

PRZEGLĄD TECHNICZNY

TYGODNIK POŚWIĘCONY SPRAWOM TECHNIKI I PRZEMYSŁU.

Tom LIV.

Warszawa, dnia 28 czerwca 1916.

№ 25 i 26.

TREŚĆ: *Denizot A.* O Newtonowskich zasadach dynamiki w świetle nowszych badań. — *Mierzejewski H.* Postępy w dziedzinie obróbki kół zębatych [c. d.].

Architektura. Wielka Warszawa.
Z 22-ma rysunkami w tekście.

O Newtonowskich zasadach dynamiki w świetle nowszych badań.¹⁾

Podał prof. dr. Alfred Denizot.

Axiomata sive leges motus.

I) Corpus omne perseverare in statu suo quiescendi vel movendi uniformiter in directum, nisi quatenus a viribus impressis cogitur statum illum mutare.

II) Mutationem motus proportionalem esse vi motrici impressae fieri secundum lineam rectam qua vis illa imprimitur.

III) Actioni contrariam semper et aequalem esse reactionem: sive corporum duorum actiones in se mutuo semper esse aequales et in partes contrarias dirigi.

Newton, Philosophiae naturalis Principia mathematica. 1687.

Aksjomaty Newtonowskie powstały w sposób induktywny, t. j. wyloniły się z rozpatrywania poszczególnych zagadnień ruchu, jak ruchu kuli po zupełnie gładkiej podstawie, albo ruchu ciała ponad powierzchnię ziemi. Żadna z tych zasad nie stanowi jednak całości w sobie, tak jak na przykład twierdzenia geometryczne. Co najwyżej każdy aksjomat o tyle tylko tworzy całość w sobie, o ile będzie rzeczą możliwą izolować zjawiska, które ten aksjomat mają udowodnić. To jednakże jest niemożliwe, gdyż w ogólności każde doświadczenie będzie częstką całej przyrody, w której nie jedno prawo, lecz ogół praw panuje. Z tego wynika, że żaden z aksjomatów Newtonowskich nie stanowi całości w sobie, to też nie będą ich rozpatrywał poszczególnie, lecz przeprowadzę rozważania mniej lub więcej sumaryczne, odnoszące się do ogółu tych aksjomatów.

Słuszność tych zasad i wyprowadzonych z nich konsekwencji wykazać może tylko doświadczenie. Lecz sprawdzić możemy jedynie ruchy względne, a na wstępie zaznaczyć trzeba, że niema przestrzeni bezwzględnej. Jednakże definicyę siły, zawartą w drugiej zasadzie, a zgodnej z zasadą pierwszą, odnosimy najpierw do układu współrzędnych, uważanego jako będącego w spoczynku bezwzględnym, nie troszcząc się o to, czy rzeczywiście taki układ istnieje czy też nie. Następnie podstawowe równanie: „Iloczyn z masy i przyspieszenia równa się sile“ przekształcamy na układ osi ruchomych, przyczem położenia tego układu względem poprzedniego, stałego, przyjąć trzeba jako dane. Otrzymujemy wynik następujący: Pod względem formy przekształcone równanie ruchu różni się od pierwotnego pewnymi wyrazami dodatkowymi, które pochodzą z przekształcenia przyspieszenia odniesionego pierwotnie do układu osi ruchomych i które nazywają się też siłami dodatkowymi lub fikcyjnymi, a to w przeciwieństwie do siły rzeczywistej, od której jedynie zależy ruch bezwzględny. Otrzymane równanie służyć może do sprawdzania uczynionego założenia, t. j. do sprawdzenia dwóch pierwszych Zasad Newtonowskich. Odnosząc badanie zjawisk do naszej ziemi, łączymy z nią układ współrzędnych, t. j. taki, który obraca się razem z ziemią. Wtenczas otrzymujemy: „Iloczyn z masy i przyspieszenia równa się wypadkowej siły ciężkości, chwilowej siły odśrodkowej i siły Coriolisa“. Siła ciężkości jestto wypadkowa z siły atrakcyi ziemskiej i jednej z sił fikcyjnych, która równa się sile odśrodkowej początku współrzędnych, powstającej wskutek obrotu ziemi około swej osi. Co do chwilowej siły odśrodkowej, to powstaje ona wskutek pozornego obrotu ciała, t. j. punktu materialnego, około osi chwilowej, około której układ współrzędnych się obraca; oś ta jest równoległą do osi ziemi. Powyższemu równaniu podlegają wszelkie zjawiska

ruchu nad ziemią. Badano mianowicie ruch ciała opuszczanego swobodnie z pewnej wysokości.

Udział poszczególnych sił, o których poprzednio była mowa, jest w tem zjawisku następujący: jeżeli nasamprzód nie uwzględnimy sił dodatkowych, to otrzymamy przez całkowanie dla wysokości spadku znane równanie:

$$z = \frac{1}{2} g t^2 \dots \dots \dots (I).$$

Przy tem jednakże przyjmujemy, że okres czasu, w którym zjawisko się odbywa, jest stosunkowo krótki, tak, że wpływ sił dodatkowych jeszcze nie występuje. Przy dłuższym trwaniu zjawiska trzeba jednakże uwzględnić i siły dodatkowe.

Rachunek wykazuje, że siła Coriolisa odchyła ciała na wschód, a oprócz tego jeszcze w małej mierze na południe; zaś chwilowa siła odśrodkowa pędzi ciała na północ, które to zboczenie jednakże jest o jedną czwartą mniejsze od zboczenia na południe, tak, że ciało ostatecznie zboczy w kierunku wschodnio-południowym.

W miejscowości, znajdującej się pod szerokością geograficzną φ , otrzymuje się dla zboczenia w kierunku wschodnim wartość:

$$y = \frac{1}{8} g \omega^2 t^3 \cos \varphi \dots \dots \dots (II),$$

a w południowym

$$x = \frac{1}{8} g \omega^2 t^4 \sin \varphi \cdot \cos \varphi \dots \dots \dots (III).$$

Są to czynniki, które otrzymuje się z założenia, jakie zawiera druga Zasada Newtonowska, a rzeczą doświadczenia jest sprawdzić te wyniki. Jeżeli doświadczenia okażą zgodność z wartościami teoretycznymi obliczonymi, natenczas i słuszne mogą być nasze założenia. Jestto jedyny racjonalny sposób badania Zasad Dynamiki.

Galileusz był pierwszym, który badał spadanie ciał. Sławne jego doświadczenia, robione z ukośnej wieży Pizańskiej, potwierdziły wzór (I), który wynika z ogólnych równań, gdy uwzględni się tylko działanie siły ciężkości. Obrót ziemi wchodzi tu o tyle, o ile mieści się w przyspieszeniu ziemskim g . Czas przebiegu jest tu bardzo krótki, tak, że wpływ reszty sił, t. j. chwilowej siły odśrodkowej i siły Coriolisa nie występuje w tych doświadczeniach. Pierwszym, który wskazał na wschodnie zboczenie ciała spadającego, jednakże bez związku z siłą Coriolisa, był Newton. Za jego to wskazówką, w r. 1679, Hooke w Londynie wykonał odpowiednie doświadczenia, jednakże bez żadnego wyniku dodatniego. Dopiero w r. 1791, Guglielmini poczynił w tym kierunku pierwsze uznania godne doświadczenia, z wieży Degli Asinelli w Bolonii. Dalsze badania nastąpiły dopiero znowu po upływie jednego stulecia, a mianowicie Benzenberg, w r. 1802, wykonał mozolne i dokładne pomiary w wieży Św. Michała w Hamburgu, a nadto w r. 1804 w pewnym szybie węglowym, leżącym w dzisiejszej Westfalii. Również bardzo dokładne badania przeprowadził w r. 1831 Reich w szybie „Trzech braci“ w pobliżu miasta Freiberga w Saksonii. W tych doświadczeniach badacze zwracali główną uwagę na odchylenie ciała ku wschodowi, zaś rzekomo występujące zboczenie na południe przypisywali raczej niedokładnościom pomiarów, aniżeli samemu zjawisku. Sprawie południowego odchylenia ciała swobodnie spadającego poświęcił głównie uwagę Hall, w r. 1902, w Cambridge (Mass.), a w r. 1903 Flammarion w Paryżu i Hagen w obserwatorium watykańskim w Rzymie, przyczem ostat-

¹⁾ Odczyt wygłoszony w Kółku Mechaników przy Szkole Politechnicznej we Lwowie.

ni posługiwał się w swoich doświadczeniach przyrządem Atwooda.

Tabela poniżej umieszczona wykazuje wyniki wspomnianych doświadczeń.

Obserwator	Miejscowość i szerokość geograficzna	Liczba doświadczeń	Wysokość spadku w metrach	Zboczenie w <i>mm</i>			
				wschodnie		północne	południowe
				obserw.	oblicz.		
Guglielmini 1791—2 . . .	Bolonia 40° 30'	16	78,3	19 ± 2,5	11,3	—	12 ± 1,1
Benzenberg 1802	Hamburg 53° 33'	31	76,34	9,0 ± 3,6	8,7	—	3,4 ± 2,5
Benzenberg 1804	Schleebusch 51° 25'	29	85,1	11,5 ± 2,9	10,4	1,6 ± 3,8	—
Reich 1831	Freiberg w Saksonii 50° 53,1'	106	158,5	28,3 ± 4,0	27,5	—	—
Hall 1902	Cambridge (Mass.) 42° 22,8'	48	23,0	1,5 ± 0,05	1,77	—	5,1 ± 4,0
Flammarion 1903	Paryż 48° 50,8'	144	68,0	6,3	8,1	1,6	0,05 ± 0,04
Hagen 1912	Rzym 41° 54'	66 wzgl. 22	22,96	0,899 ± 0,027	0,899	—	0,010 ± 0,027

Pomiary wschodniego zboczenia ciał wykazują bardzo dobrą zgodność teorii z doświadczeniem. Zaś zauważone zboczenie na południe jest natury jeszcze wątpliwej. Dla największej tu zachodzącej wysokości spadku na zboczenie południowe rachunek daje wartość 0,004 *mm*, t. j. wartość, której doświadczeniem swobodnego spadania ciał sprawdzić nie można, bo błędy pomiarów przewyższają tę wartość. Tu też dodać należy, że o ile czas spadania wystarcza na wystąpienie działania siły Coriolisa, tenże czas jest za krótki, aby uwidocznili skutek działania chwilowej siły odśrodkowej. Działanie tej ostatniej ujawnia się w całej pełni w znanym wiekopomnym doświadczeniu Foucaulta (w r. 1851), a mianowicie w obrocie płaszczyzny wahadłowej.

Nieco dłużej zatrzymałem się nad temi doświadczeniami, bo są one właściwie jedynymi wykonanymi doświadczeniami, które rozstrzygnąć mogą, czy pierwsze dwie Zasady Dynamiki są przynajmniej w konsekwencyach prawdziwe lub też nie.

Na poparcie „Zasady bezwładności“ przytacza się często ruch kuli po marmurowym stole. Ten ruch idealizuje się: powiada się, że gdyby nie było żadnych przeszkód, jak tarcia podstawy, oporu powietrza, natenczas ruch kuli byłby jednostajny i trwałby w nieskończoność. W tem lub podobnym doświadczeniu szukać wprawdzie należy genezy Zasady bezwładności, ale takiego doświadczenia nie można uważać jako doświadczenie rzeczywiste. To doświadczenie, wykonane nawet w zupełnej próżni, nie może być potwierdzeniem Zasady bezwładności w rozumieniu naukowym. Wykonywa się je przecież w przestrzeni obracającej się, a więc zauważyć można tylko ruch względny, a nie bezwzględny. Nie mogę sobie wyobrazić, że ta kula wykonuje ruch prostoliniowy i jednostajny. W każdej bowiem chwili zakreśla koło, tak, że ruch (i to dla nas rzeczywisty) odbywa się po torze zakrzywionym, a wystąpi ruch ten tem wyraźniej, im mniejszy będzie opór podstawy. Zakrzywienie toru, w początku ruchu wprawdzie, będzie tem mniejsze, im z większym impulsem popchniemy tę kulę, ale im dłużej ruch trwać będzie, tem bardziej kula oddala się od pionu, tem większa będzie krzywizna toru. Z tego to powodu, z braku możliwości wykonania tego doświadczenia w przestrzeni bezwzględnej, nie możemy go uważać za rzeczywiste doświadczenie, które ma sprawdzić Zasadę bezwładności. Z konieczności jesteśmy skazani na doświadczenie w przestrzeni względnej, ale i tu są granice. Poprzednio przytoczone badania nad swobodnym spadaniem ciał polegały na założeniu, iż mamy układ współrzędnych obracający się razem z ziemią, a dalej, że ten obrót odnosimy do układu stałego, którego początek schodzi się ze środkiem ziemi. Jestto hipoteza, nie zgadzająca się z faktem, że ziemia wykonuje jeszcze ruch postępowy około słońca. Lecz nie mamy żadnych środków doświadczenia, aby wykazać ten ruch postępowy ziemi, który dla stosunkowo krótkich okresów czasu można uważać jako prostoliniowy i jednostajny. Ale właśnie dzięki tej niemożliwości wykazania tego ruchu otrzymujemy tak dobrą zgodność teorii z doświadczeniem.

Występuje tu zasada, która dopiero w nowszych czasach doczekała się dyskusji naukowej, jestto Zasada względności. Wprzód jednak, nim do krótkiego omówienia tej zasady przystąpię, chciałbym parę słów powiedzieć o Trzeciej Zasadzie Dynamiki i załączyć jeszcze inne ogólne rozważania.

Trzecia Zasada zachodzi, jak wiemy, w obrazie, który stwarzamy sobie w naszej fantazji, co do ciała sztywnego, pojętego jako układ punktów materialnych. Dwa punkty tego układu działają na siebie siłami równymi i do siebie przeciwnymi. Na podstawie tej zasady siły wewnętrzne, które wziąć trzeba pod uwagę, wypadają z równań ruchu. I znowu możemy badać tylko ruch względny takiego układu, i to uwzględniając tylko ruch obrotowy naszej ziemi. W ogólnych równaniach występują dwa wektory, z których jeden odnosi się do momentów ilości ruchu postępowego, a drugi do odpowiednich momentów ruchu obrotowego, jaki wszystkie punkty układu materialnego wykonywają około osi chwilowej. Różnica tych dwóch wektorów jest charakterystycznym znamieniem dla ruchu względnego. Równania ruchu zblizają się co do kształtu do równań, jakie zachodzą w zwykłej teorii baka. Zastosowane do gيروسkopu Foucaulta, t. j. do układu punktów materialnych, podpartego w środku mas, około którego swobodnie obracać się może, orzekają, że ów wypadkowy wektor, o którym poprzednio wspomniałem, wskazuje na stały punkt sklepienia niebieskiego. Tenże wektor schodzi się praktycznie z osią gيروسkopu, której zatem koniec wykonywa ten sam ruch pozorny (względny), co gwiazdy stałe na niebie. Tu należy jeszcze zauważyć, że pierwotnie gيروسkop miał służyć do tego samego celu, co wahadło Foucaultowskie, a mianowicie: do wykazania słuszności twierdzenia Kopernika, że ziemia obraca się około swej osi. W tym samym celu fizyk belgijski Gilbert skonstruował (1882) podobny przyrząd, który nazwał „barygyroscope“, a w r. 1904 Föppl, profesor mechaniki w Monachium, zbudował nieco odmienny przyrząd, którym w zupełności potwierdził teoretyczne rozważania.

Z naszego punktu widzenia te doświadczenia potwierdzają równocześnie celowość Trzeciej Zasady, albowiem dzięki temu, że zasada ta a nie inna istnieje dla punktów układu materialnego, równania prowadzą do tak prostego wyniku.

W doświadczeniu, o którym wspomniano poprzednio, środek ciężkości całego układu pozostaje w spoczynku względnym. Jeżeli zaś ciało, t. j. układ punktów materialnych, będzie w ruchu, wtedy ruch względny środka ciężkości jest taki sam, jak poszczególnego punktu materialnego, który to ruch rozważałem poprzednio. Jestto zasada względnego ruchu środka ciężkości, który to ruch przybiera kształt ruchu punktu materialnego na tej podstawie, że stosujemy Trzecią Zasadę Newtonowską. Zaznaczyć tu jednak należy, że ta zasada sama nie występuje jako taka, lecz w połączeniu z pewną hipotezą i z zasadą sił środkowych.

Przyjmuje się równocześnie, że na działanie wzajemne

dwu mas A i B nie wpływa jakakolwiek trzecia masa C , czyli, że działanie na masę A przez inne masy układu jestto wypadkowa sił pochodzących od mas B, C, \dots a działających na A . Nie jest to żadna konieczność logiczna, wyobrazić sobie bowiem można, że działanie masy C na B odbywa się w ten sposób, że z powodu tego działania masa B na masę A już nie działa w tej mierze jak w przypadku, w którym C nie istnieje.

Przytoczyłem poprzednio doświadczenia, mojem zdaniem, jedyne, które rozstrzygać mogą o słuszności lub niesłuszności wniosków wypływających z Zasad Newtonowskich. Zwykle, w ogólnych wykładach pokazywane doświadczenia nie mogą dać pewności, że istotnie stanowią izolowane zjawiska przyrody. Nasze sale wykładowe nie są to przestrzenie w rodzaju pudełek, które chronią w niej znajdujące się masy od działania mas będących poza tą z wszechświata wyodrębnioną przestrzenią. Wyjątek stanowi tu wahadło Foucaulta, albowiem obrót płaszczyzny wahadłowej, o ile tylko istnieje możliwość swobodnego obrotu, jest niezależny od jakichkolwiek sił rzeczywistych.

Wynik naszych rozważań teoretycznych wymaga przy sprawdzeniu tylko pomiarów odległości, względnie kątów obrotu. Zaś nie zawiera pojęć, które tkwią w zasadach samych, a więc: przyspieszenia, masy i siły. A jeśli chodzi o sprawdzenie tych zasad, natenczas trzeba ostatnie wprost badać, wyniki bowiem mogą wypłynąć i z innych zasad. Przecież można sobie wyobrazić, że inne zasady dynamiki prowadzą do tych samych wyników, które pomiarami można stwierdzić. Lecz właśnie, jeśli chcemy wprost sprawdzać Zasady Newtonowskie, wtedy napotykamy na trudności nie do przebycia. Pomijam na razie pojęcie przyspieszenia, co do którego przyjmuję, że mamy środki mierzenia, to bodaj przecież wiemy, co jest siła, a co jest masa.

Siłę ciężkości, która zachodzi w doświadczeniach, o jakich poprzednio wspominałem, sprowadza się do atrakcyj

ziemskiej, prawa ogólnego ciężenia. To jeszcze jest zrozumiałem, o ile zadowolimy się wyrazem matematycznym, jaki nadał prawu grawitacji Newton, ale niepodobna wierzyć w „actio in distans“. Takie pojęcie siły, jako wzajemnego działania mas na odległość, zawiera z pewnością resztki mistycyzmu, który mianowicie panował wszechwładnie pod koniec wieków średnich. Rozpowszechniona była wiara w „utajone właściwości“, w ową „quinta essentia, materia coelestis“ i t. p., a obok tego, w celu objaśnienia zjawisk, przyjmowano istnienie tajemniczych demonów, mieszkających w ciałach, a czasem niepokojących ludzi, które łaskawie wykonywały to właśnie, czego wymagało objaśnienie zjawiska. Takie tłumaczenie jest z pewnością najpierwotniejsze, które wynika z pierwiastka mistycznego, drzemającego na dnie istoty ludzkiej. Jeśli człowiek, będący na niskim poziomie kultury, coś ukradnie, wtedy na swoje umiawnienie powiada, że go dyabeł do tego czynu skusił. Takie tłumaczenie, przyjmowanie jakiegoś agens działającego poza człowiekiem i regulującego z zewnątrz jego czyny, jest bardzo pierwotne, choć może wygodne, i dopiero pewna kultura zrodzi w człowieku przekonanie, że wszystkie jego czyny; jego szczęście, jego cała dola i niedola, wypływają z jego własnej istoty wewnętrznej, i że za wszystko, co czyni, co działa, ponosi sam odpowiedzialność.

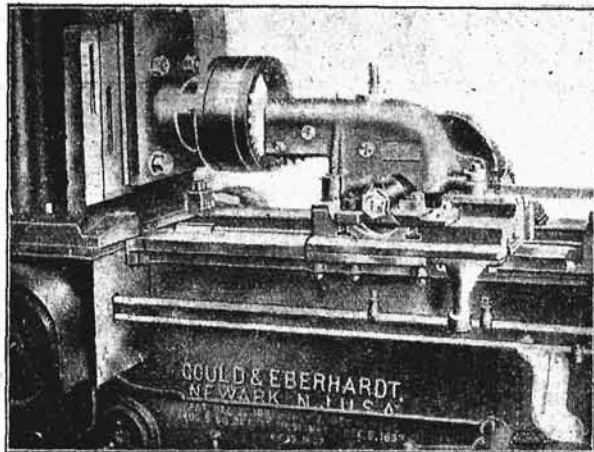
Tak też i tłumaczenie zjawisk odbywających się w świecie fizycznym, o którego istnieniu dowiadujemy się przez nasze zmysły, na podstawie siły z zewnątrz działającej jest bardzo pierwotne, ale, mimo wyteżeń myśli ludzkiej, dotychczas nauka nie osiągnęła tego stopnia rozwoju, aby wytłumaczyć wszystkie zjawiska z ich własnej istoty. Wymyślono niejedno, aby wyjaśnić przyczynę biegu ciał niebieskich, owo prawo grawitacji, któremu zjawiska, o jakich poprzednio wspominałem, podlegają, lecz dotychczas żadna próba wytłumaczenia się nie powiodła. Proste prawo Newtona pozostaje bez wytłumaczenia. (D. n.)

Postępy w dziedzinie obróbki kół zębatych.

Podał Henryk Mierzejewski, inż. mech.

(Ciąg dalszy do str. 221 w № 21 i 22 r. b.)

Obróbka kół ząbionych wewnętrznie i zębatek. Kola z uzębieniem wewnętrznym i zębatki są obrabiane zwykle według metod opisanych poprzednio. Kola z uzębieniem wewnętrznym profiluje się zapomocą frezów kształtowych

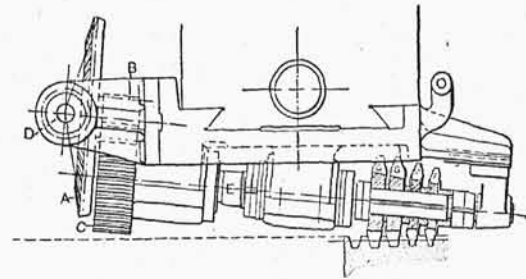


Rys. 44. Przyrząd specjalny do obróbki kół z uzębieniem wewnętrznym.

(rys. 44) bądź obwiedniowe na dłutownicy Fellowa, jak o tem mówiliśmy poprzednio streszczając zalety tej metody. Frez ślimakowy jest w danym razie nie do użytku, próbowano go zastąpić frezem ślimakowym specjalnego kształtu, jednak metoda ta nie znalazła zastosowania przemysłowego.

Przy obróbce zębatek stosowane są zarówno metody profilowania kształtowego, jak i obwiedniowego. Najczęściej zębatki frezuje się zapomocą frezów kształtowych, przyczem możliwość zastosowania kilku narzędzi naraz podnosi wy-

dajność pracy. Według metody Reineckera stosuje się szereg noży (rys. 45), z których jedne frezują zgruba, następne zaś wykończają wręby zębatki. Walek napędowy D przenosi obrót za pośrednictwem przekładni stożkowej A i czołowej B i C na wrzeciono robocze E , na którym osadzone są dwa frezy do zdzierania G i dwa do wykończania F . Nachylenie osi wrzeciona roboczego daje możliwość stosowania



Rys. 45. Metoda Reineckera obróbki zębatek.

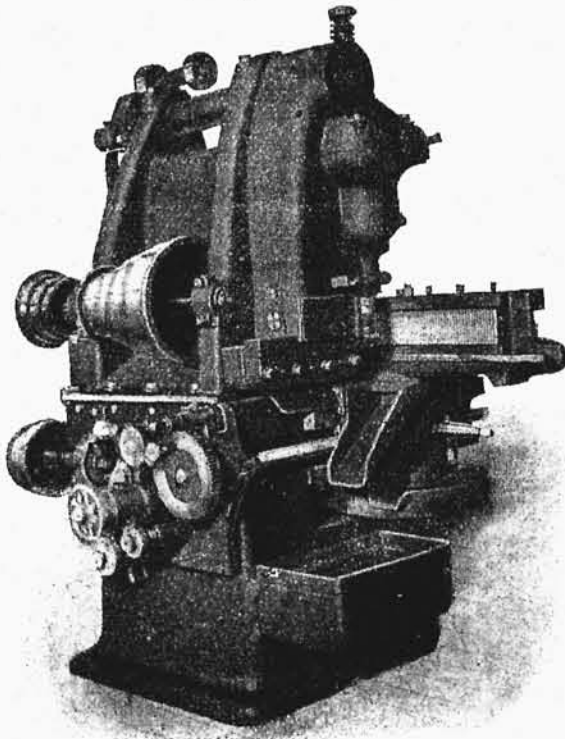
dużych średnic kół napędowych, co wpływa na równość biegu i umożliwia zdzieranie grubych wiórów.

Zwykle frezarki podłużne łatwo przystosować do obróbki zębatek. Specjalne uchwyty robocze dają możliwość narzyniania masowego różnych krótkich zębatek stosowanych w praktyce.

Z metod obwiedniowych w zastosowaniu do obróbki zębatek znana jest metoda Fellowa, która nie wymaga omawiania ze względu na swą prostotę i zupełną analogię do metody obróbki kół czołowych. Różnica polega na tem, że nie zębatka-narzędzie obrabia koło, lecz naodwrot koło zębate-narzędzie obrabia zębatkę. Rys. 46 przedstawia dodatkowe urządzenia przy dłutownicy Fellowa do obróbki zębatek.

Obróbka kół eliptycznych. Obróbka kół eliptycznych odbywa się za pomocą frezów kształtowych na specjalnych przyrządach podziałowych ustawianych na frezarkach uniwersalnych. Przyrządy podziałowe posiadają dość prymitywny mechanizm, naśladujący ruch ołówka przy wykreśleniu elipsy oraz zacisk umiejscawiający koło obrabiane w żądanym położeniu. Zainteresowany czytelnik znajdzie bliższe dane dotyczące tych przyrządów w dziełach Mac Cord: „Kinematics”; Grant: „A treatise on gear wheels”, Logue: „American Machinist Gear Book”.

Obróbka walcowych kół śrubowych. Omawiając różne rodzaje ząbień, zwróciliśmy uwagę na zasadniczą różnicę, jaka istnieje pomiędzy przekładniami walcowymi krzywoliniowymi, czyli skrotnymi, a ślimakowo-śrubowymi. Mówiliśmy, że charakter krzywej zęba koła skrotnego może być bardzo różny. Ze względu na obróbkę skrotnego koła walcowe wykonywa się jako śrubowe. Prócz tego wykazaliśmy, że koła śrubowe mogą stanowić część składową najzupełniej różnych pod względem działania przekładni zębatych, jakkolwiek ich obróbka jest jednakowa.



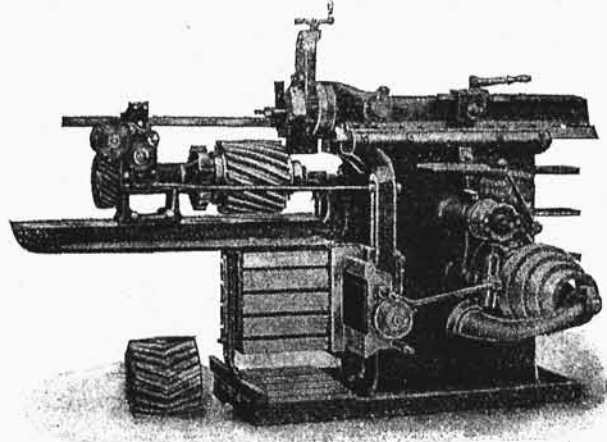
Rys. 46. Dłutownica Fellowa z urządzeniem do obróbki zębatek.

Napozór wydaje się rzeczą zbyteczną stosowanie walcowych kół śrubowych, jako bardziej skomplikowanych od zwykłych kół czołowych. Przyczyna ich wyższości praktycznej w wielu zastosowaniach polega na jednostajności i cichości biegu kół śrubowych. Jak wspominaliśmy o tem poprzednio, przyczyna hałaśliwości biegu kół czołowych polega na przyspieszeniach i opóźnieniach, prędko po sobie następujących, a wynikających z odchyień od profilu teoretycznego i głównie z interferencji profili. W kołach śrubowych zęby w chwycie stykają się nie według prostej, jak przy czołowych, lecz według krzywej. Gdy jedne punkty stykających się zębów znajdują się na obwodzie podziałowym, to inne leżą na obwodach pniów i wierzchołków, oraz pośrednich. Podobny stan rzeczy wpływa na ujednostajnienie biegu, bardzo pożądane przy napędach elektrycznych i turbinowych. Zęby wypadają przytem mocniejsze, umożliwiając stosowanie większych momentów skręcających, czyli silniejszego napędu.

Koła śrubowe posiadają natomiast poważną wadę w postaci bocznego parcia w kierunku osi. Aby je usunąć, stosuje się koła daszkowe, których zęby składają się z dwu gałęzi śrubowych, tworzących charakterystyczny daszek. Dawniej koła daszkowe używano bądź lane surowe, bądź składające się z dwóch oddzielnych kół śrubowych, połączonych mocno śrubami. W ostatnich czasach obok tych kół w użycie wchodzi koła daszkowe całkowicie obrabiane

z jednej sztuki, co zawdzięczać należy postępowi metod obróbki.

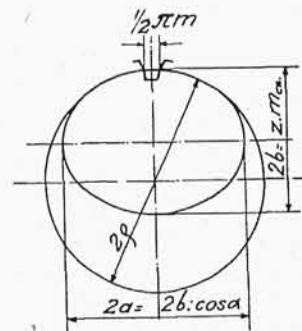
Śrubowe koła walcowe, przedstawiające najpospolitszy rodzaj kół o zębach krzywoliniowych, można narzynać za pomocą frezów kształtowych, ślimakowych i palcowych. Można obrabiać je na strugarce poprzecznej przy użyciu odpowiednich przyrządów dodatkowych (rys. 47), które nie cieszą się jednak powodzeniem wobec prędkiego zużycia krawędzi tnącej noża. Metoda noża kształtowego stosowana jest zato z powodzeniem przy obróbce ślimaków, czyli kół śru-



Rys. 47. Strugarka poprzeczna z przyrządem do obróbki kół śrubowych. Pokręcanie koła obrabianego odbywa się za pomocą drążka zębatego i przekładni.

bowych o bardzo małym pochyleniu gwintu; jednak i w tym zakresie jest ona wypierana przez frezowanie (frezarki typu tokarkowego). Użycie freza krążkowego posiada wadę podrywania pniów, wskutek czego otrzymuje się pewien błąd przy profilowaniu.

Przy profilowaniu kształtowem przyjęto jako zasadę używać normalnych doborów frezów, zmieniając średnice kół stosownie do pochylenia linii śrubowej. Aby to pojąć należycie, należy odwołać się do pojęcia t. zw. modułu czołowego i normalnego. Modułem czołowym, czyli t. zw. podziałką średnicową ($t : \pi$) nazywamy moduł przekroju koła leżącego w płaszczyźnie prostopadłej do osi, lub na mocy określenia kół skrotnych, modułem elementarnych nieskończone czołowych kół zębatych, których zespół składa się na koło skrotne. Moduł czołowy jest podstawą do obliczania średnicy podziałowej koła śrubowego, która równa się iloczynowi modułu czołowego przez liczbę zębów. Moduł



Rys. 48. Przekrój normalny koła śrubowego.

normalny odpowiada natomiast podziałce w płaszczyźnie prostopadłej do podziałowej linii śrubowej zęba. Wobec stosowania normalnych doborów frezów krążkowych, jakie znajdują się zwykle na składzie w narzędziarniach większych fabryk, szerokości narzynanych wrębów są z góry określone. Pomiedzy modułem czołowym a normalnym istnieje prosta zależność trygonometryczna

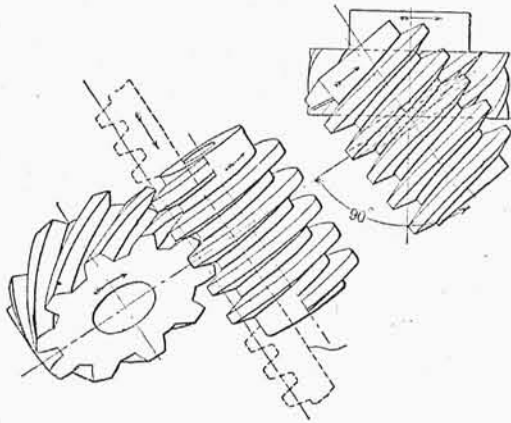
$$m_{cn} = m / \cos \alpha.$$

Tak więc, uwzględniając moduł czołowy, który jest wyrażony w liczbach ułamkowych, otrzymujemy również średnice ułamkowe, co nie jest zresztą wielką niedogodnością praktyczną.

Pozostaje jeszcze określić, jakiego freza z doboru 8- lub

15-frezowego należy użyć ze względu na profil. W tym celu zwróćmy uwagę, że płaszczyzna prostopadła do śrubowej linii danego zęba przecina walcową powierzchnię podziałową według elipsy. Średnia linia śrubowa, leżąca na powierzchni podziałowej koła w pośrodku wręba, spotyka się z powyższą elipsą w jej wierzchołku, odpowiadającym małej osi. Przeprowadzając koło styczne do elipsy w jej płaszczyźnie w wymienionym punkcie, możemy uważać je za obwód podziałowy urojonego koła czołowego, posiadającego zęby o tym samym profilu, co i profil normalny koła śrubowego.

Mała oś elipsy posiada długość równą średnicy koła śrubowego $m_{ca}z = mz/\cos\alpha$, wielka oś natomiast posiada długość $mz/\cos^2\alpha$. Promień krzywizny w omawianym wierz-



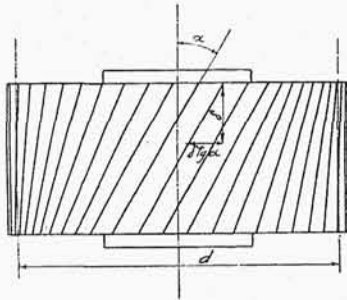
Rys. 49. Chwył koła śrubowego i ślimaka.

chołku elipsy wynosi na podstawie znanego wzoru $\rho = \frac{a^2}{b}$, gdzie a oznacza połowę długości wielkiej, a b —małej osi elipsy:

$$\rho = \frac{m^2z^2 \cdot 2 \cos\alpha}{4 \cos^4\alpha \cdot mz} = \frac{mz}{2 \cos^3\alpha}$$

Liczba zębów na kole urojonym wobec podziałki normalnej wynosiłaby $z/\cos^3\alpha$, gdzie z oznacza liczbę zębów koła śrubowego. Ze wzoru ostatniego wynika, że przy frezowaniu kół śrubowych należy stosować frezy z profilami, odpowiadającymi większej liczbie zębów i to tem bardziej, im większe jest pochylenie linii śrubowej.

Przy obróbce kół śrubowych zapomocą freza ślimakowego przyjmuje się, że zwoje ślimaka są styczne do zębatego koła urojonego, będącej we chwycie z kołem śrubowym (rys. 49). Kołu obrabianemu i frezowi ślimakowemu nadaje się takie



Rys. 50. Zależność dodatkowego obrotu koła śrubowego od posuwu freza ślimakowego.

ruchy obrotowe, jakie wypadłyby z prawidłowego chwytu koła śrubowego i zębatego. Kąt ustawienia freza względem koła obrabianego musi być, jak to sobie łatwo można przedstawić, sumą kątów pochylenia linii śrubowych koła i ślimaka.

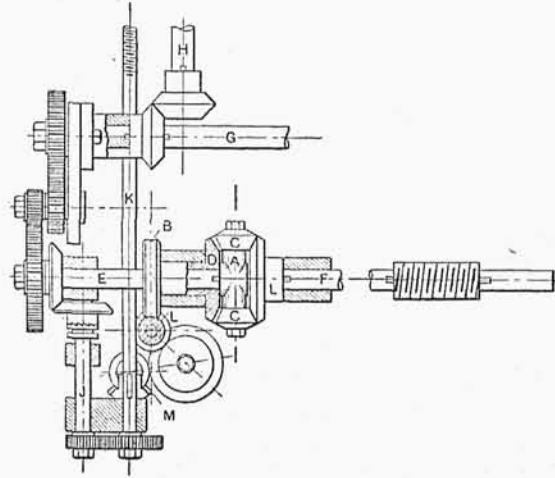
Przy obróbce koła narzynane otrzymuje, prócz obrotu zasadniczego, odpowiadającego chwytowi z obracającym się ślimakiem, bądź, co na jedno wychodzi, posuwaniu się zębatego koła urojonego, jeszcze dodatkowy obrót powolny, ze względu na pochylenie zębów koła. Rzeczywiście ślimak otrzymuje posuw w kierunku osi koła obrabianego: w miarę zagłębiania się ślimaka we wręba, należy obrót koła przyspieszać lub opóźniać, stosownie do rodzaju pochylenia linii śrubowej oraz wielkości posuwu.

Jeżeli δ oznacza posuw freza ślimakowego, mierzony

w kierunku osi koła obrabianego, to jest rzeczą oczywistą, że owa względna prędkość dodatkowa wyniesie w stosunku do jednego zasadniczego obrotu koła obrabianego (rys. 50)

$$\delta \cdot \operatorname{tg} \alpha / \pi \cdot d.$$

Dodatkowy ten obrót jest bardzo powolny, wielkość jego jest uzależniona od posuwu. Urzeczywistnia się go zapomocą specjalnej przekładni ślimakowej, uzależnionej od mechanizmu posuwowego, co wprowadza pewne komplikacje w budowie obrabiarki. Schemat takiego urządzenia typowego przedstawia rys. 51.



Rys. 51. Schemat mechanizmu typowego w obrabiarkach do narzynania kół śrubowych zapomocą freza ślimakowego.

Obrabiarka otrzymuje główny napęd za pośrednictwem wałka H , który przenosi ruch zapomocą przekładni kół stożkowych na wałek G , pędzący mechanizm obrotowy freza ślimakowego. Drugie odgałęzienie głównego napędu, składające się z przekładni kół walcowych, przenosi ruch na wałek E , a następnie na wałek F , ze ślimakiem, obracającym stół z obrabianym przedmiotem. Od wałka E zapożyczony jest napęd mechanizmu posuwowego, składający się z przekładni kół stożkowych, sprzęgła włączająco-wyłączającego posuw, wałka J , przekładni zmianowej, zapomocą której zmienia się wielkość posuwów, wreszcie wałka K . Ponieważ, jak o tem mówiliśmy już poprzednio, dodatkowy obrót koła obrabianego musi być uzależniony od wielkości posuwów, przeto na wałku K osadzone jest koło stożkowe M , przenoszące ruch na koła zmianowe, które są potrzebne wobec rozmaitego pochylenia linii śrubowych koła, a następnie na przekładnię ślimakową L . Koło ślimakowe B , osadzone luźno na wałku E , obraca za pośrednictwem przekładni różnicowej D, C wałek F , niezależnie od ruchu obrotowego, przenieszonego przez oprawkę A , na której osadzone są koła stoż-



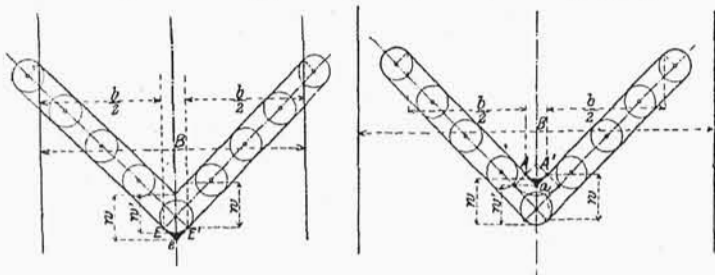
Rys. 52. Tryb daszkowy o czterech zębach, wykonany zapomocą freza palcowego.

kowe C . Koła C nieruchome w chwili wyłączenia mechanizmu posuwowego, po jego włączeniu, zaczynają się obracać względem swych osi, przyspieszając, lub opóźniając obrót ślimaka, obracającego stół roboczy.

Z podanego opisu łatwo pojąć, że znaczenie zasadnicze w całej obrabiarce posiada owa przekładnia różnicowa, dająca możliwość niezależnego włączania dwóch obrotów: głównego prędkiego i dodatkowego powolnego. Jest również rzeczą charakterystyczną, że mechanizm do obrotu dodatkowego jest ściśle uzależniony od mechanizmu posuwowego.

Koła śrubowe można obrabiać na frezarkach uniwersalnych, stosując odpowiednie przyrządy dodatkowe; dotyczy to zarówno metody profilowania kształtowego, jak i obwiedniowego. Obrabiarki specjalne nie różnią się zazwyczaj (pomijając konstrukcje nie typowe) od opisanych poprzednio frezarek do kół czołowych. Frezarki, posiadające

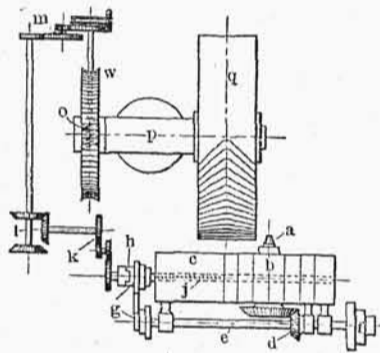
się frezem kształtowym, posiadają suport skrotny z wrzecionem, które można nastawiać pod kątem. Obrabiane koło otrzymuje obrót powolny, odpowiadający posuwowi (rys. 48). Oznaczając przez c prędkość posuwu, a przez v — prędkość obwodową obrabianego koła, otrzymamy następującą zależ-



Rys. 53 i 54. Obróbka właściwego daszka.

ność: $c/v = \cotg \alpha$. Jak widzimy z tego, koło nie jest nieruchome w chwili obróbki, jak koło czołowe, obrabiane zapomocą freza kształtowego.

Frezarki, posilkujące się frezem ślimakowym, posiadają mechanizm z przekładnią różnicową, opisaną poprzednio. Typ ich zewnętrznie nie odbiega wiele od frezarki skombinowanej do profilowania kształtowego i obwiedniowego Gildemeistera, przedstawionej na rys. 44.



Rys. 55. Schemat obrabiarki do kół daszkowych.

Prócz tych metod zasadniczych, na uwagę zasługuje obróbka zapomocą frezów palcowych. Jest ona dokładniejsza, gdyż profil wrębu narzniętego zapomocą tego freza odpowiada lepiej profilowi teoretycznemu, niż wrębu, obrabianego frezem kształtowym lub ślimakowym. Za to jest ona bez porównania zmuńniejsza i kosztowniejsza, wobec czego stosuje się ją wyłącznie do obróbki kół daszkowych.

Frez palcowy umożliwia obróbkę kół, budzących wprost podziw ze względu na swój kształt (rys. 52). Najtrudniejszą rzeczą jest wykonanie właściwego daszka ze względu na zwięźlenie wrębu: wewnątrz punktów stykowych EE szerokość wrębu w' jest nieco mniejsza od w . Należy przytem usunąć bądź śpic a (rys. 53), bądź zaokrąglenie e (rys. 54). Materiał zbyt twardy można wydłutować lub usunąć zapomocą obróbki dodatkowej. Pozostawienie obrzeży wzmacniających koło daszkowe (rys. 54) nie przedstawia najmniejszych trudności.

Wady obróbki zapomocą frezów palcowych są natury praktycznej. Małe narzędzie tępi się szybko, co wpływa źle na jednostajność profilu. Przy ruchu nawrotnym mechanizmu obrabiarki, w celu otrzymania symetrycznego pochylenia linii śrubowych, z których składa się daszek, otrzymuje się wskutek nieuniknionego luzu pewne przestawienie podziałek.

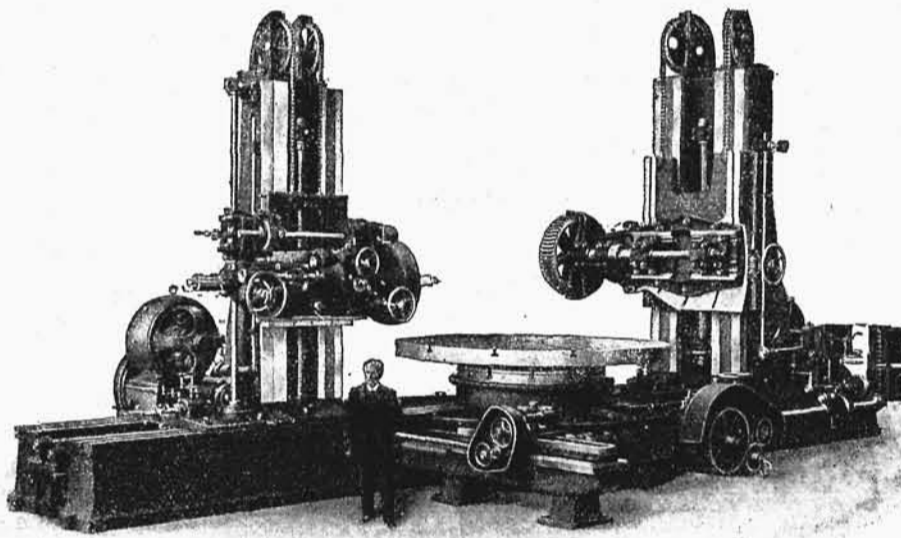
Schemat obrabiarki do freza palcowego przedstawia rys. 55. Wrzeciono z frezem palcowym a osadzone jest w saniach b , przesuujących się wzdłuż łoża c . Wrzeciono jest

obracane za pośrednictwem przekładni kół stożkowych d i wałka z rowkiem na klin e , oraz stopniowego koła pasowego f . Mechanizm posuwowy otrzymuje napęd od wałka e za pośrednictwem stopniowych kół pasowych lub zębatych g , oraz sprzęgła h . Śruba pociągowa j przesuwa sanie b . Mechanizm obrotowy wrzeciona roboczego składa się z przekładni zmianowej k , przekładni nawrotnej l , kół zmianowych m do ręcznego przyrządu podziałowego, ślimaka o , koła ślimakowego w , osadzonego na wrzecionie roboczym p , na które zakłada się obrabiany przedmiot q .

Gdy frez palcowy dojdzie do środka koła, mechanizm zderzakowy przy saniach b zaczyna działać na przekładnię nawrotną l , dzięki czemu otrzymuje się odwrotny bieg wrzeciona p . Po obróbeniu drugiej gałęzi śrubowej specjalny mechanizm, nie przedstawiony na rys., podobnie jak i zderzakowy, cofa z powrotem sanie b . Przystawienie na następną podziałkę odbywa się zapomocą ręcznego przyrządu podziałowego m .

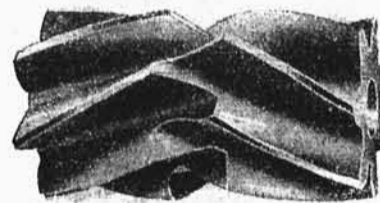
Obrabiarki do kół daszkowych są wykonywane przez kilka firm. Jedną z nich niezwyklej wielkości i nowoczesnej konstrukcji przedstawia rys. 56.

Drugą znaną metodą obróbki kół daszkowych jest profilowanie obwiedniowe zapomocą frezów ślimakowych przy przestawieniu o połowę podziałki dwóch gałęzi linii śrubowych, przez co unika się śpica przy właściwym daszku



Rys. 56. Obrabiarka do kół daszkowych Lorenza.

gdyż wręby mijają się wzajemnie (rys. 57). Metoda powyższa, nosząca miano metody Wuesta od nazwiska swego wy-



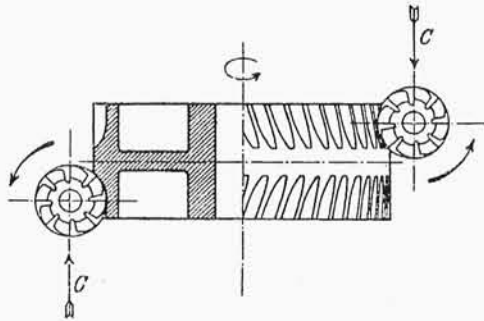
Rys. 57. Tryb 7-zębowy, wykonany według metody Wuesta.

nalazcy, przedstawiona jest schematycznie na rys. 58, obrabiarka zaś sama na rys. 59.

Obróbka kół stożkowych.

Podobnie jak i przy kołach walcowych, należy wskutek pewnych założeń natury praktycznej odstąpić od stosowania profilu ściśle teoretycznego. Powierzchnie podziałowe są w danym wypadku stożkami o wspólnym wierzchołku, krzywe zaś profilowe znajdują się na powierzchni kuli,

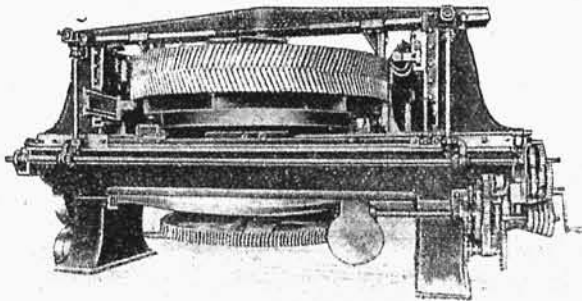
gdyż punkty opisujące je leżą na stałej odległości od wierzchołka. Wykreślanie i obliczanie ewolwenty kulistej jest rzeczą trudną, i dlatego w praktyce rozpowszechniła się przybliżona wykreślna metoda Tredgolda, polegająca na za-



Rys. 58. Schemat obróbki według metody Wuesta.

stąpieniu powierzchni kulistych przez rozwijalne na płaszczyźnie powierzchnie stożkowe (rys. 60).

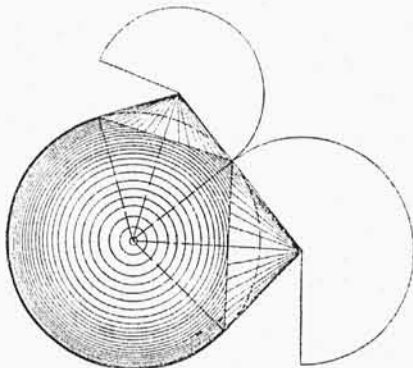
Profil ewolwentowy podobnie jak i przy kołach walcowych zwyciężył profile cykliczne. Ewolwenta kulista posiada swą krzywiznę przestrzenną, bardzo niewiele różniącą się od krzywizny powierzchni stożkowej, jeśli ostatnia jest styczna do kuli wzdłuż obwodu podziałowego koła. Jeżeli rozwinąć stożki styczne dwu kół stożkowych na płaszczy-



Rys. 59. Obrabiarka do kół daszkowych Wuesta.

znej, to, jak to przedstawia rys. 61, otrzymuje się dwa wycinki kołowe, ząbujące się wzajemnie jak dwa zwykle koła czolowe (rys. 61). W praktyce jest rzeczą dostateczną określić profil zewnętrzny i wewnętrzny i na tej podstawie wyznaczyć przybliżony profil freza. Przybliżenie Tredgolda ma zastosowanie i przy struganiu kół stożkowych.

Dość często różni autorowie poprzestają na usprawiedliwieniu naukowym przybliżenia Tredgolda, pomijając

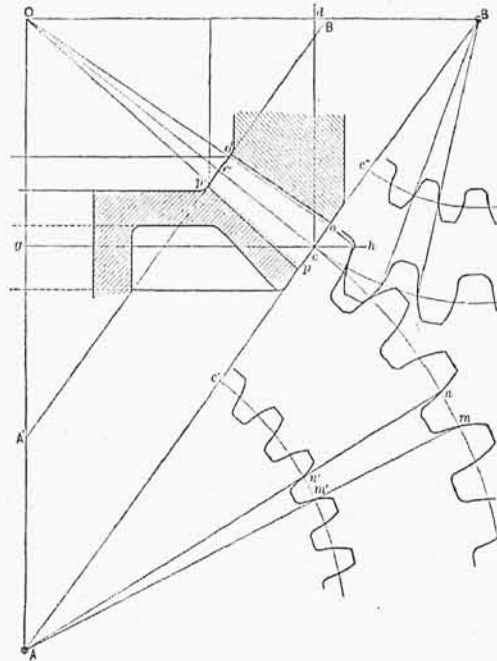


Rys. 60. Zastąpienie powierzchni kulistych przez stożkowe (przybliżenie Tredgolda).

obliczenie błędu, popełnionego przez zastąpienie ewolwenty kulistej przez płaską. Wobec tego, że przy obróbce są popełniane nowe błędy, należy być ostrożnym co do pomijania pierwszego, tem bardziej, że, jak to wykazał w cennej swej pracy o obróbce kół zębatych cytowany już przez nas Karol Barth, błąd ten wynosi np. przy kole stożkowym o 35 zębach, $m = 8$, około 0,3 mm.

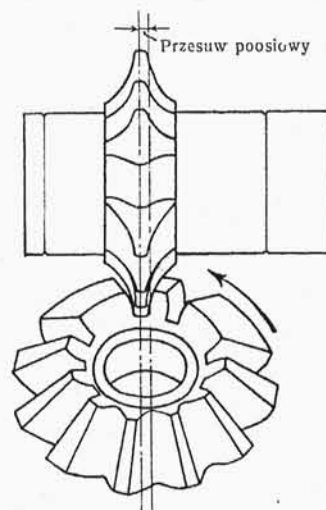
Frezowanie kształtowe jako metoda obróbki jest tak

dogodne, że nie dziwnego, iż używają go przy obróbce kół stożkowych. Można nawet powiedzieć, że metody tej nadużywają naogół. Z powodu stałego zważania się wrębu od mn do $m'n'$ (rys. 61), kształt profilu zmienia się bez przerwy i frezować można jedynie zęby krótkie, biorąc pod uwagę przybliżenia dozwolone. Można użyć w tym celu frezy odpowiadające profilowi najmniejszemu i największemu, po-



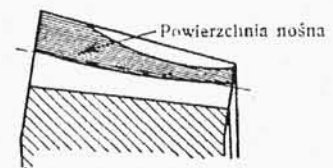
Rys. 61. Zewnętrzne i wewnętrzne profile kół stożkowych we chwycie.

prowadzić obróbkę kolejno z obu stron, a następnie poprawić profile pośrednie zapomocą pilnika. Większem powodzeniem cieszy się metoda całkowitego wykończenia koła na obrabiarce. Frez ustawia się tak, by jego płaszczyzna środkowa przechodziła przez oś koła, w tem położeniu wyrzyna się wrąb zgruba, a następnie przesuwają się frez poosiowo, a koło obraca się na pewien kąt tak, że ząb otrzymuje prawidłowy profil na zewnętrznym obwodzie podziałowym, a przybliżony na wewnętrznym (rys. 62).



Rys. 62. Frezowanie koła stożkowego.

Oba boki wrębu należy oczywiście obrabiać oddzielnie, przedstawiając koło i narzędzie. Uszykowanie roboty następcza wiele trudności: wadą omawianej metody jest uzależnienie wyników od zręczności i dobrej woli robotnika. Zwykle frezy krążkowe nie nadają się do frezowania kół



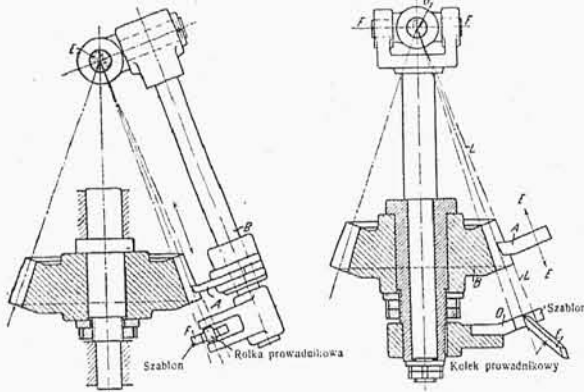
Rys. 63. Powierzchnia nośna kół stożkowych frezowanych zapomocą metody kształtowej.

stożkowych, gdyż wyrzynają za szerokie wręby, wobec czego należy stosować frezy o mniejszej grubości zęba.

Teoretyczne badanie biegu tak wykonanych kół stożkowych jest rzeczą trudną i nie prowadzi do celu. Można badać je na drodze doświadczalnej, co uczynili Jones i Goddard, wskazując sposoby najdoskonalszego przybliżenia i równocześnie wykazując, że frezowane według tej metody koła stożkowe odpowiadają źle warunkowi prawidłowego ząbienia. Tak np. powierzchnia przylegania obejmuje zaledwie część powierzchni zęba (rys. 63), co wpływa źle na trwałość: nie też dziwnego, że przy prędkościach wynoszących

zaledwie 2 m/sek. tak wykonane koła stożkowe zaczynają hałasować.

O wiele lepsze wyniki daje metoda strugania kół stożkowych według szablonu. Strugarki działające według tej zasady dzielą się na dwie grupy. Do pierwszej należą te, w których przedmiot obrabiany jest nieruchomy, a narzędzie posiada obok ruchu tam i z powrotem jeszcze i posuw kierowany w przestrzeni zapomocą szablonu; do drugiej należą obrabiarki, w których narzędzie otrzymuje jedynie ruch roboczy, gdy natomiast przedmiot obrabiany porusza się krzywoliniźnie w zależności od kierującego szablonu. Te



Rys. 64. Schemat strugarki do kół stożkowych Gleasona.

Rys. 65. Schemat strugarki do kół stożkowych Oerlikona.

dwa rozwiązania konstrukcyjne są przedstawione na rys. 64 i 65. Na pierwszym z nich nóż strugarski *A* przesuwają się wzdłuż prowadnika *B* równoległe do tworzącej zęba. Prowadnik *B* jest zaopatrzony w rolkę *C*, prowadzoną przez szablon *F*, który utrzymuje tym sposobem prowadnik *B* w odpowiednim położeniu względem obrabianego koła. Punkt styczności rolki *C* z szablonem *F*, krawędź tnąca i wierzchołek stożka podziałowego leżą stale na jednej prostej. Prowadnik *B* może się obracać poziomo i pionowo względem czopa *E*. Przy drugim rozwiązaniu (rys. 65) stosowanym w strugarkach Oerlikona, nóż strugarski *A* może się poruszać jedynie w kierunku *EE*, natomiast obrabiane koło opisuje krzywą zęba, prowadzone przez kolek *F* i szablon *D*. Koło obrabiane może się obracać na czopach *GG* i *FF*. Ciężar lub sprężyna dociska szablon połączony na stałe z wrzecionem roboczym do kolka prowadnikowego.

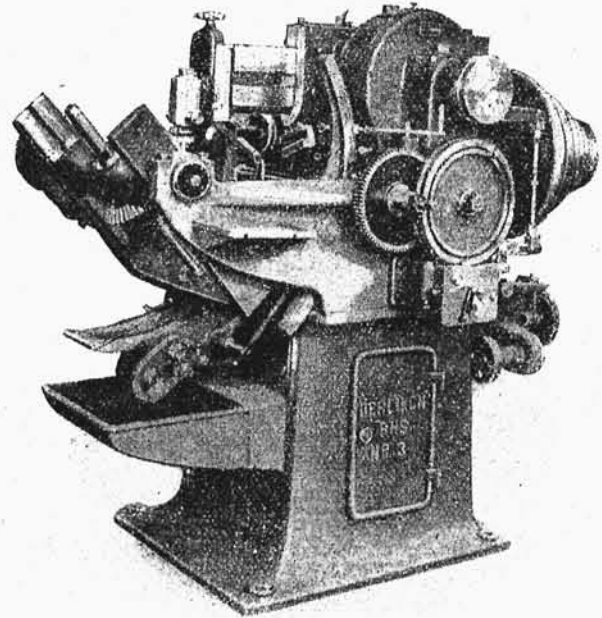
Z podanego opisu wnosimy, że narzędzie w strugarce Oerlikona odbywa ruch taki jak w zwykłej strugarce poprzecznej (shaping). Posiłkując się odpowiednim przyrządem podziałkowym, można nawet obrabiać koła stożkowe na strugarce poprzecznej, co jest rzeczą ogólnie znaną. Z podobnego przyrządu dodatkowego powstała drogą ewolucji specjalna strugarka do kół stożkowych Oerlikona (rys. 66), o czym świadczy jej budowa ogólna.

Suwak nożowy odbywa ruch tam i z powrotem, mechanizm dający ten ruch nie różni się niczym od tego, jaki jest stosowany w strugarkach poprzecznych. Koło obrabiane zakłada się na wrzeciono robocze, osadzone w ramie, zawieszony na dwóch czopach, przechodzących przez wystające ku przodowi konsoli kadłuba obrabiarki. Do ramy przymocowane są dwa sektory zębate, widoczne na rys. 66, poruszane zapomocą dwóch trybików, osadzonych na wspólnym wálku i otrzymujących napęd za pośrednictwem koła zębatego i zapadkowego. Rama otrzymuje ruch wahadłowy, odpowiadający stopniowemu zagłębieniu się noża we wręb. Do wrzeciona roboczego przymocowany jest na stałe szablon, dociskany zapomocą sprężyny do wystającej części kadłuba: na rysunku szablonu tego nie widać, jednak na podstawie podanego poprzednio schematu łatwo pojąć jego działanie.

Ponieważ zarówno stożek, na którym ma się narzynać zęby, jak i szablon, są wykonane na podstawie rysunków, sporządzonych w biurze rysunkowym z możliwą praktycz-

nością, przeto uszykowanie roboty polega przede wszystkim na dostosowaniu wzajemnego położenia stożka i szablonu. Najpierw ustawia się nóż strugarski tak, by przechodził on przez płaszczyznę symetrii całej maszyny, w której leży oś wrzeciona robocznego. W tym celu podkłada się odpowiedni przymiar do kadłuba obrabiarki, a następnie krawędź tnącą ustawia się według rysy na przymiarze. Nie jest to sposób dość pewny: zależy on w znacznym stopniu od dobrej woli robotnika. Następnie zakłada się obtoczony gładki stożek, a ramę podnosi się, aż krawędź tnąca noża strugarskiego będzie styczna do tworzącej zewnętrznej stożka. Potem zakłada się szablon, ustalając jego pozycję zapomocą kołków centrujących. Całość operacji jest taka sama, jak przy frezowaniu kół czołowych zapomocą freza kształtowego.

Profile kół stożkowych zmieniają się stosownie do kąta stożka podziałowego i liczby zębów. Przy dokładnej obróbce należy posiadać wielką liczbę szablonów, co wymaga poważnego nakładu kapitału. Można by ograniczyć się do przybliżeń, jak przy frezach kształtowych; ponieważ jednak błędy pochodzące z zastępowania ewolwenty kulistej przez płaską sumują się z nowymi błędami, wynikającymi z niedość dokładnego wykonania szablonów, ustawienia na obrabiarkę i przyjętych przybliżeń, przeto należy być o wiele oględniejszym, niż przy kołach walcowych. W praktyce największą odpowiedzialność spoczywa na robotniku, co przeczy poniekąd zapatrywaniom na organizację pracy warsztatowej. Robotnicy odwołują się do metody empirycz-



Rys. 66. Strugarka Oerlikona do kół stożkowych.

nej, przymierzając koła pracujące ze sobą, sprawdzając je na specjalnych przyrządach do próbowania, i poprawiając następnie sami szablon.

Jakie znaczenie przemysłowe posiada dokładne i tanie wykonanie szablonów, świadczy fakt istnienia specjalnej obrabiarki Gleasona, mającej to wyłącznie na celu. W obrabiarkę powyższej urzeczywistnia się frezowanie ewolwenty kulistej zapomocą szeregu złożonych ruchów i mechanizmów. Wskazuje to, jakich środków należy używać, by otrzymać dokładne profile, i jakie koszty są połączone z metodą strugania kół stożkowych według szablonów. Nic też dziwnego, że cały szereg konstruktorów pierwszorzędnych zajął się wynalezieniem metod obróbki i stworzeniem obrabiarek, posiłkujących się prostymi tanimi narzędziami do obróbki kół stożkowych. Pierwszy krok w tym kierunku uczynił w r. 1885 Hugo Bilgram, budując strugarkę, działającą według metody profilowania obwiedniowego.

(C. d. n.)

ARCHITEKTURA.

WIELKA WARSZAWA.

(Referaty wygłoszone na posiedzeniach Koła Architektów w Warszawie w związku z poruczeniem Kołu przez Zarząd miasta opracowaniem szkicowego projektu zabudowania Warszawy w rozszerzonych granicach).

II posiedzenie z d. 29 kwietnia 1916 r.

Stan obecny komunikacji miejskiej i podmiejskiej i poglądy na udoskonalenie tejże. — Rozwój okolic podmiejskich.

REFERAT III.

Przez inż. C. Rudnickiego.

Wszystkie prawie ulice Warszawy biegną równoległe lub prostopadłe do Wisły. Ponieważ w obrębie miasta Wisła płynie w kierunku odchylnym około 45° od południka, więc ulice układają się bardzo dogodnie; a że są one niezupełnie równoległe i prostopadłe, przeto ulice północno południowe odchyłone są o 20° od południka, zaś wschodnio-zachodnie o $18^\circ - 30^\circ$ od równoleżnika. Skutkiem tego sieć ulic Warszawy przypomina amerykańską kratownicę ulic, ułożonych po przekątnej do południka.

Szerokość ulic. Arterye dawne posiadają różną szerokość, wszystkie zaś nowe, powstałe w XIX w. na zasadzie prawa z r. 1820, posiadają przeważnie określoną prawem minimalną szerokość 8 saż. czyli 17,5 metra. Norma ta utrzymała się w całym mieście, na Pradze jednak i przedmieściach stosowana była norma parcelacyjna 4 saż. czyli 8,5 m. Zdaniem prelegenta, norma szerokości 17 m dla Warszawy jako centrum przyszłego miasta, wobec wysokości zabudowania i braku szerokich arteryi, jest bezwarunkowo za mała. Norma, stosowana w miastach rosyjskich, 10 saż. czyli 21,5 m byłaby daleko odpowiedniejsza dla komunikacji.

Ulice, powstałe na miejscu dawnych okopów miejskich, składających się z dwóch ulic (przed- i zaokopowej), rowu i wału, i dochodzących przez to do 30 m szerokości, a stanowiące razem wzięte jedyną w Warszawie arterję okólną (Okopowa, Towarowa, Nowowiejska, Polna, Parkowa i t. d.), zostały z biegiem czasu, wskutek rozmaitych przyczyn zwężone, jak np. przed cmentarzami, przed stacją towarową W.-W., gdzie pozostało zaledwie 17 m, między Grzybowską a Krochmalną ulica ma tylko 15 m szerokości. Część Polnej zajęła kanalizacja, urządzając około filtrów ulicę 20 m szeroką, a w dalszej części Polnej Towarzystwo Wyścigów zajęło całą prawie szerokość ulicy, pozostawiając tylko 12 m; Towarzystwo zobowiązane jest zwrócić miastu ten pas ziemi, lecz stara się tego uniknąć. Ulica Parkowa została dopiero podczas okupacji rozszerzona bardzo znacznie do 30—40 m, dzięki czemu ulica ta może odegrać bardzo ważną rolę, służąc jako dogodne połączenie dolnej części miasta z górną.

Oprócz ulic zachodnio-wschodnich, Warszawa posiada bardzo mało ulic północno-południowych, bardzo ważnych pod względem komunikacyjnym. Ulica Wronia była regulowana do szerokości 14 m, później poszerzana do 17 m; możnaby ją przedłużyć do ulicy Wolność, co wymagałoby jednak dość kosztownych wywłaszczeń. Żelazna, o szerokości 18—22 m, stanowi ważną arterję, przecinającą miasto na dłuższym dystansie, obecnie jest ona przerwana przez stację filtrów. Już w XIX w. istniały projekty przedłużenia tej ulicy w kierunku północnym, obecnie przedłużenie takie wymagałoby wielkich kosztów, a mogłoby się usprawiedliwić tylko połączeniem z wielką arterją, idącą od przedmieść północnych (w obrębie cmentarzy), gdyż przejście od Żelaznej do Smocznej jest obecnie poszerzone, obiedwie arterye nie kończą się racjonalnie, lecz urywają się dość nieumotywowanie. Ul. Smoczna można bardzo łatwo połączyć z placem Parysowskim. Nowo-Karmelicka dochodzi obec-

nie już do Dzikiej (z przerwą przy posesyi fabrycznej); należałoby połączyć ją z ulicą Solną i przeprowadzić w ten sposób do placu Mirowskiego, gdyż połączenie obecne, zębate, jest bardzo niedogodne. Regulacja ta napotkałaby również na znaczne trudności. Dzika, jako dalszy ciąg Powązkowskiej, stanowi ważną arterję radyalną, mimo to kończy się tępo i trzeba bezwarunkowo przebić połączenie z ulicą Przejazd około pałacu Mostowskich; było to już postanowione za czasów rosyjskich, lecz wówczas władze wojskowe protestowały, nie pozwalając na przebicie należącej do nich posesyi. Regulacja ta jest bezwzględnie konieczna.

Jedną z najważniejszych i najdłuższych arteryi stanowi kierunek Marszałkowska-Nalewki. Połączenie tych dwóch ulic osiągnąć można jedynie przez przeprowadzenie ulicy przez Ogród Saski. Ponieważ Chłodna też urywa się przy Ogródku Saskim, przeto wszelkie komunikacje opóźniają się o jakie 20 minut. Przebicie więc Ogródku Saskiego dla połączenia ul. Marszałkowskiej z Nalewkami jest konieczne. Prowadząc ulicę asfaltowaną wzdłuż zachodniego brzegu Ogródku Saskiego, otrzymamy bezwzględnie wspaniałą arterję o szerokości 25—32 m, z możliwością przedłużania jej w różnych kierunkach. Arterję tę można będzie połączyć z ul. Niecałą przez Ogród Saski. Dla komunikacji w kierunku z zachodu na wschód, połączenie ulicy Królewskiej z wzmiankowaną poprzednio ulicą, idącą przez Ogród Saski, oraz z ul. Rynkową, umożliwi bezpośrednią komunikację ulicy Królewskiej z Chłodną, Grzybowską i Krochmalną; obecny zab zab między Królewską a Graniczną utrudnia nadzwyczajnie komunikację. Była okazała połączenia z ulicą Rynkową kosztem około rb. 60 000.

W dolnej części miasta mamy arterję główną, składającą się z ulic: Rybaki, Bugaj i Dobra, a także założone w ostatnich czasach ulice nadbrzeżne, szerokie i dogodne. Arterję tę trzeba połączyć dogodnie z ulicą Czerniakowską; arterję równoległą stanowiłyby ulice: Sowia, Furmańska, Browarna, Topiel, nowa ulica przez ogrody Tow. Św. Kazimierza, ul. Czerwonego Krzyża, nowe ulice przez place Blocha i inne w kierunku ulicy Ludnej i Czerniakowskiej.

Połączenie dolnego i górnego miasta stanowią położone w różnych punktach miasta następujące ulice: Dolna, leżąca już poza miastem, o 1,5 km od rogatki Mokotowskiej, zbyt odległa, wymagałaby niwelacji dla udogodnienia, Parkowa, (którą przetnie przedłużenie Alei Ujazdowskich w kierunku Wilanowa, w myśl projektu, opracowanego przez architekta Kalinowskiego), Agrykola, w której należy złączyć tylko nieco spadek, ulice: Górna, Książęca, Tamka, Karowa są już uregulowane tak co do kierunków, jak i spadków. Niezbędne są też połączenia: 1) przy ścianie podporowej, która przerwała komunikację przez Aleje Jerozolimskie i 2) przez Dynasy, wzamian niemożliwej dla jazdy ulicy Obożnej. Projekty tych połączeń były niejednokrotnie opracowywane.

Możnaby przy pewnych staraniach wytworzyć ulicę przeważnie spacerową na górnej krawędzi zbocza, opadającego ku Wiśle; nie będzie ona pomocną dla Nowego Świata w odciążeniu ruchu kołowego, gdyż musiałaby iść falisto z terenem i w związku z wspomnianymi wyżej ulicami, łączącymi górne dzielnice z dolnymi, lecz dawałaby piękne widoki na Wisłę; możnaby ją poprowadzić przez Łazienki, szpital Ujazdowski, ogród Instytutu Maryjskiego, przez ogrody Frascati i szpitala św. Łazarza, następnie przecięłaby Aleje Jerozolimskie, Szczyglą, przeszłaby mostem nad Tamką, aby przejść na skarpe uniwersytecką aż

do Bednarskiej. Urzeczywistnienie tej myśli byłoby możliwe bez zbyt wielkich kosztów.

Wreszcie przez parcelację dzielnicy ratuszowej możnaby otrzymać połączenie ulicy Bielańskiej z Miodową przez Kapucyńską, jak również Daniłowiczowskiej z Długą.

Praga posiada tylko jedną ważną arterię ruchu: szosa Kowieńska, ulica Petersburska, Targowa, Wołowa i szosa Grochowska, inne ulice mają znaczenie tylko miejscowe. Na Nowej Pradze, Szmulowiznie i Kamionku właściciele w celach parcelacyjnych wytworzyli bardzo niefortunna sieć wąskich ulic, które trzeba byłoby poszerzać odpowiednio do wysokości domów, wymagać to będzie wielkich kosztów, a do celu nie doprowadzi. Na układ ulic tamtejszych bardzo szkodliwy wpływ wywarły czołowe stacje kolejowe; w projektach węzła kolejowego miała być skasowana stacja petersburska, przez co wytworzyłyby się piękne arterie w przedłużeniu ulicy Aleksandrowskiej, w ostatnich jednak czasach władze kolejowe wróciły do konieczności zachowania stacji tej jako pasażerskiej. Połączenie podzielonych przez dworce czołowe dzielnic, dałoby się osiągnąć wytworzeniem linii głównych kolejowych i dworców o charakterze tranzytowym. Jestto kwestya węzła kolejowego warszawskiego.

Zasługuje również na uwagę łącznik mostowy Pragi z Warszawą. W r. 1898, z powodu projektu budowy mostu Poniatowskiego, były robione badania nad ruchem na moście Kierbedzia, zaobserwowano wtedy, że w ciągu jednej godziny przeszło w obie strony 23 400 osób, co pozwala przypuszczać, że ruch dzienny wynosi conajmniej 100 000 osób. W przeciągu jednej godziny przejechało wozów ciężarowych 900, lekkich zaś — 1200. Choć zaobserwowane liczby dotyczyły prawdopodobnie godzin największego ruchu, to jednak można z tych danych wywnioskować, że wogóle na tym moście panuje ruch bardzo znaczny, i taki sam ruch przenosi się na ulice sąsiednie.

Przedmieścia znajdują się na ogół w wiele gorszym położeniu, przytem wymagania ruchu na ich arteriach głównych są przeważnie jeszcze nieznanne.

Sielce posiadają przeważnie ulice parcelacyjne, długość ogólna ulic prywatnych wynosi 10,5 km, przyczem jednak brak zupełnie komunikacji w kierunku wschodnio-zachodnim. Domy są przeważnie murowane, fabryk niema wcale, cała miejscowość jest dość słabo zabudowana skutkiem niskiego położenia.

Mokotów natomiast jest świetnie położony lecz również słabo zabudowany. Długość ulic wynosi około 15 km. Układ ulic zepsuty jest beznadziejnie, za wyjątkiem placów Narbutta, o regulacji dość banalnej, większość ulic posiada za ledwie 6—8 m szerokości, najważniejsza ulica Grodzka ma od 8 do 14 m szerokości. Na terenie Mokotowa u podnóża skarpy projektowane są wielkie aleje, jako dalszy ciąg Alei Ujazdowskiej i arterie spacerowe.

Główne arterie radialne łączą miasto z okolicami, to też panujący na nich ruch jest miarodajnym dla oznaczenia ich doniosłości. W sprawie tej brak nam zupełnie danych statystycznych z okresu przedwojennego, dopiero podczas wojny t. zw. „artel warszawska“, pobierająca rogatek, dostarczyła wykazy pobranych opłat, które to wykazy, aczkolwiek bardzo sumaryczne i niedokładne, a przytem zbierane w czasie tak nienormalnym, jaki Warszawa podczas wojny przeżywała, to jednak w braku ściślejszego materiału mogą służyć jako wskazówki statystyczne, ilustrujące zasadniczo i decydująco stosunek ruchu na różnych rogatkach, których Warszawa posiada dwadzieścia kilka.

Zestawienie ruchu na rogatkach, ułożone w porządku topograficznym, rozpoczynając od południowego lewego brzegu Wisły, i idąc w kierunku północnym i wschodnim na Pragę, a stamtąd ku południowi, określa dzienny przejazd wozów w obie strony, oraz miejsce porządkowe, jakie dana rogatka wykazuje pod względem intensywności ruchu, w którym pozostały nieuwzględnione wozy należące do władz wojskowych.

Rogatka	dzienny przej.	360 wozów,	miejsce porz.
Rogatka Czerniakowska	360	14	14
„ Belwederska	560	12	12
„ Mokotowska	2000	3	3
„ Koszykowa	16	21	21

Rogatka	1400 wozów,	miejsce porz.
Rogatka Grójecka (przy szos. Krakow.)	1400	4
„ Królewska (pomocn. do Grój.)	600	10
„ Kolejowa	370	13
„ Skierniewicka	150	16
„ Karolkowa	160	15
„ Wolska	2650	1
„ Górczewska	800	7
„ Obozowa	115	17
„ Powązkowska	580	11
„ Marymoncka	615	9
„ Kowieńska	1300	5
„ Bródzieńska	630	8
„ Stalowa (b. niewyg.)	90	18
„ Ząbkowska	1100	6
„ Kawęczyńska	35	20
„ Grochowska	2100	2

Jak z tej statystyki wynika, z przedmieścia wolskiego skutkiem zatarasowania granicy miasta przez kolej i cmentarze cały ruch (przeszło 4500 wozów dziennie) odbywa się ulicami: Krochmalną, Chłodną i Lesznią. Wytworzone niedawno połączenie Leszna z Górczewską nie rozwiązuje sprawy, należy jeszcze połączyć Grzybowską i Sienną z Czystem; w północnej części tej dzielnicy ruch utrudniają w znacznym stopniu cmentarze, gdzie będzie nadzwyczaj trudno wytworzyć dogodną komunikację, zwłaszcza w okolicach cmentarza żydowskiego. Na Woli ulica Karolkowa zamknięta jest z jednej strony stacją kolejową, z drugiej — cmentarzem; Młynarska tworzy komunikację z cmentarzami i winna być połączona z Dworską, ulica Płocka stanowi najdłuższą arterię z kierunkiem N—S, jest jednak na ogół bardzo wąska (do 2 m!), uregulowanie jej będzie wymagało wiele czasu i wydatków, to też wogóle można zauważyć, że łatwiej jest przeprowadzać nowe szerokie ulice, niż rozszerzać istniejące.

W sąsiedniej dzielnicy, na Powązkach, znajduje się przeszło 2000 mórg ziemi wojskowej i wysepki małych folwarków. Ze względu na utrudnienia w zabudowaniu, związane z przepisami terenu fortecznego, miejscowość ta jest bardzo słabo zabudowana i posiada jako tako znośne warunki komunikacyjne. Na Pelcowiznie natomiast spotykamy ulice 2—3 m szerokości, zabudowane prawie wyłącznie domami drewnianymi; ulic istniejących jest przeszło 7 km. Stosunki na Nowem Bródnie są niewiele lepsze, na szczęście, nie jest to przedmieście gęsto zabudowane. Z istniejących na Pelcowiznie i Bródnie (około 12 km) ulic nie prawie nie da się zachować. Targówek ma bardzo dużo ulic — około 17,5 km, lecz również jest bardzo mało zabudowany, dzięki czemu można ulice projektować nanowo.

Z tabelki ruchu przy rogatce Grochowskiej (2100 wozów) wynika również, jak ważną i potrzebną arterią ruchu jest projektowana przez zarząd miasta Aleja Poniatowskiego.

Z powyższego widzimy, że większość arterii radialnych posiada znaczenie bardzo ważne, dlatego też należy traktować je poważnie i nadać im odpowiednie szerokości, przeważnie są one bardzo wąskie: szosa Belwederska ma 20 m szerokości, Mokotowska również około 20 m, a około kościoła tylko 14 m, Grójecka 25 m, ulice radialne mają przeważnie 15—20 m szerokości, gdy tymczasem większość ich winna posiadać 40—50 m szerokości.

Do powyższej, bardzo ubogiej statystyki ruchu warszawskiego możnaby jeszcze dodać, jako wskazówkę ruchu w kierunku cmentarzy, liczbę pogrzebów w ciągu jednego roku: na Powązkach około 5200, na Bródnie około 10 000, na cmentarzach żydowskich około 9000.

Wymagania komunikacji miejskiej i podmiejskiej przy rozszerzaniu miast.

REFERAT IV.

Przez inż. J. Lenartowicza.

(Streszczenie odczytu, wypowiedzianego przez prelegenta w Stowarzyszeniu Techników w styczniu r. 1916).

1. Komunikacja jako warunek techniczny rozszerzenia miasta. Rozległość miasta ograniczona jest przez od-

nie można. Średnia umiarkowana odległość dwóch linii tramwajowych wynosi około 800 m; w dzielnicach o zabudowaniu zamkniętym zmniejsza się ona do 600 m, w dzielnicach zaś o zabudowaniu willowem może być znacznie większa od 800 m. Linie obwodowe wystarczą, gdy są rozmieszczone co 2—3 km.

6. *Prędkość urządzeń komunikacyjnych.* Na wąskich ulicach śródmieścia najwyższa prędkość nie może przenosić 6—9 km na godz.; na innych ulicach i na własnym plancie może się ona zwiększyć do 30 km. Dla osiągnięcia większej prędkości pożądane jest prowadzenie trasy prostoliniowej, gdyż zagięcia i zwroty nie tylko zwiększają odległość, lecz też zwalniają prędkość. Ważna jest również szerokość ulicy: przy szerokości jezdni 10 m największa prędkość nie może przenosić 15 km; na mniej ożywionych ulicach może być warunkowo zwiększona do 18—20 km; przy 15-metrowej szerokości ulicznej jezdni największa prędkość waha się między 20 a 25 km. Wynika z tego, że tramwaje z torami w poziomie ulicy osiągają prędkość średnio 13,5 km zaledwie. Przez utworzenie własnego plantu tramwajowego na głównych arteriach miasta wzrasta prędkość, polepszają się warunki higieniczne, gdyż większa szerokość ulic daje więcej światła w mieszkaniach, a własny tor nie wytwarza kurzu i hałasu. Prędkość tramwajów na własnym plancie wynosi 35—40 km na godz. Prędkość średnia kolei Metropolitan w Paryżu wynosi 19,4 km.

Koleje nad- i podziemne są dla Warszawy, z powodu zbyt dużych kosztów budowy, niemożliwe, należy wobec tego dążyć do urządzenia komunikacji tramwajowej na własnym plancie. Mając to na widoku, należy wogóle główne ulice miasta, zwłaszcza zaś arterie radialne, urządzać dość szerokie, aby komunikacja tramwajowa posiadała plant własny. Zarząd miasta nie ponosi przytem większych kosztów ani na wykonanie, ani na utrzymanie takich ulic. Układ taki jest możliwy już przy 27 m szerokości ulicy (w dzielnicy mieszkaniowej i na przedmieściach), przyczem na tor tramwajowy odchodzi 6,8 m. Normalna, dogodna szerokość ulicy dla tego układu wymagana jest 35 m. Plant, zasiany po obu stronach trawą, nie wytwarza kurzu i ułatwia dyspozycję przystanków w pasie trawnika z boku plantu; przytem bezpieczeństwo ruchu ulicznego wzrasta, gdyż liczba zderzeń z wozami prawie całkowicie znika.

Dla zabezpieczenia się na przyszłość należy więc wybierać dla główniejszych arterii komunikacyjnych ulice szerokie i projektować dla tramwajów i kolejek podmiejskich tylko własny plant, przez co, w miarę rozrostu miasta i konieczności zwiększenia prędkości, można na tym pasie zbudować kolej górną lub podziemną, które również, jako podziemne, można będzie doprowadzić do dzielnicy handlowej śródmieścia.

7. *Stosunek pomiędzy planem zabudowania miasta a siecią urządzeń komunikacyjnych.* Wymagania te idą w trzech kierunkach: a) plan ulic winien umożliwić dogodne i w stosownych miejscach wyznaczone przystanki; b) do głównego kierunku ruchu, który zmierza do przystanków, należy dostosować położenie ulic; c) układ ulic poprzecznych winien unikać wszelkich niepotrzebnych punktów niebezpiecznych na skrzyżowaniach ruchu ulicznego z tramwajowym.

W stosunku do punktu a) miarodajnym jest wyznaczenie przystanków; ogólna dyspozycja planu zabudowania musi grupować się około przystanków. Odległość przystanków zależy od prędkości ruchu i warunków miejscowych i wynosi 150—350 m. Przy prędkości 12—15 km odległość ta wynosi 300—350 m; przy prędkości 25 km odległość winna być nie mniejsza niż 400 m; dla większych prędkości nie może ona przewyższać 600 m.

Odpowiednio do punktu b) mieć trzeba na uwadze położenie ulic względem przystanków. Przystanki tworzą w ruchu podmiejskim główne ogniska ruchu pieszego, skutkiem czego dojścia do tych punktów węzłowych sieci ulic winny być możliwie krótkie i wygodne. Plac w postaci gwiazdy przedstawiają duże niebezpieczeństwo dla komunikacji miejskiej. Przejazd tramwajów przez taki plac może odbywać się tylko w wolnym tempie. Należy unikać również utworzenia punktów węzłowych ruchu przez łączenie kilku ulic w jednym punkcie, lub na skrzyżowaniu z główną arterią,

komunikacyjną w miejscach, gdzie nie przewiduje się przystanków. Ulice boczne, o ile są między przystankami niezbędne, należy doprowadzać do arterii głównej, dając wyloty ich niezbyt blisko jeden od drugiego i możliwie nie w środku między przystankami. Dla placów publicznych kształt okrągły nie jest wskazany, jeżeli średnica ich nie może być dostatecznie wielka. Plac okrągły o małych wymiarach daje niewygodne domy, utrudnia ruch przejazdowy i nie pozwala na zastosowanie luków o możliwych promieniach dla komunikacji tramwajowej.

Co się tyczy punktu c), to wpływa on na układ ulic poprzecznych. Należy unikać tworzenia punktów węzłowych ruchu i skrzyżowań ulic poza przystankami. Przy plancie własnym tramwajów należy przejazd przez plant tramwajowy prowadzić w kierunku zbaczającym od wylotu ulicy; w innych wypadkach pożądane jest załamanie linii regulacyjnej narożnika i utworzenie przez to szerszego widoku przy wylocie ulicy. W każdym razie linia tramwajowa, prowadzona środkiem ulicy, zmniejsza niebezpieczeństwo zderzeń.

8. *Szerokość ulic.* Przy podwójnym torze tramwajowym w pośrodku ulicy minimum szerokości jezdni wynosić winno 15 m, co wraz z szerokością dwóch chodników daje ogólną szerokość ulicy 25 m, jaką posiada ul. Marszałkowska. Szkielec planu zabudowania tworzą węższe ulice mieszkalne o szerokości 8—12 m, często obramowane ogródkami; szersze ulice, jako arterie poboczne ruchu, otrzymują szerokość 15—18 m, czasem z ogródkami; szerokość arterii głównych wynosić powinna 27—40 m. Do tego dochodzą w interesach ruchu wolne place w takich punktach (węzłowych), gdzie jest niezbędne doprowadzenie kilku ulic do jednego punktu.

9. *Pętlice.* Linie tramwajowe, dochodzące do miejsc publicznych, będących celem większego ruchu (parki, dworce kolejowe, hale wystawowe, ogród zoologiczny i botaniczny, wyścigi, teatry, emmentarze), muszą mieć możliwość zakończenia kursu wagonów tramwajowych w tych miejscach i rozpoczęcia kursu powrotnego; w tym celu musi być pozostawione miejsce na postój wagonów i pociągów rezerwowych. Przy bardzo silnym ruchu nadają się tu wyłącznie t. zw. pętlice, t. j. objazdy o promieniu co najmniej 50 m.

10. *Spadki* przy trakcji elektrycznej są dopuszczalne 1:12 (8,3%), a w wyjątkowych wypadkach i tylko dla samego wagonu motorowego 1:9 (11,1%).

O prędkiej komunikacji tramwajowej w miastach. Próba zastosowania do Warszawy.

REFERAT V.

Przez inż. C. Rudnickiego.

Gdy obszar miast w czasach dawniejszych określał się kołem o średnicy 1—2 km, obszar wielu miast obecnie określa się setkami km², co uwidoczniła przytoczona poniżej tablica:

M i a s t o	Powierzchnia w km ²	Średnica w km	Czas przejazdu średnicą z prędkością 12 km na godz.
Berlin właściwy	63,0	9,0	g. m. —,45
„ z przedmieściami	152,0	14,0	1,10
„ projektowany	2000,0	50,0	3,20
Wiedeń	271,0	18,5	1,33
Londyn właściwy	305,0	19,5	1, —
„ wielki	1795,0	47,8	4, —
New-Jork	930,0	34,5	3, —
Warszawa obecna	36,6	6,6	—,33
„ projektowana	145,0	13,5	1,10

Chicago nosi się z zamiarem rozciągnięcia swych wpływów na obszar 10 000 km², co odpowiada średnicy koła 113 km. Przyjmując 30 minut jako czas przebycia drogi z domu do miejsca pracy, Warszawa nawet po zwiększeniu swego obszaru do 145 km² mogłaby poprzestać na zwy-

klej komunikacji tramwajowej, odpowiednio powiększonej. Uwzględniając jednak, że tramwaje będą biegły po liniach łamanych, po ulicach wąskich i pełnych ruchu, gdzie nie mogą rozwinać znacznych prędkości, przyznać trzeba, że w niedalekiej przyszłości zwykła komunikacja tramwajowa okaże się niedostateczną. Na 1 km linii tramwajowej wypada w Niemczech 0,5—1 miliona pasażerów rocznie, w Berlinie średnio 1,5 mil., a w Warszawie—2,5 mil. Przytem w niektórych punktach wielkich miast powstaje takie olbrzymie skupienie ruchu, że staje się groźnym dla komunikacji. Tak np. w Wiedniu na pewnym dystansie przejeżdża na godzinę około 30 000 pasażerów, w Berlinie na ul. Poczdamskiej przejeżdża na godzinę około 250 wagonów. Podobny objaw daje się zauważyć w Warszawie na Krakowskim Przedmieściu, a po znacznym w przyszłości powiększeniu sieci tramwajowej da się ogromnie we znaki, zwłaszcza na ulicach otaczających ogród Saski. Wogóle, ruch wzrasta w miastach znacznie prędzej niż ludność; komunikacja między przedmieściem a miastem wynosi zazwyczaj dwu- do trzykrotnej liczby mieszkańców przedmieścia.

Z tych powodów należy przewidzieć komunikację znacznie prędszą, możliwą tylko na własnych torach. Miasta z ludnością powyżej 500 000 powinny już posiadać takie komunikacje, których i Warszawa nie może z czasem uniknąć. Zasadniczym kierunkiem takich komunikacji jest kierunek radialny od krańców do środka miasta; kierunek okólny jest zupełnie nieodpowiedni, gdyż krańce potrzebują komunikacji prędkiej tylko z centrum, nie zaś między sobą. Wiedeńska kolej okólna, 38 km długości, kosztowała 122 mil. marek, wydatki eksploatacyjne na pasażera wynosiły 30,5 fen., dochód zaś tylko 19 fen. Straty wynoszą rocznie około 6 mil. marek. Kolej okólna w Hamburgu, wskutek niewłaściwego kierunku, przynosi tylko straty, jak również i kolej obwodowa miejska w Moskwie.

Linie prędkiej komunikacji powinny być promieniste, kierunki odpowiednio wybrane; oddzielne stacje tych linii mogą być centrami sieci zwykłych komunikacji miejskich, co wpływa bardzo na rentowność tych linii. Rentowność zależy również od niezbyt wysokiej taryfy pasażerskiej, od możliwie niskich kosztów budowy i eksploatacji, dużego i możliwie równomiernego ruchu pasażerskiego.

Praktyka wyrobiła kilka zasadniczych typów toru własnego:

1) *Tunele* leżą na różnej głębokości: albo bezpośrednio pod brukiem, albo znacznie głębiej (w Londynie na głębokości do 30 m). Wadą tuneli jest przedewszystkiem ich wysoki koszt budowy, wynoszący 6—10 mil. marek na 1 km toru; koszt 1 km linii w Londynie wyniósł 23,45 mil. marek. Tunele, zwłaszcza głębsze, wymagają mocnego gruntu i niskiego poziomu wody podskórnej. W Berlinie, wzdłuż linii tunelowej Stralau-Treptów, ziemia silnie osiadła. Grunt warszawski nie nadaje się do budowy tunelów: składa się on z warstw aluwialnych i dyluwialnych 20—30 m grubości, następnie idą piaski dyluwialne, bardzo w wodę obfite. Budowa tunelów tuż pod brukiem wymagałaby usunięcia i przebudowy różnych, bardzo kosztownych urządzeń podziemnych, a zwłaszcza kanałów, leżących na głębokości 3—9 m. Wadą tunelów jest również konieczność oświetlenia sztucznego i wentylacji; jazda w nich jest przykra i denerwująca; niebezpieczeństwo w razie wypadku znacznie wzrasta. Prawo własności, dotyczące również wnętrza ziemi, utrudnia przeprowadzanie tunelów pod posesjami prywatnymi.

2) *Tory na wiaduktach* wymagają dla swej budowy bardzo szerokich ulic, zasłaniają widok i słońce. Kosztują średnio 3 mil. marek na kilometr.

3) *Tramwaje zawieszane* (koleje wiszące) posiadają wady, ale też i duże zalety. Wady: każda linia musi funkcjonować oddzielnie, wagony poza obrębem miasta nie mogą korzystać z torów zwykłych w poziomie, w wykopach lub na nasypach, co jest możliwe dla wagonów, toczących się po szynach. Linie zwykłych kolei posiadają jednak również oddzielną i samoistną eksploatację, choćby tory były z sobą połączone, co służy tylko do korzystania ze wspólnych remiz. Konstrukcja wiaduktu dla tramwajów zawieszonych jest daleko przezroczystsza, mieści się łatwo nawet na wąskich ulicach 17—18 m szerokich i jest znacznie tańsza, gdyż na kilometr kosztu wyniosły w Elberfeldzie 1,15 mil. marek.

4) *Tory na nasypach* lub w wykopach są stosunkowo najtańsze, ale mogą być stosowane tylko za miastem; koszt 1 km wynosił około 1 mil. marek.

Koszt budowy wpływa decydująco na rentowność przedsiębiorstwa. Przy wydatku 3 mil. marek na 1 km toru i przy taryfie 10 fen. przedsiębiorstwo daje 5% zysku tylko przy 5,5 mil. pasażerów na kilometr. Liczba ta jest bardzo trudna do osiągnięcia: jedynie Metropolitan w Paryżu wykazuje 5,3 mil., miejscami do 8 mil. pasażerów na kilometr. W New-Yorku na 1 km wypada średnio 3 mil. pasażerów przy taryfie 5 ct., czyli 21 fen. Wprowadzenie I-ej i II-ej klasy zawiodło, gdyż liczba pasażerów klasy wyższej wynosi zwykle 20—30% liczby ogólnej (w Warszawie 25—30%).

Stosując wywoły powyższe do Warszawy, trzeba przewidzieć dla koniecznej w przyszłości komunikacji prędkiej kierunki radialne, wyznaczyć je zawczasu i zachować je dla tej komunikacji, w braku zaś takiego kierunku, pomalą go bez wielkich kosztów przygotować.

Najodpowiedniejszymi i prawie jedynymi takimi kierunkami w środku miasta są: Aleje Jerozolimskie i linia: Marszałkowska-Nalewki. Są to najdłuższe, najszerze i najwięcej ożywione arterie komunikacyjne o kierunku radialnym, a przytem pozbawione zupełnie znaczenia historycznego, zupełnie banalne i wcale nie piękne. Nie wznosi się przy nich ani jeden gmach, któremu groziłoby oszpecenie przez nowoczesne urządzenia komunikacyjne, to też i w przyszłości należałoby unikać wznoszenia takich gmachów. Dla przeprowadzenia linii: Marszałkowska-Nalewki trzeba będzie przeciąć ulicą ogród Saski, w bliskości zachodniej granicy ogrodu, około giełdy i wód mineralnych; ulica ta wyszłaby na ul. Senatorską obok pałacu Błękitnego. Przykłady wielu miast dowodzą, że ulice należycie urządzone mogą przecinać parki i ogrody bez wielkiej dla nich szkody. Dalsze przeprowadzenie nowej ulicy do Nalewek, a także do Dzikiej możliwe byłoby bez przeszkód i większych kosztów, gdyż po drodze znajdują się budynki przeważnie małej wartości. Wspomniana arteria ze zwykłą nawet linią tramwajową ułatwiłaby ogromnie komunikację i skróciłaby czas przejazdu w kierunku z południa na północ.

Na arteriach tych ze względów ekonomicznych należałoby zastosować system tramwajów zawieszonych, gdyż system ten byłby zbyt kosztowny i nie kalkulowałby się dla Warszawy; przytem celowa i odpowiednia konstrukcja powietrzna nie zszpeci ulic handlowych. Zresztą, zamiast ul. Marszałkowskiej, można obrać kierunek ul. Polna-Wielka-Zielna. Stacje znajdowałyby się: na rondzie Mokotowskim, na placu Zbawiciela (lub przy Politechnice), na placu przed dworcem Wiedeńskim, w ogrodzie Saskim, na Nalewkach, na placu Muranowskim. W Alejach Jerozolimskich, dzięki ich szerokości, stacje można wyznaczyć w miarę potrzeby. Na placu przed dworcem Wiedeńskim mogłaby być wspólna stacja do przesiadania się z jednej linii na drugą.

DYSKUSYA.

Na zapytanie arch. T. Tołwińskiego w sprawie: 1) podziału komunikacji podmiejskiej na bliższą i dalszą, w zależności od trakcji (tramwaje elektryczne i koleje), 2) do jakich granic rozrostu miasta wystarczy komunikacja tramwajowa, i 3) jak zapobiedz przeciążeniu niektórych linii tramwajowych w śródmieściu, inż. Lenartowicz wyjaśnił, iż: co do punktu 1) sprawa może być rozwiązana zarówno przez tramwaje, dochodzące do śródmieścia, jak i przez grupę prędkich elektrycznych kolei międzymiejskich, dochodzących do granic miasta; co do punktu 2) można się oprzeć na analogii z Monachium, które przy 154 km² powierzchni posiada komunikację tramwajową w terenie ulic z prędkością 30 km na godzinę, co w zupełności zaspakaja potrzeby komunikacji; wreszcie co do punktu 3) przeciążeniu linii tramwajowych w śródmieściu należy zapobiegać przez tworzenie linii równoległych, a w razie braku miejsca, przez prowadzenie na jednej i tej samej ulicy linii w poziomie i ewentualnie wiszącej.

Inż. Rudnicki dodaje, iż według opinii miarodajnej, 1 km linii tramwajowej jest w stanie obsłużyć 2 km² zabudowania podmiejskiego. Spotkał się z twierdzeniem autora niemieckiego, iż koszt budowy 1 km wynosi 156 000 marek (u nas 200—300 000 marek), oraz że przy dochodzie rocznym 4000 marek z kilometra eksploatacja już się opłaca (?); okoliczność ta ułatwia znacznie komunikację podmiejską. Dodać należy, że w Warszawie koszt budowy kilometra kosztuje 185 000 rb., eksploatacja zaś jest również znacznie droższa.

III posiedzenie w d. 4 maja 1916 r.

Wisła i komunikacja wodna.

Przez inż. Tadeusza Balickiego.

Regulacja Wisły pod Warszawą zainicjowana została w r. 1880—1881. Na roboty regulacyjne wyznaczono sumy z funduszu Królestwa Polskiego i wydatkowano dotychczas około 2,5 mil. rub.; rzekę uregulowano od Miedzeszyna do smoków wodociągu warszawskiego przez warszawski Okrąg Komunikacji, w obrębie zaś granic miasta, od smoków wodociągu do mostu Kierbedzia, regulację przeprowadziło miasto. Roboty ciągnęły się długo i dotychczas nie zostały ostatecznie ukończone. Od czasu ewakuacji władz rosyjskich urządzenia rzeczne pozostały bez opieki i konserwacji, na czem ucierpieć mogą zwłaszcza tamy ochronne.

Roboty miejskie na lewym brzegu Wisły zostały wykonane zgodnie z programem: od smoków wodociągu aż do mostu Kierbedzia utworzono dwa bulwary: niższy na wysokości 2,75 m nad zerem Wisły, zalewany i wyższy, na wysokości 7,30 m, niezalewany, cała przestrzeń na Powiślu została zasypiana do poziomu niezalewanego. Na stronie praskiej, poczynając od łachy praskiej, zbudowane zostały przez Okrąg Komunikacji w latach 1890—1900 wały ochronne, zabezpieczające nie tylko niskie, ale i wysokie wody. Regulacja kończy się przy moście Kierbedzia.

Dla regulacji wysokich wód miasto przeprowadziło wał od Miedzeszyna do Saskiej Kępy; na lewym zaś brzegu łąki siekierkowskie i czerniakowskie pozostały nieobwałowane. Szerokość rozlewu wód wiosennych pod Miedzeszynem pozostawiona została w stanie naturalnym, przy mieście natomiast otwory wszystkich trzech mostów dają szerokość stałą 220 sażeni; szerokość tę utrzymano na całej przestrzeni rzeki w obrębie granic miasta. Dlatego na stosunkowo krótkiej przestrzeni Miedzeszyna do mostu Poniatowskiego rzeka zwęża znacznie swe koryto, co wpływa na powiększenie prądu rzeki w obrębie miasta. Na Saskiej Kępie, jako miejscowości niezaludnionej, wał nie zabezpiecza od wód wysokich; od brzegu wał się znajduje na odległości 110 m.

Poza granicami miasta stosowano tamy faszynowe, umacniane materacami; w granicach Warszawy wały posiadają fundament faszynowy i są zasypane gruzem i kamieniami. Na przestrzeni od mostu Poniatowskiego do mostu Kierbedzia brzeg rzeki od strony Warszawy obramowany jest kamieniem kazimierzowskim, od strony Pragi zaś wykonano skarpe brukowaną na 4,25 m wysokości. Od strony Warszawy dolny bulwar, zalewany, posiada 32 m szerokości, nadaje się więc do wyładowywania towarów, splawianych Wisłą, tem bardziej, że w ciągu całego roku znajduje się najwyżej tydzień pod wodą, a urządzenie wysokiego bulwaru wyładunkowego byłoby zbyt kosztowne i pociągnęłoby za sobą koszt podnoszenia towarów na tak znaczną wysokość. Bulwar ten i z tego jeszcze względu nadaje się do wyładowywania towarów, że leży przy wklęsłym brzegu, który jedynie do tego celu służyć może, gdyż przy brzegu wypukłym tworzą się stale mielizny, utrudniające ruch statków. Dla zachowania brzegu wklęsłego trasę niskich wód poprowadzono nierównolegle do trasy wód wysokich; w tym celu również unikano wyprostowania linii rzeki, gdyż trasa prosta zmniejsza spadek i zwiększa skutkiem tego mielizny; rzeka nie znosi linii prostych i wymaga silnych krzywizn o promieniach nie większych nad 1 km. Łąki siekierkowskie i czerniakowskie muszą i nadal pozostać nieobwałowane, gdyż tym sposobem poziom ich przez namulanie będzie się stale acz nieznacznie podnosił, w przeciwnym zaś razie miejscowości te pozostałyby na zawsze niskie. Dlate-

go też o mieszkalności i zabudowaniu tych przestrzeni myśleć nie można, zarówno jak i na Saskiej Kępie, gdzie wał miedzeszyński nie zabezpiecza od wód wysokich i gdzie przy każdym przybieraniu wody na Wiśle poziom wody podskórnej nieco się wznosi; należy więc przy planowaniu miasta mieć to na uwadze.

Wykonane dotychczas budowle rzeczne funkcjonują prawidłowo i wszystkie stoją bardzo dobrze. Dalsza regulacja została już ostatnimi czasy zatwierdzona przez władze rosyjskie, lecz obecnie niewiadomo, jak sprawa będzie rozwiązana; władze niemieckie bowiem uważają, że trasa niskich wód, według projektu inż. Kostaneckiego, jest wzięta za szeroko, gdyż Wisła w granicach Prus jest wężej zregulowana. Może więc będzie trzeba zwięzić trasę w obrębie Warszawy, co jednak pociągnęłoby za sobą bardzo wielkie koszty.

Sprawa portów na Wiśle nie jest jeszcze rozwiązana, i projekty portów nie są wykończone i zdecydowane. Obecnie istnieje przy ul. Czerniakowskiej port wewnętrzny, zbudowany przez Okrąg Komunikacji w bardzo skromnych rozmiarach i nie urządzonej dostatecznie. Jest on przeznaczony wyłącznie na zimowisko, i do celów handlowych nie nadaje się zupełnie.

Drugi port winien być założony po stronie praskiej przy Wilczej wyspie; niskie położenie nie nadaje dostatecznego zapasu ziemi na urządzenia portowe, a poziom wody w Wiśle, stale dość wysoki, utrudnia wydobywanie ziemi. Port ten jest do pewnego stopnia niekonsekwencyą, gdyż znajdować się będzie w środku miasta, lecz niskie położenie tej miejscowości wyklucza zabudowanie, a przytem położenie to w środku miasta posiada tę dobrą stronę, że ułatwi komunikację z portem, który przeznaczony być winien tylko dla towarów, nadechodzących do Warszawy.

Towary, idące tranzytowo, albo też przeladowywane z kolei na statki i odwrotnie, mogą do miasta wcale nie wchodzić; dlatego też przewidziany jest trzeci port, tranzytowy, daleko poza miastem, pod Żeraniem lub pod Pelcowizną. Ma on na celu połączenie kolei z komunikacją wodną na Wiśle i na projektowanym kanale Dnieprowskim, który miał wpadać do Wisły poniżej Żerania; port tranzytowy połączony odnogą z kanałem, znajdować się miał powyżej, a port drzewny—poniżej Żerania. Połączenie portu tego z kolejami jest możliwe, a nawet bardzo dogodne.

Oprócz tego dla węgla, przychodzącego z góry rzeki, należy przewidzieć wielką przystań z połączeniem kolejowym; do tego celu nadawałyby się tereny błotniste pod Wawrem, bardzo nisko położone, a przez to niemożliwe do innego wykorzystania.

Port, projektowany swego czasu przez p. Sadkowskiego, nie posiada obecnie żadnych szans na urzeczywistnienie, gdyż po przeprowadzonej regulacji trasa rzeki jest obecnie już zupełnie inna.

Wyładowywanie towarów bezpośrednio przy bulwarze wyładunkowym w granicach miasta nie usuwa bynajmniej konieczności portów stałych; pomijając już okoliczność, że w otwartym korycie rzeki zabezpieczenie od lodów i kry byłoby niemożliwe, to jednak, nawet w najpomyślniejszych warunkach, długość linii wyładunkowej byłaby za małą, gdyż wyładowywanie możliwe jest tylko na warszawskim, wklęsłym brzegu Wisły, a i to nie na całej jego długości, lecz tylko do dzielnicy staromiejskiej, gdzie, od ul. Bolesć, zaczyna się już wypukła linia brzegu.

Roboty między mostami Kierbedzia a Poniatowskiego ukończone są zupełnie; natomiast między mostem Poniatowskiego a portem Czerniakowskim nie są jeszcze ukończone, a także wejście do portu tego również jest jeszcze niezupełnie ukończone.

(C. d. n.)

Wydawca **Feliks Kucharzewski**. Redaktor odp. **Stanisław Manduk**.

Druk Rubieszewskiego i Wrotnowskiego, Włodzimierska № 3 (Gmach Stowarzyszenia Techników).

Za pozwoleniem cenzury niemieckiej.