} \\ N'_3 &= 2 \cdot N_3 = 2 \cdot 1,34 = 2,68 \text{ k. m.} \\ N'_4 &= 2 \cdot N_4 = 2 \cdot 1,6 = 3,20 \text{ k. m.} \end{aligned}$$

Dopuszczalna siła na obwodzie koła zębatego z żeliwa o 23 zębach i podziałce 5π pg. wzorów Levis'a

$$p = 485 \text{ kg.}$$

Stąd największy dopuszczalny moment skrećania na kole zębatem 64 z. 5π będzie:

$$M_d = 485 \cdot 160 = \infty 78000 \text{ kgmm.}$$

Najmniejsze ilości obrotów wrzeczona, przy których dają się osiągnąć całkowite N ze względu na M_d :

$$n = \frac{716200 \cdot N \cdot \eta}{M_d} = \frac{716200 \cdot N \cdot 0,75}{78000} = 6,9 \cdot N.$$

$$\begin{aligned} n_1 &= 6,9 \cdot N_1 = 6,9 \cdot 0,92 = 6,35 < 7,5 \\ n_2 &= 6,9 \cdot N_2 = 6,9 \cdot 1,14 = 7,85 < 10,9 \\ n_3 &= 6,9 \cdot N_3 = 6,9 \cdot 1,34 = 9,25 < 15 \\ n_4 &= 6,9 \cdot N_4 = 6,9 \cdot 1,60 = 11 < 22. \end{aligned}$$

Z powyższego widzimy, iż rzeczywiste ilości obrotów wrzeczona na każdym stopniu koła pasowego są większe, a stąd wnioskujemy, iż dopuszczalny moment jest dostatecznie duży, żeby móc osiągnąć w każdym wypadku całkowite N , a więc i całkowite $f \cdot v$.

Przyjmując dla stali zwykłej $f \cdot v = 13 \cdot N$,

przy $n_1 = 7,5$ i $n_5 = 58$ otrzymujemy $f \cdot v = 13 \cdot N_1 = 13 \cdot 0,92 = 12$.
 „ $n_2 = 10,9$ i $n_6 = 84$ „ $f \cdot v = 13 \cdot N_2 = 13 \cdot 1,14 = 15$.
 „ $n_3 = 15,0$ i $n_7 = 116$ „ $f \cdot v = 13 \cdot N_3 = 13 \cdot 1,34 = 17,5$.
 „ $n_4 = 22,0$ i $n_8 = 172$ „ $f \cdot v = 13 \cdot N_4 = 13 \cdot 1,60 = 21$.

przy $n'_1 = 15,0$ i $n'_5 = 116$ otrzymujemy $f \cdot v = 13 \cdot N'_1 = 13 \cdot 1,84 = 24$.
 „ $n'_2 = 22,0$ i $n'_6 = 172$ „ $f \cdot v = 13 \cdot N'_2 = 13 \cdot 2,28 = 30$.
 „ $n'_3 = 30,6$ i $n'_7 = 236$ „ $f \cdot v = 13 \cdot N'_3 = 13 \cdot 2,68 = 35$.
 „ $n'_4 = 44,6$ i $n'_8 = 344$ „ $f \cdot v = 13 \cdot N'_4 = 13 \cdot 3,20 = 42$.

Dla żeliwa miękkiego $f \cdot v = 26 \cdot N$ i iloczyn $f \cdot v$ odpowiednio dwa razy większe.

Długość obrabianej w ciągu minuty powierzchni w *mm*

$$l = n \cdot t = 1000 \cdot v \text{ mm.}$$

Na podstawie powyższych wyników układamy tablicę wydajności gryzarki № E. Przy pomocy tej tablicy dla każdego wypadku możemy określić dopuszczalną ze względu na gryzarkę prędkość v , a przez to i czas, potrzebny na gryzowanie jednostki długości (patrz str. 44).

Mając przekrój $f \text{ mm}^2$ warstwy, którą pragniemy zgryzować, a z tablic normalnych prędkości gryzów, podanych na str. 17, wybierając prędkość obwodową gryza i ilość obrotów wrzeczona dla gryza o danej średnicy, odrazu w przytoczonej tu tablicy kalkulacyjnej znajdujemy dopuszczalną prędkość v , a zatem i posuw t i czas obróbki. Oczywiście należy tą drogą otrzymane wielkości sprawdzić ze względu na wydajność użytego do danej pracy gryza; wydajność gryza, jak to było wyżej wyjaśnione, może być mniejsza, niż wydajność gryzarki, i wówczas należy w odpowiednim stosunku zmniejszyć v i t .

Zespół gryzów, należących do gryzarki, może być ujęty w tabliczkę, jak np. przytoczona poniżej:

№ gryza	$f \cdot v$	
	stal zwykła	żelazo miękkie
201	42	84
202	42	84
203	42	84
204	25	50
205	20	40
206	8	16

Określenie wydajności strugarek wzdłużnych.

Obliczenie wydajności strugarki polega na znalezieniu największej dopuszczalnej siły skrawania na powierzchni stołu lub największego przekroju wióra skrawanego. W rozdziale o równoważnikach podane są wzory dla znalezienia tak jednej, jak i drugiej wielkości. Mając do rozporządzenia strugarkę, wystarczy zmierzyć koło pasowe robocze, jego ilość obrotów i prędkość roboczą i powrotną stołu, żeby mieć wszystkie dane, potrzebne

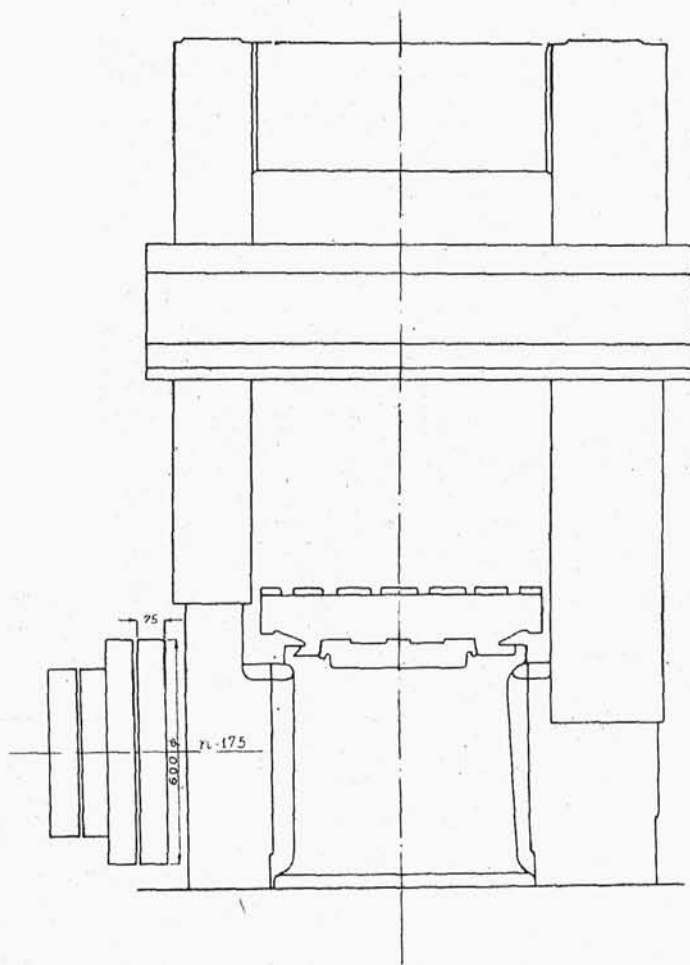
Użyteczne wymiary stołu . . . 1120 × 225 mm. Poprzeczny ruch stołu 210 mm.
 Podłużny ruch stołu 710 mm. Pionowy ruch stołu 560 mm.
 Największa szerokość gryzowania (odległość końca wrzeciona od łożyska podtrzymującego sworzeń gryza) 400 mm.

f, r dla ze- liwa mięk	24	30	48	35	60	42	70	84	24	30	48	35	60	42	70	84
f, r dla stali zwykłej	12	15	24	17,5	30	21	35	42	12	15	24	17,5	30	21	35	42
Obroty wrzec. przy 200 obr. przystawki	—	—	15	—	22	—	30,6	44,6	—	—	116	—	172	—	236	344
Obroty wrzec. przy 100 obr. przystawki	7,5	10,9	—	15	—	22	—	—	38	84	—	116	—	172	—	—
0,15	1,12	1,53	2,25	2,15	3,3	3,3	4,6	6,7	8,7	12,6	17,4	17,4	25,5	25,5	35,5	51,6
0,22	1,56	2,4	3,3	3,3	4,84	4,84	6,78	9,7	12,8	18,5	25,5	25,5	37,5	37,5	52	76
0,33	2,5	3,6	4,95	4,95	7,26	7,26	10,5	14,7	19,2	27,7	38,5	38,5	56,2	56,2	78	114
0,45	3,4	4,9	6,75	6,75	9,9	9,9	13,8	21,1	26,2	38	52,2	52,2	76,5	76,5	106	155
0,65	4,9	7,1	9,7	9,7	14,3	14,3	19,9	29	37,8	54,7	75,5	75,5	110,5	110,5	154	224
0,98	7,4	10,7	14,7	14,7	21,6	21,6	30	43,6	57	82,3	114	114	167	167	232	338
1,35	10,2	14,7	20	20,2	29,6	29,6	41,5	60,5	78,5	113,5	157	157	230	230	319	370
1,95	14,7	21,3	29,2	29,2	43	43	59,8	87	113	164	226	226	332	332	460	672
2,95	23,2	32	44	44	65	65	90	132	172	248	342	342	500	500	695	1020
Posuw stołu na 1 obrót wrzec.	1000 r = posuw stołu w mm na minutę.															

f = przekrój warstwy zgryzowanego materiału w mm^2 , r = posuw stołu w metrach na minutę.

dla określenia jej wydajności. Wymiary i wytrzymałość przekładni zębatych pomiędzy kołem pasowym a zębatką mogą być nie przeliczone, ponieważ z samej istoty pracy strugarek wypada, że są one zawsze mocniejsze od koła pasowego, bo inaczej połamałyby się odrazu przy pierwszej zmianie kierunku ruchu stołu, ponieważ wówczas pas, wskutek bezwładności stołu, oddaje napędowi zębatemu największą możliwą siłę, ślizgając się na kole pasowym.

Obliczenie wydajności strugarki wzdłużnej № C.



Rys. 8.

Na załączonym szkicu pokazana jest strugarka podłużna № C o następujących zasadniczych wymiarach:

szerokość strugania	1000 mm
wysokość "	1000 "
długość "	2500 "
pionowy ruch suportu	275 "
prędkość roboczego ruchu stołu	$v = 9 \text{ m/min.}$
" powrotnego "	$v_1 = 27 \text{ "}$
waga stołu	$g = 1750 \text{ kg.}$

Suport posiada 20 rozmaitych posuwów na 1 skok stołu:

$$t = 0,45 \text{ do } 9 \text{ mm.}$$

Obserwując pracę strugarki, widzimy, iż nieużyteczny ruch stołu w czasie przerzucania pasa wynosi $2 \cdot 25 = 50 \text{ mm}$, strata zaś czasu na zwolnienie biegu przy przerzucaniu pasa wynosi $1/2$ sekundy $= \frac{1}{120}$ minuty. Koło pasowe robocze posiada wymiary $600 \times 75 \text{ mm}$ i robi 175 obrotów na minutę.

Na podstawie wyżej przytoczonych wzorów

$$N = 0,7 \cdot b \cdot D \cdot n = 0,7 \cdot 0,075 \cdot 0,6 \cdot 175 = 5,5 \text{ k. m.}$$

Siła skrawania na stole

$$P = \frac{\eta \cdot N \cdot 75 \cdot 60}{v} - 0,05 g = \frac{0,75 \cdot 5,5 \cdot 75 \cdot 60}{9} - 0,05 \cdot 1750 = 2160 \approx 2200 \text{ kg.}$$

Przekrój wióra, zdejmowanego na powierzchni stołu, wyniesie:

$$\text{dla stali: } f = \frac{P}{180} = \frac{2200}{180} = 12 \text{ mm}^2$$

a przy struganiu przedmiotów o wadze $Q \text{ kg}$:

$$f_1 = \frac{P - 0,05 \cdot Q}{180} = \left(12 - \frac{0,05 \cdot Q}{180} \right) \text{ mm}^2.$$

Dla żeliwa odpowiednio:

$$f = \frac{P}{90} = \frac{2200}{90} = 24 \text{ mm}^2$$

$$\text{i } f_1 = \frac{P - 0,05 \cdot Q}{90} = \left(24 - \frac{0,05 \cdot Q}{90} \right) \text{ mm}^2.$$

Znając najwyższy dopuszczalny przekrój wióra, bezpośrednio znajdujemy dopuszczalny posuw poprzeczny noża dla każdej głębokości skrawania. Mając posuw suportu, określamy czas, potrzebny na zestruganie danej wielkości powierzchni. Np. czas, potrzebny na struganie na omawianej strugarce

Strugarka podłużna № C.

Szerokość strugania . . .	1000 mm	Prędkość roboczego ruchu stołu	9 m na minntę
Wysokość " . . .	1000 "	Prędkość powrotnego ruchu stołu	27 m " "
Długość " . . .	2500 "	Dopuszczalny przekrój wióra dla stali zwykłej. $\left(12 - \frac{0,05 \cdot Q}{180}\right) mm^2$	
Pionowy ruch suportu . . .	275 "		

(Q — ciężar przedmiotu obrabianego w kg).

	0,45	0,9	1,35	1,8	2,25	2,7	3,15	3,06	4,05	4,5	4,95	5,4	5,85	6,3	6,75	7,2	7,65	8,1	8,55	9
Posuw suportu w mm																				
200	11,9	5,95	4	3	2,35	1,98	1,7	1,49	1,32	1,19	1,08	0,995	0,92	0,85	0,795	0,745	0,7	0,66	0,63	0,595
300	15,2	7,6	5,1	3,8	3,5	2,54	2,17	1,9	1,7	1,53	1,49	1,27	1,17	1,09	1,02	0,95	0,9	0,85	0,8	0,76
400	18,5	9,25	6,2	4,6	3,7	3,08	2,63	2,32	2,05	1,85	1,68	1,54	1,42	1,32	1,24	1,16	1,09	1,03	0,97	0,93
500	21,6	10,8	7,2	5,4	4,3	3,6	3,1	2,7	2,41	2,17	1,97	1,81	1,67	1,55	1,45	1,35	1,27	1,21	1,14	1,08
750	29,8	15	10	7,5	6	5	4,3	3,74	3,32	3	2,72	2,5	2,3	2,14	2	1,87	1,76	1,66	1,57	1,5
1000	38	19	12,7	9,55	7,65	6,35	5,45	4,75	4,23	3,82	3,47	3,18	2,93	2,72	2,55	2,48	2,25	2,12	2	1,9
1250	46,5	23,25	15,5	11,6	9,3	7,72	6,65	5,8	5,16	4,65	4,2	3,88	3,57	3,32	3,1	2,9	2,73	2,58	2,45	2,32
1500	55	27,5	18,3	13,7	11	9,15	7,85	6,85	6,1	5,5	5	4,58	4,22	3,92	3,66	3,43	3,23	3,05	2,9	2,75
1750	62,5	31,25	20,8	15,7	12,5	10,4	8,95	7,85	6,95	6,25	5,7	5,2	4,8	4,48	4,18	3,9	3,69	3,48	3,3	3,13
2000	71	35,5	23,6	17,7	14,2	11,8	10,15	8,85	7,9	7,1	6,45	5,9	5,45	5,05	4,72	4,45	4,16	3,95	3,73	3,55
2250	79,5	39,75	26,5	19,8	15,9	13,2	11,4	9,95	8,85	7,95	7,25	6,65	6,1	5,7	5,3	4,95	4,68	4,4	4,19	3,97
2500	87	43,5	29	21,8	17,4	14,5	12,4	10,8	9,7	8,7	7,9	7,25	6,7	6,2	5,8	5,45	5,1	4,85	4,6	4,35
Długość struganej powierzchni. w mm																				
Czas strugania 100 mm szerokości jednym suportem.																				

UWAGA. W powyższej tablicy czas zużyty na przerzucanie pasa ($1\frac{1}{2}$ sekundy) i nieużyteczny ruch stołu w chwili przełączenia (2 . 25 = 50 mm) są już uwzględnione.

plaszczyny o 100 mm szerokości i l mm długości przy posuwie t mm na jeden skok stołu znajdziemy na podstawie następującego wzoru:

$$T = \left(\frac{l + 2 \cdot 25^*)}{1000 \cdot v} + \frac{l + 2 \cdot 25}{1000 \cdot v_1} + 2 \frac{1}{120} \right) \cdot \frac{100}{t} = \left(\frac{l + 2 \cdot 25}{1000 \cdot 9} + \frac{l + 2 \cdot 25}{1000 \cdot 27} + 2 \frac{1}{120} \right) \cdot \frac{100}{t} = \frac{0,0148 (l + 50) + 1,67}{t} \text{ min.}$$

Obliczenia te pozwalają nam ułożyć dla omawianej strugarki tablicę, całkowicie wyczerpującą całą charakterystykę obrabiarki i ułatwiającą szybkie obliczanie czasu obróbki (str 47).

Określanie wydajności strugarek poprzecznych i dłutownic.

Obliczenie to różni się od obliczenia strugarek wzdłużnych przede wszystkim tem, że nie wchodzi tu w grę ciężar obrabianego przedmiotu, który podczas skrawania pozostaje bez ruchu, i że mechanizm strugarek poprzecznych i dłutownic jest odmienny.

Obliczenie wydajności dłutownicy № D.

Na załączonym szkicu dłutownicy № D pokazane są wymiary stopni koła pasowego i czopa korbowego, prowadzącego suwak imakowy. Czop ten jest jedną z najsłabszych części dłutownicy i według jego wytrzymałości obliczamy największą dopuszczalną siłę skrawania.

Największy użyteczny skok dłuta (wysokość dłutowania) $h = 300$ mm,

skok rzeczywisty $H = h + 25$,

ilości skoków na minutę: 15 — 23 — 38 — 60,

12 posuwów stołu na 1 skok dłuta: $t = 0,25$ do 3 mm,

ilość obrotów przystawki — 200 na minutę,

stosunek średnich prędkości roboczego ruchu dłuta do prędkości ruchu powrotnego 1 : 2.

Ilość energii, oddawanej dłutownicy przez pas na każdym stopniu koła pasowego, obliczamy na podstawie znanych wzorów:

$$N_1 = 0,7 \cdot b \cdot D_1 \cdot n_1 = 0,7 \cdot 0,120 \cdot 0,730 \frac{200 \cdot 365}{730} = 6,1 \text{ k. m.}$$

$$N_2 = 0,7 \cdot b \cdot D_2 \cdot n_2 = 0,7 \cdot 0,120 \cdot 0,609 \frac{200 \cdot 487}{609} = 8,4 \text{ k. m.}$$

$$N_3 = 0,7 \cdot b \cdot D_3 \cdot n_3 = 0,7 \cdot 0,120 \cdot 0,487 \frac{200 \cdot 609}{487} = 10,2 \text{ k. m.}$$

$$N_4 = 0,7 \cdot b \cdot D_4 \cdot n_4 = 0,7 \cdot 0,120 \cdot 0,365 \frac{200 \cdot 730}{365} = 12,6 \text{ k. m.}$$

*) 2 . 25 — nieużyteczny ruch stołu przy przerzucaniu pasa.