

# CZASOPISMO TECHNICZNE

ORGAN TOWARZYSTWA POLITECHNICZNEGO WE LWOWIE.

Rocznik XXVIII.

Lwów, dnia 25 stycznia 1910.

Nr. 2.

TREŚĆ: Dr. Bronisław Biegeleisen: O postępach techniki ogrzewania i wentylacji (Ciąg dalszy). — Dr. Stefan Władysław Bryła: Obliczanie kopuł płaszczowych. — Dr. Stefan Władysław Bryła: Obliczanie belek o kracie czworokątnej metodą Ed. Joyant'a. — A. W. Krüger: Austriackie koleje państwowe w r. 1908. — Rozmaitości.

## O postępach techniki ogrzewania i wentylacji.

Napisał Dr. Bronisław Biegeleisen.

(Ciąg dalszy).

Zasadniczej wagi dla każdego ogrzewania na odległość są straty ciepła przewodów, i od sumiennego traktowania tych kwestyi zależy właściwie przyszły rozwój centrali ciepła. Nie ulega bowiem wątpliwości, że strata ciepła jednej wspólnej kotłowni jest mniejsza, niż suma strat poszczególnych palenisk dla tej samej ilości ciepła, ale nie trzeba się w tym kierunku zbyt wielkich spodziewać różnic, głównie z dwóch względów:

1. W wolno leżącej kotłowni straty ciepła paleniska są rzeczywistymi stratami, podczas gdy u palenisk w poszczególnych budynkach część tego ciepła przedostaje się do wyżej położonych ubikacji,
2. wszelkie korzyści ekonomiczne, jakie daje centrale ciepła mogą być zniszczone, jeżeli strat ciepła w przewodach nie ograniczy się do możliwie małych ilości. Przedewszystkiem więc kanały, którymi przechodzą przewody, powinny leżeć pod ziemią, a ich ściany powinny być za pomocą starannej izolacji ochronione przed stratami ciepła. Wentylacja kanałów powinna być jak najmniejsza. Przy dobrym wykonaniu temperatura, jaka panuje w kanałach w zimie, powinna wynosić co najmniej 20—30° C. Przedewszystkiem zaś same przewody powinny być pokryte jak najlepszym materiałem izolacyjnym. W Dreźnie przewody parowe pokryte są naprzód dwoma płaszczami współśrodkowymi z białej blachy, tak aby między nimi była chronna warstwa powietrza, na zewnętrznym płaszczu owinięte są sznury z surowego jedwabiu, pokryte pasami z żaglowego płótna. Jedwab jest — jak wiadomo — jednym z najlepszych środków izolacyjnych, i daje w porównaniu z nieosłoniętą rurą oszczędność około 85%. Przy projektowaniu centrali drezdeńskiej przyjęto stratę ciepła u przewodów 4% całkowitej ilości ciepła t. j. 15.200.000 *cpł.* Jak ważną rolę gra tutaj materiał ochronny, wynika z prostego obliczenia; gdyby np. w Dreźnie użyto zamiast jedwabiu innego materiału, któryby dawał n. p. tylko 60% oszczędności, to otrzymalibyśmy dla straty ciepła stosunek  $\frac{100-85}{4} = \frac{100-60}{x}$ , skąd  $x=10.7$  t. zn. przy największym zapotrzebowaniu ciepła, strata wynosiłaby 10.7%, co przy średniej temperaturze zimowej, z którą się zawsze liczyć trzeba, a więc dla połowy zapotrzebowanej ilości ciepła, pociągnęłoby stratę 21%.

wych budynków ma wysoce artystyczny zewnętrzny wygląd. (Fig. 1). Ze względu na cel całej



Fig. 1.

budowy, aby uniknąć dymu, położono największy nacisk na budowę samego paleniska. Nie wprowadzono jednak zawiłych mechanicznych urządzeń do opalania, ale pozostano przy zwykłym ruszcie. Ponieważ materiałem opalowym jest czeski węgiel brunatny, więc użyto rusztu schodkowego, z doprowadzeniem t. zw. powietrza wtórnego syst. Lewickiego. Komin ma 60 m wysokości, a średnicy 3.20 m. Ze zbiorników pary nad kotłami dostaje się para przewodem zbudowanym w linii pierścieniowej (aby w razie wypadku nie nastąpiła przerwa w ruchu kotłów), częścią do hali maszyn, gdzie są ustawione dwie maszyny parowe o sile 500 i 250 HP do popędu dynamomaszyn, częścią do rozdzielacza, umieszczonego w osobnej ubikacji, z którego odgałęziają się dwa główne przewody do ogrzewania. Z rozdzielacza wchodzi rury do podziemnych kanałów. Kanały te, (Fig. 2.) mieszcząc przewody parowe, kondensacyjne i kable elektryczne, wymagały specjalnej budowy dla ochrony przed wodą, cały bowiem teren leży w wysokości zalewowej rzeki Łaby. Wy-

Kotłownia sama z powodu sąsiedztwa stylo-



sokość kanałów i ich szerokość wynosi 2 m, tak, że w każdym miejscu są dostępne. Składają się z 50 cm grubej warstwy betonu powleczonego wewnątrz 3 cm grubą warstwą cementu i 1 cm grubą

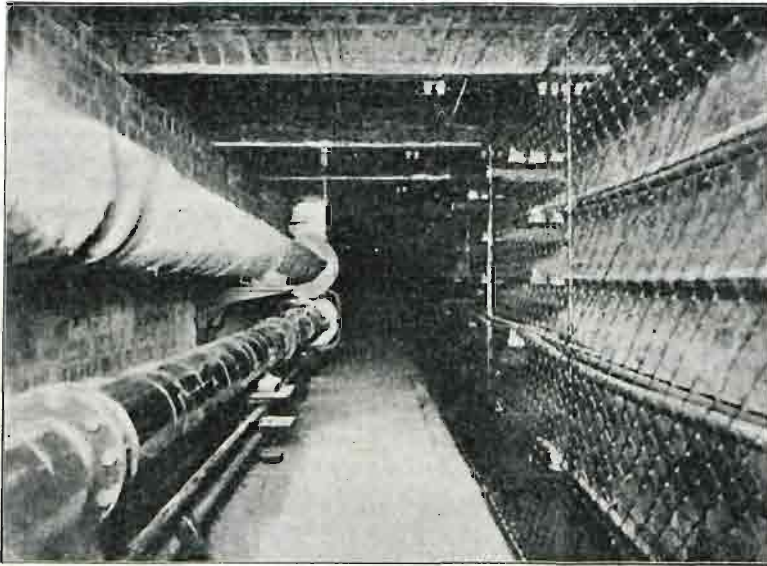


Fig. 2.

warstwą izolacyjną asfaltu. Wewnątrz wyłożone są ceglami. Dno kanałów ma mały spadek ku końcowym punktom centrali t. j. ku kotłowni i ostatniemu budynkowi, aby woda mogła wypływać i być odprowadzana zapomocą pomp. Kanały mogą być przewietrzane zapomocą podwójnej ściany komina, tworzącej niejako wentylator; ich temperatura wewnętrzna wynosi 23—25°C.

Przewody parowe są kładzione ze słabym spadkiem. W najniższych punktach poszczególnych ciągów znajdują się oddzielacze wody, poza którymi przewód wznosi się możliwie w górę. Aby rozszerzanie się rur uczynić ile możliwości nieszkodliwym, umocowane są przewody do ścian w odległościach co 40 do 70 m, a między obu stałymi punktami włączona zgięta rura miedziana. Cała woda z kondensacji z przewodów parowych i z budynków wraca miedzianymi przewodami napowrót do kotłowni, gdzie się jej używa do zasilania kotłów. Z budynków tłoczą pompy tę wodę do wysoko położonych zbiorników, skąd naturalnym spadkiem spływa do kotłowni. Dla ochrony przed stratami ciepła są przewody kondensacyjne także izolowane.

Dla obrachowania kosztów ruchu ma każdy budynek wodomierz w przewodzie kondensacyjnym. Oprócz tego jest wiele urządzeń dla bezpieczeństwa ruchu. Przewody główne w kotłowni są zaopatrzone wentylami szybko zamykającymi. Kanały wszystkie są elektrycznie oświetlone. W razie wypadku można kanał szybko opuścić przez liczne włązy komunikujące z ulicą. Ciśnienie pary w każdym punkcie przewodów można z kotłowni kontrolować. Termometry odległościowe wskazują w kotłowni przekroczenie temperatury w budynkach. Każdy budynek jest

telefonicznie połączony z centralą. Dla doświadczeń są umieszczone króćce dla wstawienia termometrów i manometrów.

Jakże się przedstawia finansowa strona całego przedsiębiorstwa? Kosztowało ono w całości 33 miliony marek. Ponieważ w pierwszych dwóch latach istnienia (1901, 1902), przyłączano coraz dalsze budynki, więc dopiero w r. 1903 uzyskano stan równowagi. Ogłoszono dotychczas liczby z lat 1903, 1904 i 1905, w których centrala zaopatrywała 11 budynków w ciepło, 20 budynków w elektryczność. W jak zmiennych warunkach pracuje centrala, pokazują wykresy fig. 3 i 4. Z pierwszego widzimy, jak wielką była produkcja pary w poszczególnych miesiącach, wyrażona w jednostkach ciepła. (linia AA). Składa się ona z ilości ciepła oddanej do ogrzewania (linia BB) i do wytworzenia elektryczności (linia CC). Różnica między sumą obu i całkowitego ciepła (linia DD) stanowi właściwe straty ciepła centrali. Przebieg linii tych wskazuje bardzo dobitnie, jak potrzeba ogrzewania i oświetlenia rośnie w zimowych miesiącach aż do najwyższej wartości w styczniu, a potem znowu maleje aż do początku maja. Wykres na fig. 4. przedstawia wytwarzanie pary jednego dnia najsilniejszego zapotrzebowania z r. 1906 i 1907.

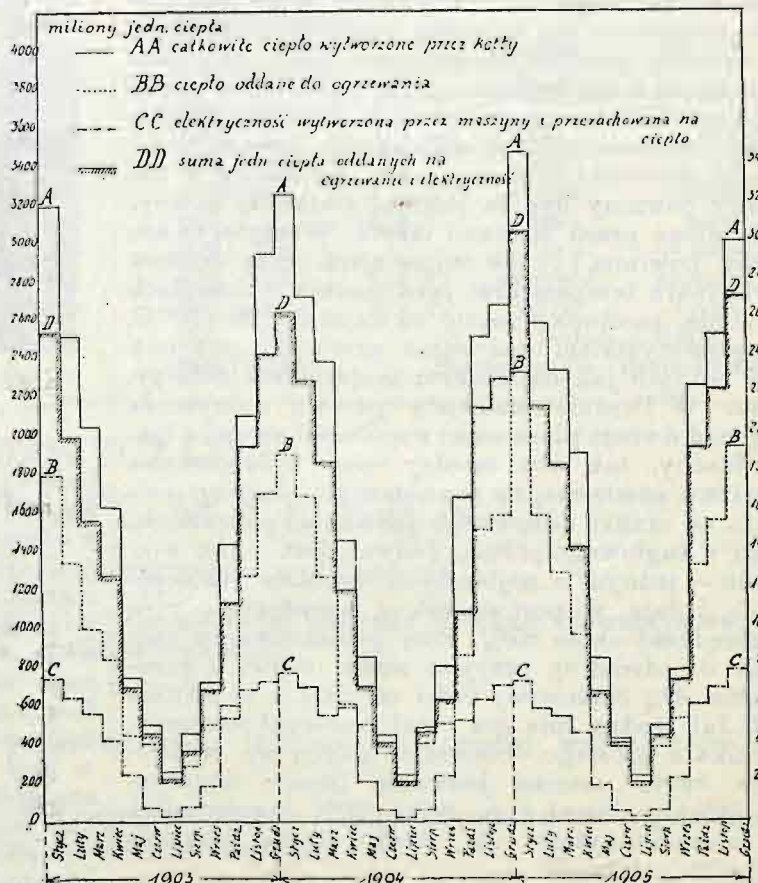


Fig. 3.

Że w dniu 23 stycznia 1907 najwyższe zużycie ciepła nie przypada na czas rozpalenia, tłoczy się zużyciem pary maszyn parowych, które w godzinach przedpołudniowych ładują baterie akumu-



latorów. Następny wzrost zużycia w godzinach wieczornych powodowany jest głównie przedstawieniem w operze królewskiej.

Aby zdać sobie sprawę z ekonomii tej centrali, musimy wprzód wiedzieć, jaki jest stosunek wydatków na ogrzewanie i na elektryczność. Otóż zapotrzebowanie to wynosiło

W roku	Ilość dostarczonej pary		
	do ogrzewania	do wytwarzania elektryczności	całkowita
1903	16 303 290 kg	10 177 440 kg	30 213 700 kg
1904	17 566 960 "	10 533 860 "	31 279 000 "
1905	20 118 470 "	10 359 580 "	33 821 500 "

A zatem zapotrzebowania ciepła do ogrzewania i do prądu elektrycznego miały się do siebie, jak

w r. 1903 . . . . .  $\frac{5}{8} : \frac{3}{8}$   
 " 1904 . . . . .  $\frac{5}{8} : \frac{3}{8}$   
 " 1905 . . . . .  $\frac{2}{3} : \frac{1}{3}$

W tym stosunku rozdzielić trzeba ogólnie koszt paliwa i robocizny palaczy. Inne wydatki

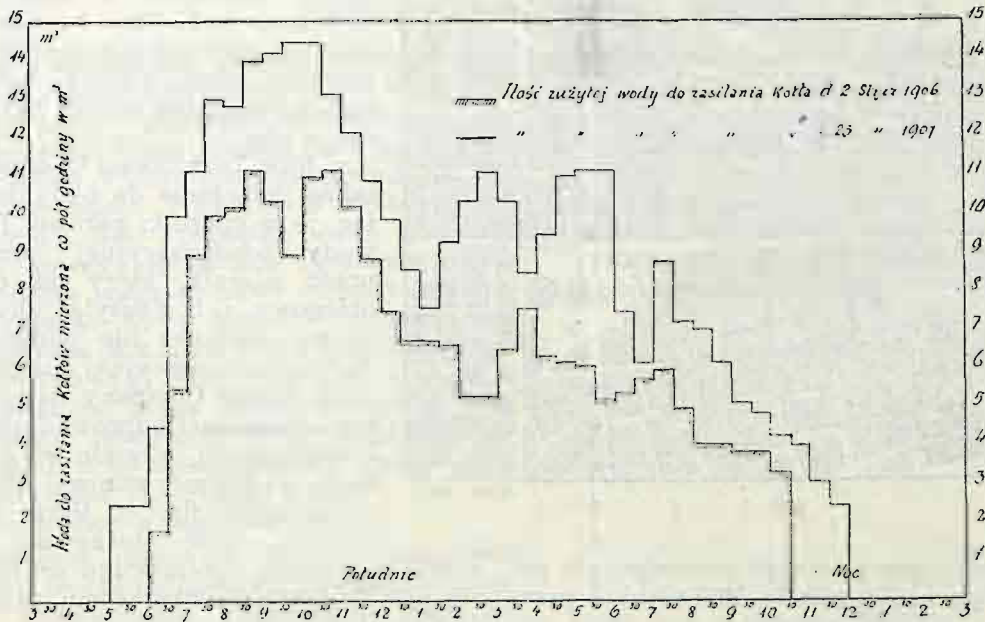
W roku	1903	1904	1905
Na smary, lampy itp. . . . .	8 627 Mk	8 470 Mk	9 855
" konserwacje maszyn, kotłów, kabli itp. . . . .	5 920 "	5 360 "	11 348
Razem . . . . .	54 873 Mk	51 171 Mk	58 226

Zakładając, że 1 kg pary, oddaje przeciętnie 562.5 cpl., otrzymujemy całkowitą ilość oddanego budynkom ciepła

W r. 1903	1904	1905
9 170 606 250	9 881 414 440	11 316 641 060

A zatem koszt wytworzenia 100000 cpl. wynosiły

W r. 1903	1904	1905
0.643 Mk	0.554	0.573



Rys. 4.

jak płace maszynistów, koszt smarów, konserwacje sieci kotłów i instalacji elektrycznych przypada tylko na rzecz elektryczności. Otóż według dokładnego zestawienia, wydatki te wynosiły:

na ogrzewanie

W roku	1903	1904	1905
Na paliwo . . . . .	30 991 Mk	28 531 Mk	32 150 Mk
" płacę i robociznę . . . . .	21 730 "	21 228 "	23 645 "
" ogólne wydatki biurowe . . . . .	2 282 "	1 384 "	1 544 "
" konserwacje kotłów, przewodów itd. . . . .	3 954 "	3 584 "	7 565 "
Razem . . . . .	58 957 Mk	54 727 Mk	64 904 Mk

na elektryczność

W roku	1903	1904	1905
Na paliwo . . . . .	18 142 Mk	16 258 Mk	15 546
" płacę i robociznę . . . . .	19 896 "	16 699 "	19 833
" ogólne wydatki biurowe . . . . .	2 282 "	1 384 "	1 544

Koszt wytworzenia 1 KW/godz.:

	W r. 1903	1904	1905
Przy ilości oddanego prądu	388 527 KW/godz	392 928	408 776
	0.141 Mk	0.130	0.144

Ponieważ obecnie zarząd centrali liczy dla konsumentów za 100000 cpl. 0.80 Mk, a za 1 KW/godz. 0.40 Mk, przeto ekonomia całego przedsiębiorstwa jest znaczna.

Wykres I wskazuje różnicę między ilością ciepła oddanego budynkom a całkowitą ilością wytworzoną przez kotły. Różnica ta przeciętnie wynosiła

W r. 1903	1904	1905
12.3%	10.2%	10.0%

Pochodzi ona głównie, choć nie wyłącznie ze strat ciepła przewodów parowych; oprócz tego jednak wchodzi tutaj własne zapotrzebowanie centrali dla popędu pomp, zasilających kotły, dla tło-



czenia kondensatu, dla ogrzewania budynku centrali, dla kąpieli robotniczej itd.

Ciekawym jest zestawienie europejskich centrali ciepła z amerykańskimi. W Nowym Jorku istnieje od r. 1879 towarzystwo akcyjne New York Steam Company<sup>1)</sup>, które dostarcza pary dla władz i stron prywatnych. Posiada dwie stacje centralne, jedną w dolnej części miasta z kotłownią mającą 1600 m<sup>2</sup> powierzchni ogrzewalnej, drugą w górnej części miasta z kotłownią o 7500 m<sup>2</sup> pow. ogrz. Obecnie dobudowuje się w górnej części miasta jeszcze 500 m<sup>2</sup> pow. ogrz. tak, że razem w tej zimie obie stacje będą posiadały 1600 + 7500 + 5000 = 28500 m<sup>2</sup> pow. ogrz. (w Dreźnie 2800 m<sup>2</sup>). Ciśnienie pary w kotłowni wynosi 6·5 atm., przewody rozdzielone mają długość około 1000 m, a ciśnienie końcowe, zależnie od ilości pobranej pary 5·5—5·8 atm. Liczba budynków zaopatrzonych w ciepło przez New York Steam Company wynosi w dolnej części miasta 500, w górnej 650. Fig. 5. przedstawia plan sytu-

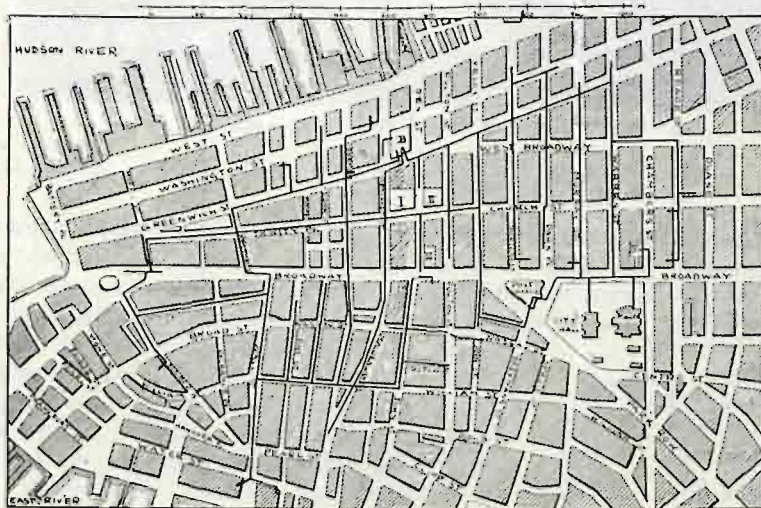
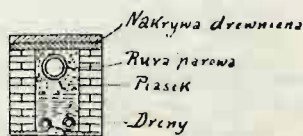


Fig. 5.

acyjny rozdziału pary ze stacji centralnej B, położonej w dolnej części miasta. Podwójnych przewodów nie ma nigdzie, natomiast jest wiele odgałęzień, zaopatrzonych wentylami, tak, że przerwa w ruchu może co najwyżej trwać parę godzin. Wszystkie przewody leżą w murowanych kanałach ponad poziomem kanałów miejskich. Fig. 6

Fig. 6 Przewód w Kanale.



przedstawia przekrój przez kanał rurowy, fig. 7 podparcie rur w kanałach murowanych, fig. 8 odwodnienie do miejskich kanałów. Odwodnienie instalacji w budynkach odbywa się do połączeń kanałowych tychże, i to konsumenci sami starać się muszą o usunięcie tej, nieraz dość znacznej ilości wody. Wielkie trudności miano z początku wytrzymałością przewodów. Pierwsze przewody parowe miały kołnierze<sup>2)</sup> wyprasowane, okazywały się jednak częste nieszczelności, dla-

<sup>1)</sup> Zob. *Gesundheitsingenieur* 1908, Nr. 17.

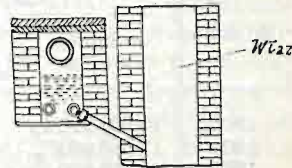
<sup>2)</sup> Warszawski *Technik* używa zamiast niem. Flansche wyrazu kołnierz.

tego od r. 1908 nieszczelne miejsce zastępowano przez kołnierze łączone zapomocą ogrzewania i stapania, spodziewają się bowiem, że połącze-

Fig. 7 Podparcie przewodów



Fig. 8 Odwodnienie kanału



nia rurowe będą wytrzymalsze, a nadto koszty naprawy mniejsze, gdyż ewentualne nieszczelności ukażą się tylko na uszczelnieniach kołnierzy. Zdarzało się często, że podczas wznoszenia wielkich budynków o głębokich fundamentach, albo przy budowaniu nowych linii koleji podziemnych następowały obniżania kanałów rurowych a stąd nieszczelności w przewodach. Przy rurach łączonych na nasuwki gwintowane (mufy) wynikała stąd potrzeba nowej wkładki rur, podczas gdy rury kołnierzowe łatwiej było wyjąć i włożyć wyżej.

New York Steam Company wykonywa także połączenia do budynków, zaopatrując je w mierniki parowe. Po wydzieleniu wody kondensacyjnej przechodzi para przez miernik, który ma drugi przewód obiegowy i 3 wentyle, aby w razie naprawy budynek nie pozostał bez pary. Wody kondensacyjnej nie przyjmuje New York Steam Company napowrót, ale zwykle konsumenci odprowadzają ją do kanałów ulicznych, odwodniwszy wprzód zapomocą węzownicy rurowej. Miernik parowy przedstawia fig. 9. Para przyplływająca podnosi część stożkową A do góry,

a ten za pośrednictwem kilku przeniesień udziela się przyrządowi rejestrującemu. Zmianom w ilości przepływającej pary odpowiadają falowania ołówka, a z wykresów na papierze wykreślonych odczytuje się zużycie pary.

Para dostarczana przez New York Steam Co., znajduje — oprócz ogrzewania — rozliczne inne zastosowania. Np. dla 25 budynków dostarcza się pary do wytwarzania elektryczności, 75 budynków potrzebuje pary do wind osobowych i towarowych, pomp wodociągowych i wyciągów hydraulicznych. We

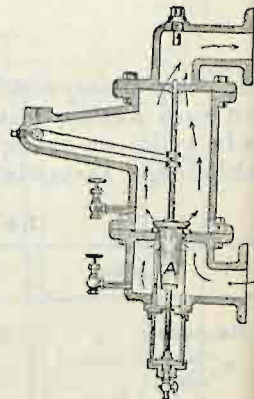


Fig. 9.

wszystkich tych przypadkach używa się pary wylotowej z tych maszyn do ogrzewania, wentylacji i sporządzania ciepłej wody, co daje bardzo znaczne ekonomiczne korzyści wobec ruchu, w którym osobno sprowadza się z centrali elektryczność do światła i motorów, a osobno parę do ogrzewania. Dlatego też New York Steam Co. wiedząc o tem, zachęca przez rozmaite zniżki do pobierania pary do celów motorycznych, większą bowiem pobór pary stanowi dla niej nie tylko bezpośrednią korzyść matoryalną, ale i ekonomiczną.



przez to bowiem centrala może i w lecie pracować, i lepiej wyzyskuje się ciśnienie pary, które dla celów ogrzewania traci się bezużytecznie w wentylu redakcyjnym. To też doprowadzono do tego, że w stacji dolnej, położonej w okolicy więcej przemysłowej, zużywa się 66% produkcji pary do celów motorycznych, a tylko 33% do ogrzewania.

Znacznej ilości pary dostarcza New York Steam Co. do celów prania, gotowania, a wreszcie do celów budowlanych np. do wind dla wyciągu materiałów, pomp odwadniających, kompresorów powietrznych dla kesonów betonowych i t. p. Największym — prawdziwie amerykańskim przykładem zapotrzebowania pary do potrzeb budowlanych były roboty kanałowe, wykonywane przez Hudson Company, pod rzeką Hudson. Towarzystwo to pobierało przez 4 miesiące dziennie

32 520 kg pary, co odpowiada zapotrzebowaniu rocznemu około 87 milionów kg, ( w r. 1905 całkowita roczna produkcja pary w centrali drezdeńskiej wynosiła 33 721 500 kg pary). Wobec tak olbrzymich zmian w ilości konsumowanej pary nie dziw, że New York Steam Co. układa nieraz rury w sposób bardzo prymitywny i w kanałach pełnych wody. Z drugiej strony przyczynia się do tego pospiesznego systemu budowy i to, że wykonywanie dostępnych dla ludzi kanałów rury jest w wąskich ulicach dolnej części Nowego Yorku prawie że niemożliwe, gdyż ulice te pełne są przewodów wodnych, gazowych, kanałów, telefonów, telegrafów, przewodów pneumatycznych, do czego dołączają się jeszcze tunele dla kolei podziemnych i tramwaje elektryczne z podziemnem doprowadzeniem prądu.

(D. c. n.)

## Obliczanie kopuł płaszczowych.

Napisał Dr. Stefan Władysław Bryła.

Jednym z najdawniej znanych utworów przestrzennych są dachy płaszczowe. Już w r. 1866 podał Schwedler pierwszy, przybliżony sposób ich obliczenia. Przez dłuższy czas po nim nie zjawiał się żaden wybitniejszy pracownik na tem polu; dopiero dzieło Föppla o kratownicach przestrzennych<sup>1)</sup> dało początek całej plejadzie inżynierów, którzy teorię ich ogromnie rozwinęli, tak podając coraz to nowe sposoby obliczania, jak i tworząc nowe kształty dachów. Pracowali tu głównie Müller-Breslau, Zimmermann, Landsberg, Schlink i w. i. — W literaturze polskiej, prócz podanych przez prof. M. Thulliego zasad obliczania dachów wieżowych i kopuł Schwedlerowskich<sup>2)</sup> oraz obszerniejszej pracy prof. J. Boguckiego<sup>3)</sup> nie wydawał nikt rozpraw z tego zakresu.

W niniejszej rozprawie pragnę zaznajomić czytelników z teorią najczęściej używanych kształtów kopuł płaszczowych, rozszerzając nieco dotychczasowe pojęcia tak z zakresu teorii ogólnej, jak i podając nowe metody ich przybliżonego obliczenia.

### I. Rodzaje kopuł płaszczowych i ich statyczna wyznaczalność.

Kopuły płaszczowe istnieją w trzech zasadniczych kształtach, jako kopuły Schwedlera, kopuły siatkowe (Föppla) i kopuły Zimmermanna<sup>4)</sup>. Wszystkie trzy wyprowadzić jednak można z t. zw. kratownicy plecionej (Flechtwerk) przy użyciu zasady układu rozszerzonego.

**Układ rozszerzony.** Aby belki kratowej płaskiej czy przestrzennej użyć do dźwignia ciężarów, należy ją połączyć stale z ziemią. Ponieważ zaś ziemia jest ciałem sztywnem, przeto możemy ją przedstawić również jako kratownicę stałą (i statycznie wyznaczalną). Łącząc obie kratownice ze sobą za pomocą odpowiedniej liczby prętów, (na płaszczyźnie trzy, w przestrzeni sześć)

spełniających pewne warunki<sup>1)</sup>, otrzymujemy układ, w całości swej stały, oraz statycznie wyznaczalny, — o ile obie kratownice, niosąca i ziemską, są statycznie wyznaczalne. Wyznaczyć siły wystarczy oczywiście w kratownicy górnej, niosącej i w prętach łączących (podporowych, łożyskowych) czyli oddziaływania podpór<sup>2)</sup>.

Przykład takiego układu rozszerzonego dla kratownicy płaskiej przedstawia fig. 1.

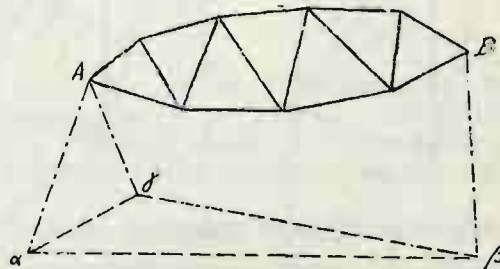


Fig. 1.

**Kratownica pleciona.** Przez kratownicę plecioną rozumieć należy (według Föppla) stałą kratownicę przestrzenną, której wszystkie węzły i pręty leżą na powierzchni płaszczowej, zamykającej zupełnie przestrzeń, wewnątrz niej zawartą.

Jeśli wszystkie pręty zamykają trójkąty, przylegające do siebie, to otrzymamy kratownicę plecioną, statycznie wyznaczalną, o jakiej będziemy mówić w dalszym ciągu (fig. 2 i nast.).

Jakiż jest stosunek takiej kratownicy do kopuł płaszczowych?

#### A. Kopuły Schwedlera.

Weźmy pod uwagę fig. 2.; widzimy na niej kratownicę plecioną, której część górna (wycią-

<sup>1)</sup> Na płaszczyźnie warunki te brzmią: Wszystkie trzy pręty łączące nie mogą przechodzić przez jeden i ten sam punkt.

W przestrzeni: nie może istnieć prosta, przecinająca wszystkie pręty łączące.

<sup>2)</sup> Wiadomo, że łożyska przedstawiać możemy zapomocą odpowiedniej liczby prętów podporowych, a to: na płaszczyźnie: łożysko ruchome zapomocą jednego, — stałe — zapomocą dwu prętów; — w przestrzeni: łożysko ruchome płaszczynowe zapomocą jednego, — ruchome kierunkowe (liniowe) zapomocą dwu, — stałe zapomocą trzech prętów.

<sup>1)</sup> Dr. August Föppl: *Das Fachwerk im Raume*, 1892.

<sup>2)</sup> Dr. Maksymilian Thullie: *Statyka budowli*, Wyd. II. str. 861.

<sup>3)</sup> Dr. Jan Bogucki: *O dwóch nowych układach kopuł żelaznych*. Lwów 1905.

<sup>4)</sup> Szczegółowe omawianie zawilskich kształtów występowałyby poza ramy niniejszej rozprawki.



gnięta liniami pełnymi<sup>3)</sup> przedstawia schemat kopuły Schwedlera o podstawie trójkątnej, opartej na trzech łożyskach liniowych (dwa pręty łożyskowe!) o kierunku ruchu prostopadłym do boków podstawowego trójkąta  $abc$ . — Kratownicą ziemską jest tu (stały) trójkąt  $ab\gamma$ . — A zatem trójboczna kopuła Schwedlera potrzebuje do stałego i statycznie wyznaczalnego podparcia trzech łożysk liniowych.

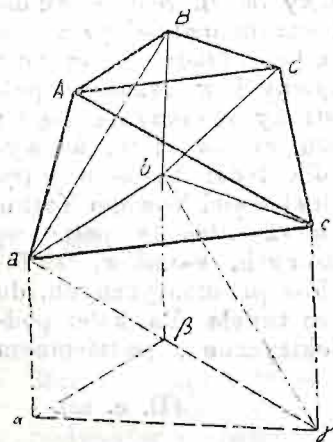


Fig. 2.

Nieco zawilsze jest przejście z kratownicy plecionej do kopuły czworobocznej. (Fig. 3). Część dolna  $ab\gamma\delta\omega$ , która powinna zastąpić ziemię, nie jest tu stała, a więc zadania swego, jako kratownica ziemská, spełnić nie może. Aby ją uczy-

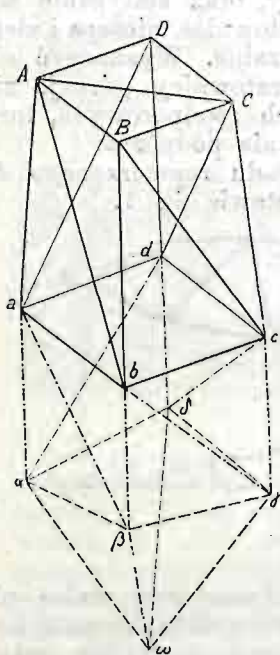


Fig. 3.

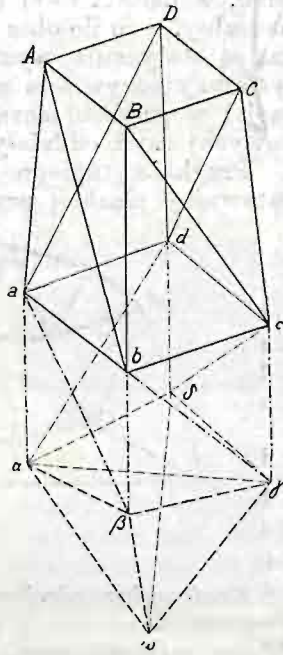


Fig. 4.

nić stałą, zastosujemy prawo t. zw. zamiany prętów, wstawiając pręt  $AC$  w położenie  $a\gamma$  (lub  $\beta\delta$ ) (Fig. 4). Przez tę zamianę całość, zmieniając swój charakter, pozostała jednak statycznie wyznaczalna; — górna część  $AB..ab..$  jest bez dalszych przemian kopułą Schwedlera na podstawie czworobocznej; — część zaś dolna „rozszerzająca układ“<sup>2)</sup> stanowi obecnie całość stałą i w zupełności zastępuje ziemię.

W podobny sposób postępując, musimy dla otrzymania pięcio — sześćo...  $n$  — bocznej kopuły Schwedlera, zmienić położenie dwu, trzech...  $(n - 3)$  prętów układu, przenosząc je z płaszczyzny pierścienia górnego  $AB...N$ , pomiędzy węzły układu rozszerzającego  $a\beta...v$ .

<sup>1)</sup> Liniami pełnymi oznaczone są pręty kratownicy niosącej, — liniami kreskowanymi pręty kratownicy ziemskiej, — liniami „kreska-kropka“ pręty podporowe.

<sup>2)</sup> Układem rozszerzającym nazywam kratownicę ziemską, układem rozszerzonym cały układ (kratownica niosąca + pręty łączące + kratownica ziemská).

Niekiedy używamy dla kopuły Schwedlera łożysk stałych, opuszczając wtedy dla uzyskania statycznej wyznaczalności pręty pasu dolnego. — Tu — dojdziemy do tego samego wyniku, zamieniając te pręty  $ab, bc...$  na pręty, łączące te same węzły podstawy z węzłami układu rozszerzającego  $ad, ba...$

Zastępując w ścianach pojedyncze przekątnie, dwiema, przecinającemi się w pośrodku pierścienia dolnego, otrzymamy t. zw. kopułę płaszczową z wypełnieniem siatkowem.

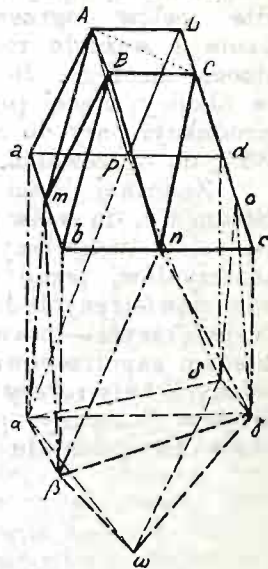


Fig. 5.

### B. Kopuły siatkowe.

Kopuły siatkowe (Föppla) otrzymamy, jeśli węzły pasu dolnego  $ab...$  są nieco przekrecone względem węzłów górnych  $AB...$

Zastosować się da tu wszystko, cokolwiek powiedzieliśmy wyżej o kopułach Schwedlera, o zamianie prętów i tworzeniu w ten sposób z części dolnej — stałego układu rozszerzającego, a z górnej — statycznie wyznaczalnej kopuły siatkowej.

Jednakowoż statyczna wyznaczalność zachodzi tu zawsze tylko dla nieparzystej ilości boków podstawy; — dla parzystej ich liczbie otrzymujemy kopułę chwiejną. (Por. np. Föppl. (*Das Fachwerk im Raume*, str. 84).

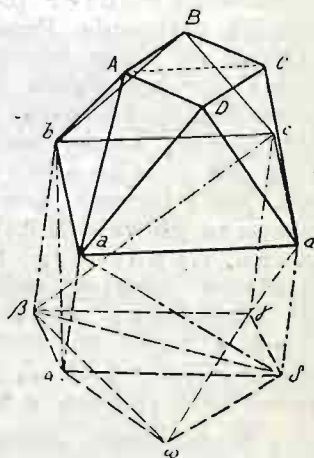


Fig. 6.

### C. Kopuły Zimmermanna.

Znamieniem, odróżniającem kopuły Zimmermanna od innych systemów, jest różna liczba boków w pierścieniach górnym i dolnym. Pierścień dolny ma mianowicie dwa razy tyle węzłów, co górny. — Łącząc węzły górne z dolnymi, tak, aby powstały same trójkąty, otrzymamy kopułę Zimmermanna o najogólniejszym kształcie. Zwykle jednak, przez równoległe ułożenie boków i równe ścięcia naroży ( $aa_2 = a_1a_2$  fig. 7) uzyskujemy przy  $n$  — bocznym pierścieniu górnym kratownicę składającą się z  $n$  trapezów, przedzielonych przekątniami na trójkąty i z  $n$  trójkątów nad ściętymi narożami.

Ażeby przejść tu z kratownicy plecionej do układu rozszerzonego kopuły musimy zamianę prętów przeprowadzić w sposób zupełnie inny. — W płaszczyźnie pierścienia górnego mamy bowiem do dyspozycji tylko jedną przekątnię, a do uzyskania statycznej wyznaczalności części dolnej potrzeba pięciu. Pozostałe cztery weźmiemy zatem z pośród prętów podporowych, biorąc np. każdą przekątnię z pola utworzonego przez pręty podporowe poniżej pola trójkątowego kopuły.



Tem samym dany już jest system łożysk; na fig. 8 widzimy naprzemian łożyska płaszczy-

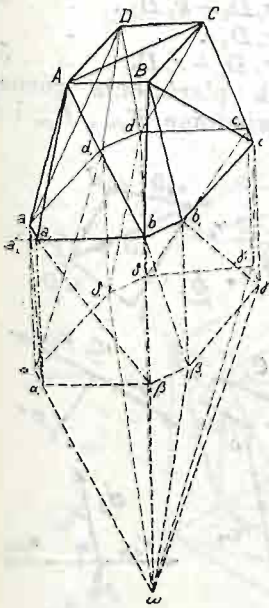


Fig. 7.

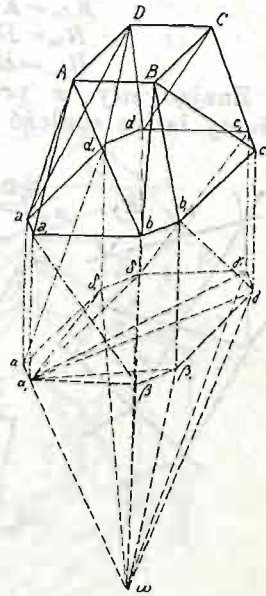


Fig. 8.

znowe (jeden pręt podporowy  $aa$ ,  $b\beta$ .) i liniowe (dwa pręty podporowe  $a_1a_1 - a_1\beta$ ,  $b_1\beta_1 - b_1\gamma$ ) o kierunku prostym do boków pierścienia.

Zimmermann zastosował też inny układ łożysk, mianowicie: w węzłach pierścienia dolnego umieścił wyłącznie łożyska płaszczyznowe, przenosząc siły poziome zapomocą osobnych czterech łożysk, umieszczonych w środku boków tegoż pierścienia. (fig. 20).

**D. Kopyły wielopiętrowe.**

Przy większych wysokościach nie wystarcza zwykle jedno piętro kopyły, ale trzeba zastosować większą ich liczbę.

Przy kopule Schwedlera odbywa się założenie nowych pięter w sposób bardzo prosty: górne piętro składa się tak samo, jak dolne, z samych trójkątów, leżących po dwa w jednej płaszczyźnie. (fig. 9).

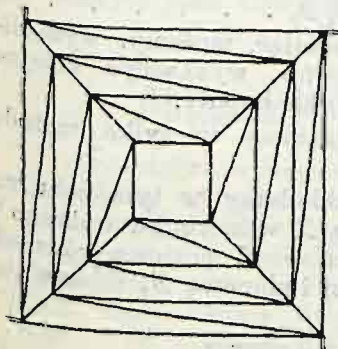


Fig. 9.

Kopyły z wypełnieniem siatkowym można zrobić dwupiętrowymi, zamieniając pręty podporowe na pręty niosące (fig. 10) lub dodając nowe (niższe) piętra z odpowiednio większą liczbą prze-

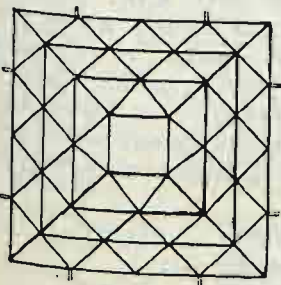


Fig. 10.

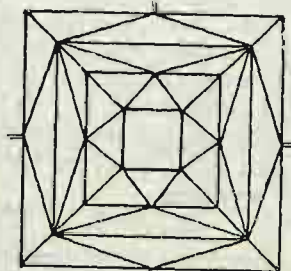


Fig. 11.

kątni ułożonych w ten sam sposób co w piętrze

najwyższem<sup>1)</sup> (fig. 11), albo wreszcie nasadzając na taką kopułę — kopułę Schwedlera.

W kopułach siatkowych górny pierścień jest znowu przekreślony, tak, że ma położenie pierścienia pierwszego. (fig. 12).

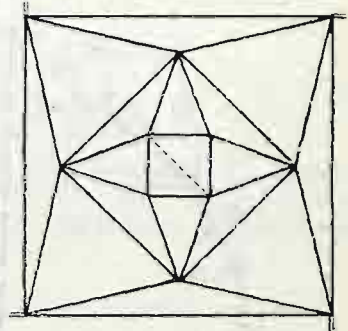


Fig. 12.

Kopyły Zimmermanna wreszcie uzupełnia się nieco inaczej: albo na kopułę  $n$ -boczną nakłada się również  $n$ -boczną kopułę Schwedlerowską (fig. 13), albo też wykształca się pręty podporowe (w ilości  $2n$ ) jako pręty istotne (t. zw. piętro podpo-

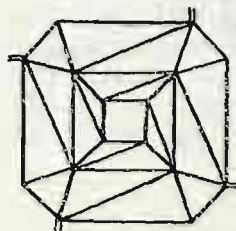


Fig. 13.

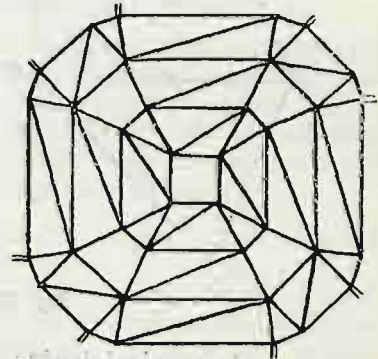


Fig. 14.

rowe) i opiera się je na jednopiętrowej kopule Zimmermanna (o  $4n$  bokach podstawowych) (fig. 14). — Pierwszy sposób jest oczywiście prostszy i ze względów konstrukcyjnych racjonalniejszy.

**II. Dokładne obliczenie kopuł płaszczyznych.**

Jak każdą statycznie wyznaczalną kratownicę przestrzenną, obliczać można kopuły płaszczyzowe zapomocą wszystkich ogólnie znanych metod wyznaczania sił w prętach, — metod tak wykreślnych, jakoteż i analitycznych, podawanych i uzupełnianych przez Culmanna, Rittera, Mohra, Henneberga, Föppla, Müller-Breslau'a i i. — Nie mam zamiaru podawania tutaj wszystkich; — ograniczę się do metod, najprędzej do celu prowadzących, a tem samym najczęściej stosowanych.

**A. Kopyły Schwedlera.**

Teorię kopuł, wynalezionych przez siebie, podał Schwedler już w r. 1866<sup>2)</sup> — jednakże tylko dla obciążeń pionowych. Polega ona na rozkładaniu składowej pionowej siły zaczepiającej w węzle na składową równoległą do krokwi (dolnej) i poziomą, z której następnie znajdujemy siły w pierścieniach, Przekątnie przy tem obciążeniu są bez nateżeń. — Schwedler oblicza je ze względu na różnicę sił w sąsiednich krokwiach przy ruchomem obciążeniu tylko jednej z tychże.

Siły znaleźć można analitycznie i wykreślnie (fig. 15); analitycznie dostajemy dla  $n$ -bocznej podstawy (p. fig.) wzory:

<sup>1)</sup> O ile krokwie nie przechodzą przez dwa sąsiednie piętra w jednej prostej.

<sup>2)</sup> Zeitschrift für Bauwesen 1866, str. 7.



na siłę w krokwi:

$$K_m = -\frac{P_1 + P_2 + \dots + P_m}{n \sin \alpha_m} \quad 1)$$

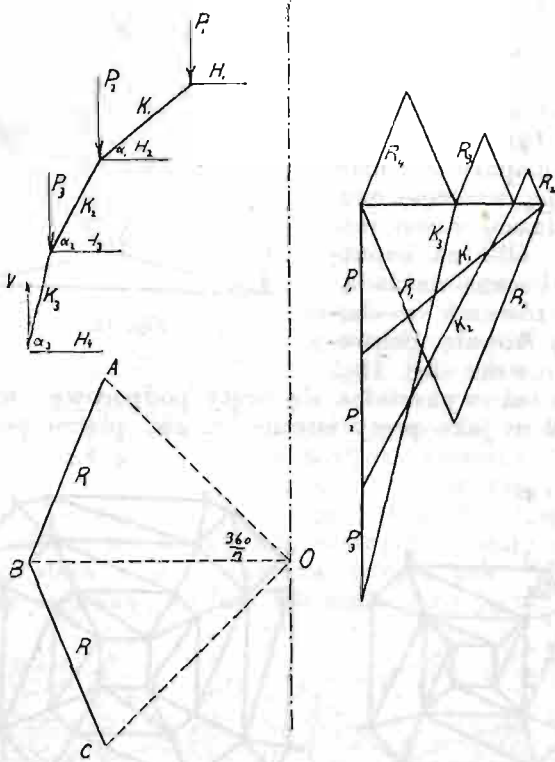


Fig. 15.

na siłę w pierścieniu:

$$R_m = \frac{(P_1 + P_2 + \dots + P_{m-1}) \cot \alpha_{m-1} - (P_1 + P_2 + \dots + P_m) \cot \alpha_m}{2n \sin \frac{180}{n}} \quad 2)$$

na siłę w przekątnej <sup>1)</sup> (fig. 16):

$$D_m = \frac{Q_1 + Q_2 + \dots + Q_m}{n \sin \alpha_m \cos \gamma_m} \quad 3)$$

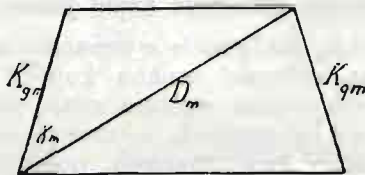


Fig. 16.

Ta metoda ważna jest jednak tylko dla sił pionowych. Z teorii umożliwiających obliczenie dla ogólnego obciążenia, najprędzej do celu prowadzi i najczęściej jest używana teoria Müller-Breslau'a, prawie identyczna z t. zw. metodą rozkładania sił w węzłach.

Siłę działającą w danym węźle, złożoną z siłą wewnętrzną w krokwi górnej i składowymi przekątni w jej kierunku, rozkładamy na siłę w kierunku krokwi dolnej i siłę poziomą, z których to sił znajdujemy następnie siły rzeczywiste w krokwi i przekątniach dolnych.

Nazwijmy składowe przekątni w kierunku krokwi i pierścieni przez  $k_g D$  i  $r_g D$  (dla węzła górnego), oraz  $k_d D$  i  $r_d D$  (dla węzła dolnego) <sup>2)</sup>, — sumę sił w kierunku krokwi powyżej punktu  $m$  przez  $K_{gm}$ ; poniżej  $m$  przez  $K_{dm}$  — sumę sił w kie-

<sup>1)</sup>  $Q$  oznacza obciążenie ruchome; — wzór ten jest tylko przybliżony.

<sup>2)</sup> Spółczynniki  $k_d$ ,  $k_g$ ,  $r_d$ ,  $r_g$  przybierają wogóle dla każdego piętra inne wartości.

runku prawego pierścienia przez  $R_{pm}$ , w kierunku lewego przez  $R_{lm}$ . Otrzymamy wtedy:

$$K_{gm} = K_1 + k_d D_1 \quad 4)$$

$$K_{dm} = K_2 + k_g D_2 + k_g D_3 \quad 4a)$$

$$R_{lm} = R_2 + r_g D_3 \quad 5)$$

$$R_{pm} = R_1 + r_d D_1 + r_g D_2 \quad 5a)$$

Znając siły w prętach pierścienia górnego możemy łatwo znaleźć niewiadome  $K_{dm}$ ,  $R_{pm}$  i  $R_{lm}$ .

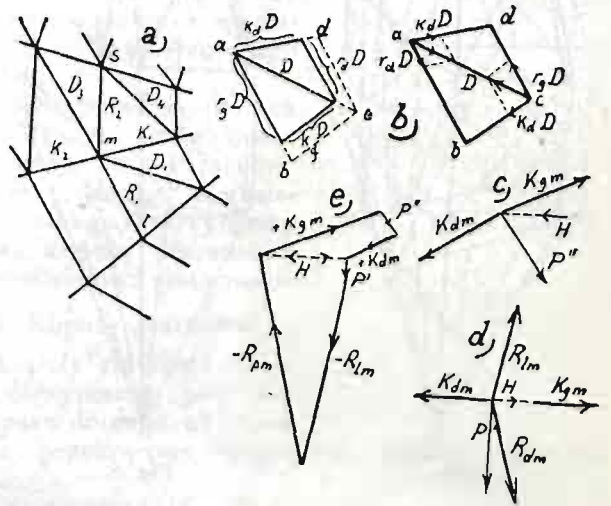


Fig. 17.

(fig. 17), a z nich siły rzeczywiście w prętach działające. Otrzymamy mianowicie:

$$R_1 = R_{lm} \quad 6)$$

$$R_2 = R_{ps} - r_d D_4 \quad 6a)$$

$$D_2 = \frac{R_{pm} - R_1 - r_d D_1}{r_g} = \frac{R_{pm} - R_{lm} - r_d D_1}{r_g} \quad 7)$$

$$D_3 = \frac{R_{lm} - R_2}{r_g} = \frac{R_{lm} - R_{ps} + r_d D_4}{r_g} \quad 7a)$$

$$K_2 = K_{lm} - k_g D_2 - k_g D_3 \quad 8)$$

W ten sposób postępując, możemy, wyszedłszy z najwyższych węzłów, wyznaczyć kolejno siły we wszystkich prętach kopuły.

Z innych metod podamy tu tylko metodę momentów.

Siłę działającą rozkładamy w tym celu na trzy składowe: poziomą  $X$  w kierunku wolnego <sup>1)</sup> pręta danego pierścienia, —  $Y$ , poziomą również, prostopadłą do pierwszej i pionową  $Z$ , skierowaną ku dołowi, wtedy:

$$\left. \begin{aligned} X &= P \cos \varphi \cos \chi \\ Y &= P \cos \varphi \sin \chi \\ Z &= P \sin \varphi \end{aligned} \right\} \quad 9)$$

Przecinając kratę około węzła  $A$ , przyjmujemy jako oś momentów pręt  $n, a_1$ , gdyż siły w  $NA$ ,  $n_1 A$  i  $Aa_1$ , leżąc w jednej z nią płaszczyźnie dają względem niej moment, równy zeru. — Dla wygodniejszego rachunku rozłożmy siły  $X_A$ ,  $Y_A$  i (nieznana)  $R_A$  na składowe w kierunku osi (a więc dające względem niej moment = 0) i w kierunku prostopadłym do niej. Składowe w kierunku osi wynoszą

$$X_A \cos \zeta, \quad Y_A \sin \zeta, \quad R_A \cos \zeta$$

w kierunku prostopadłym do osi:

$$X_A \sin \zeta, \quad Y_A \cos \zeta, \quad R_A \cos \zeta.$$

<sup>1)</sup> T. j. nie leżącego w płaszczyźnie, w której znajdują się wszystkie inne pręty w danym węźle się zbiegające.



Przy oznaczeniach, jak na fig. 18; otrzymujemy równania momentów:

$$(R_A \sin \zeta + X_A \sin \zeta + Y_A \cos \zeta) h + Z_A b = 0$$

$$R_A = - \left\{ X_A + Y_A \cot \zeta + \frac{Z_A b}{\sin \zeta} \right\} \quad (10)$$

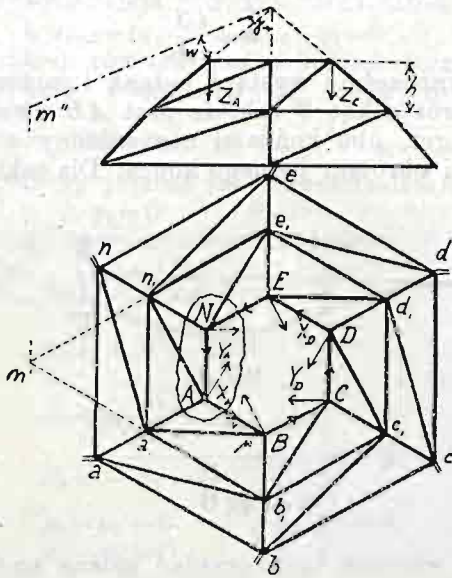


Fig. 18.

Podobnie znajdziemy  $R_B \dots R_N$ .

Dla znalezienia sił w przekątnej możemy przyjąć moment względem osi  $a_1 b_1$  (dla węzła  $A$ ); w równaniu na  $D$  wystąpi wtedy (znana już) siła w pierścieniu. Możemy jednak znaleźć  $D$  bezpośrednio, kładąc przekrój około punktów  $A$  i  $N$ , a tem samym przecinając pręty  $AB, Aa_1, An_1, Nn_1, Ne_1$  i  $NE$ .

Pręty  $NE, Ne_1$  i  $Nn_1$  leżą wszystkie w jednej płaszczyźnie; z przeciętych prętów węzła  $A$  nie leży tylko  $An_1 = D_A$  w płaszczyźnie  $ABb_1 a_1$ ; przyjmując zatem, jako oś momentów, krawędź przecięcia obu płaszczyzn, otrzymamy wzór, w którym jako niewiadoma przychodzi tylko  $D_A$ .

Rozłożmy siłę w  $D_A$  na składową w kierunku  $Aa_1$  ( $D_{kA}$  nie przyczyniającą się wcale do wielkości momentu) i składową w kierunku  $AN$  ( $D_{rA}$ ); wynoszą one:

$$D_{rA} = D_A \frac{\sin \mu}{\sin(\mu + \nu)} = \rho D_A$$

$$D_{kA} = D_A \frac{\sin \nu}{\sin(\mu + \nu)} = \kappa D_A \quad (11)$$

Ze składowych sił zewnętrznych  $Y_A$  rozkładamy w kierunku  $AB$  i  $NA$ , siły  $X_N$  i  $Y_N$ , zaś w kierunkach  $EN$  i  $NA$ . Składowe w kierunku  $NA$  wynoszą dla nich:

$$\frac{Y_A}{\sin \zeta}, \quad X_N, \quad Y_N \cot \zeta.$$

Otrzymamy więc równanie:

$$(-\rho \cdot D_A - \frac{Y_A}{\sin \zeta} + X_N + Y_N \cot \zeta) w + (Z_N - Z_A) \sin \gamma \cdot \frac{s}{2} = 0 \quad (12)$$

z którego możemy znaleźć bezpośrednio  $D_A$ .

Dla wyznaczenia sił w krokwiach najlepiej zrobić przekrój około  $A$ , obierając za oś  $BN$ ; ponieważ składowe sił leżące w płaszczyźnie  $AB \dots N$  dają moment równy zeru, więc na wyznaczenie siły w  $K_A$  otrzymujemy wzór stosunkowo prosty ( $\beta$  jest kątem nachylenia krokwi):

$$K_A = - \frac{Z_A}{\sin \beta} - \kappa D_A \quad (13)$$

Istnieją jeszcze inne metody kopuł<sup>1)</sup>; największe zastosowanie ma jednak metoda Müller-Breslau'a, a dla ciężarów pionowych metoda Schwedlera.

Obliczenia powyższe upraszczają się o wiele dla dachów wieżowych i namiotowych, których krokwie przebiegają w liniach prostych.

Do wyznaczenia sił wewnętrznych w kopułach o wypełnieniu siatkowym najbardziej nadaje się metoda momentów. (Dok. n.)

<sup>1)</sup> Np. podobna do wyżej opisanej metoda rzutów.

## Obliczanie belek o kracie czworokątnej metodą Ed. Joyant'a.

Prawdziwa wdzięczność należy się p. dr. W. Balickiemu za ogłoszenie cennej pracy o belkach Vierendeela, dotychczas prawie zupełnie u nas nieznanych, a jednak posiadających już dość przykładów zastosowania w budowlach inżynierskich, dość bogatą literaturę i nawet parę systemów obliczania.

Dr. Balicki podał w „*Czasopiśmie technicznym*“ teorię tych belek według Vierendeela. — Nawiązując do pracy powyższej, pragnę dodać parę słów o metodzie postępowania Ed. Joyant'a, ogłoszonej w „*Annales des travaux publics de Belgique*“ 1902, str. 223.

W belce o kracie czworokątnej (fr. *poutre à arcades*, n. *Leiter, Pfostenfachwerk*) mamy dla każdego pręta trzy niewiadome: siłę podłużną, siłę poprzeczną i moment zginający; zatem dla belki o  $p$  polach (dla  $2p$  pasów i  $p+1$  słupów, otrzymujemy  $9p+3$  niewiadomych. Na wyznaczenie ich możemy ustawić w każdym węźle po trzy warunki równowagi, co czyni dla całej belki  $6(p+1)$  równań od których jednak musimy odjąć trzy warunki równowagi sił zewnętrznych; na podstawie statyki uzyskujemy zatem  $6p+3$

warunków; resztę, tj.  $4p$  warunków, otrzymamy na mocy teorii sprężystości.

Biorąc pod uwagę jeden węzeł górny i jeden dolny, możemy ustawić nast. równania:

$$\left. \begin{aligned} S_{k-1} - S_k + \pi_k &= 0 \\ S_{k-1}' - S_k' - \pi_k &= 0 \end{aligned} \right\} \dots 1)$$

$$\left. \begin{aligned} Q_{k-1} - Q_k - q_k &= 0 \\ Q_{k-1}' - Q_k' + q_k + P_k &= 0 \end{aligned} \right\} \dots 2)$$

$$\left. \begin{aligned} \mu_{k-1} - \mu_k - \nu_k + \frac{1}{2} Q_{k-1} l_{k-1} + \frac{1}{2} Q_k l_k + \frac{1}{2} \pi_k h &= 0 \\ \mu_{k-1}' - \mu_k' + \nu_k + \frac{1}{2} Q_{k-1}' l_{k-1} + \frac{1}{2} Q_k' l_k + \frac{1}{2} \pi_k h &= 0 \end{aligned} \right\} \dots 3)$$

Podstawiając  $k=1$ , mamy:

$$\left. \begin{aligned} S_1 &= \pi_1 & S_1' &= -\pi_1 & \dots 1) \\ Q_1 &= -q_1 & Q_1' &= q_1 + P_1 & \dots 2) \\ -\mu_1 - \nu_1 + \frac{1}{2} Q_1 l_1 + \frac{1}{2} \pi_1 h &= 0 & & & \dots 3) \\ -\mu_1' + \nu_1 + \frac{1}{2} Q_1' l_1 + \frac{1}{2} \pi_1 h &= 0 & & & \dots 3) \end{aligned} \right\}$$

Przez połączenie równań 1) i 1<sub>1</sub>) dostaniemy

$$\left. \begin{aligned} S_k &= \sum_1^k \pi \\ S_k' &= \sum_1^k \pi \end{aligned} \right\} \dots 4^2)$$

<sup>1)</sup> W liczbie sił  $P$  mieszczą się i oddziaływania.

<sup>2)</sup> Z równań 4) wynika:  $S_k + S_k' = 0$ ; rezultat ten otrzymamy także, kładąc belkę płaszczyzną pionową przez środek.



Z równań 2) i 2<sub>1</sub>) wynika:

$$\left. \begin{aligned} Q_k &= -\sum_1^k q \\ Q_k' &= +\sum_1^k q + \sum_1^k P \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots 5)$$

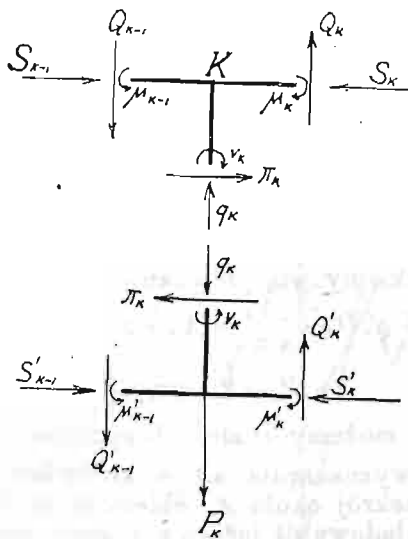


Fig. 1.

Podstawiając wartości te w równaniach 3) i 3<sub>1</sub>), mamy:

$$\left. \begin{aligned} \mu_k &= -\sum_1^k v + \sum_{i=1}^{k-1} q_i (\frac{1}{2} l_k + \sum_1^{k-1} l) + \frac{h}{2} \sum_1^k \pi \\ \mu_k' &= +\sum_1^k v + \sum_{i=1}^{k-1} q_i (\frac{1}{2} l_k + \sum_1^{k-1} l) + M_k + \frac{h}{2} \sum_1^k \pi \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots 6)$$

jeśli przez  $M_k$  nazwiemy moment sił  $P$  ze względu na środek pola  $k$  i uwzględnimy, że

$$M_k = \sum_{i=1}^{k-1} P_i (\frac{1}{2} l + \sum_1^{k-1} l_i) = \sum_{i=1}^{k-1} l_i \sum_1^i P + \frac{1}{2} l_k \sum_1^k P.$$

Podstawiając teraz w równania: 1-6 wartości od  $k=0$  do  $k=p$ , otrzymujemy  $6p$  równań. — Dla węzła  $p+1$  równania te mają wartości:

$$\left. \begin{aligned} 0 &= \sum_1^{p+1} \pi & 0 &= -\sum_1^{p+1} \pi & \dots & 4_{p+1}) \\ 0 &= \sum_1^{p+1} q & 0 &= \sum_1^{p+1} P & \dots & 5_{p+1}) \\ 0 &= M_{p+1} \\ 0 &= \sum_1^{p+1} v + \sum_{i=1}^p q_i \sum_1^i l & \dots & \dots & 6_{p+1}) \end{aligned} \right\}$$

Równania  $\sum_1^{p+1} P=0$  i  $M_{p+1}=0$  są równaniami równowagi sił zewnętrznych. — Otrzymaliśmy zatem wogóle  $6p+3$  równań, które nam pozwolą wyrazić wartości  $Q, Q', S, S', \mu, \mu'$  oraz  $\pi_{p+1}, q_{p+1}, v_{p+1}$  jako funkcje  $\pi_i, q_i, v_i$  (od  $i=1$  do  $i=p$ ); pozostaje zatem do wyznaczenia  $3p$  niewiadomych. Znajdziemy je, wciągając w rachunek odkształcenie belki.

Joyant postępuje tu podwójną drogą: raz, przyjmując węzły sztywne, a pręty sprężyste drugi raz, zakładając pręty sztywne, a węzły sprężyste (tj. ugięcie belki zależy wyłącznie od zmiany kątów, pierwotnie w kratownicy równoległej — prostych). — Oczywiście, w belce zachodzą równocześnie oba wypadki, tj. sprężyste pręty i sprężyste węzły. — Na ugięcie belki i na siły wewnętrzne wpływa jednak w daleko wyższym stopniu sprężystość pasów i słupów, Co do węzłów, to, — jak wykazują próby mostu w Tervueren<sup>1)</sup>. — blacha

dek przedziału  $k$  i rzucając działające w przekroju siły na oś poziomą.

<sup>1)</sup> Annales des travaux publics de Belgique. 1898.

węzłowa, dochodząc do pewnego natężenia, wybaczają się.

Jakiż stosunek zachodzi między siłami, działającymi w środku pręta  $Q, S, \mu$ , a odkształceniem tegoż?

Skrócenie pręta wskutek siły  $S$ , wynosi:

$$\alpha = \frac{lS}{\epsilon A} \dots \dots \dots 7)$$

Równocześnie wystąpi jednak i zniżenie p. B o  $\eta$  i obrót o kąt  $\Theta$  tak, że pręt  $AB$  uważać można za pręt, obu końcami utwierdzony z przesunięciem i obrotem jednego końca. Dla takiej belki mamy



Fig. 2.

$$Q = -\frac{12 \epsilon J (\eta + \frac{l}{2} \text{tg } \Theta)}{l^3} \dots \dots \dots 8)$$

$$\mu = -\frac{2 \epsilon J \text{tg } \Theta}{l} \dots \dots \dots 9)$$

We wzorach tych przyjąć można  $\text{tg } \Theta = \Theta$ . Podobne wzory otrzymamy dla pasu dolnego i słupów.

Niech przesunięcia (liniowe i kątowe) węzła B względem A wynoszą:  $\alpha_{k-1}, \eta_{k-1}, \Theta_{k-1}$ , a analogiczne przesunięcia p. B:  $\beta_k, \gamma_k, \varphi_k$ , wtedy przesunięcia p. D względem p. A mają wartości:

$$\alpha_{k-1} - h \Theta_{k-1} + \gamma_k; \eta_{k-1} - \beta_k; \Theta_{k-1} + \varphi_k.$$

Idąc podobnie drogą ACD i zakładając, że dla p. D przesunięcia ABD są równe przesunięciom ACD, otrzymamy:

$$\Theta_{k-1} + \varphi_k = \varphi_{k-1} + \Theta_{k-1}' \dots \dots \dots 10a)$$

$$\eta_{k-1} - \beta_k = -\beta_{k-1} + \eta_{k-1}' - l \varphi_{k-1} \dots \dots \dots 10b)$$

$$\gamma_k + \alpha_{k-1} + h \Theta_{k-1} = \gamma_{k-1} + \alpha_{k-1}' \dots \dots \dots 10c)$$

Podstawiając w tych równ. wartości z równ. 7), 8), 9), otrzymamy  $3p$  brakujących równań. — Ponieważ — po podstawieniu — równ. 10a zawiera z niewiadomych tylko

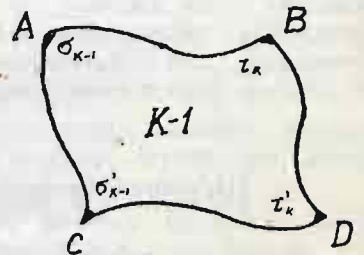


Fig. 3.

$v_k, \pi_{k-1}, q_{k-1}, v_{k-1}$ ; — równanie 10b:  $-v_k, q_k$ ; — równ. 10c:  $v_k, \pi_k$ , możemy wyrazić wszystkie  $\pi, q, v$  jako funkcje  $\pi_1, q_1, v_1$ , a z równań (4, 5, 6)<sub>p+1</sub> wyznaczyć  $\pi_1, q_1, v_1$ .

Dla uproszczenia dalszego rachunku zrobmy nast. przy założeniu:

1. Przekroje obu pasów są takie same ( $A=A', I=I'$ ).
2. Odkształcenia obu pasów są równe ( $\Theta=\Theta', \eta=\eta'$ ).
3. Skrócenia (ew. wydłużenia) słupów są równe ( $\beta_k - \beta_{k-1} = 0$ ).

Z założeń tych wynikają następujące równości:

$$\mu_k = \mu_k', \quad Q_k = Q_k', \quad \alpha + \alpha' = 0, \quad \varphi_k = 0, \quad v_k = 0$$

Otrzymamy zatem:

$$\left. \begin{aligned} \text{(z równ. 2)} \quad Q_k &= -\frac{P_k}{2} \\ \text{(z równ. 5)} \quad Q_k &= \frac{1}{2} \sum_1^k P \\ \text{(z równ. 6)} \quad \mu_k &= \frac{1}{2} M_k + \frac{h}{2} \sum_1^k \pi \\ \text{(z równ. 10c)} \quad \gamma_k + 2 \alpha_{k-1} + h \Theta_{k-1} &= \gamma_{k-1} \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots 11)$$



Podstawiając w równaniach tych wartości, otrzymane z równ. 7), 8), 9) otrzymamy równanie:

$$\frac{\pi_k}{I_k} - \frac{\pi_{k-1}}{I_{k-1}} = k_k \sum_1^{k-1} \pi + k_k' \quad \dots \quad 12)$$

które połączone z podobnym o bezpośrednio wyższym wskaźniku daje równanie o kształcie:

$$a_k \pi_{k+1} + b_k \pi_k + c_k \pi_{k-1} + \gamma_k = 0 \quad \dots \quad 13)$$

Z  $p$  takich równań można kolejno wyznaczyć  $\pi_i = f(\pi_1)$ , [dla  $i=2, \dots, (p+1)$ ], a z równania  $\sum_{i=1}^{p+1} \pi_i = 0$  ostatecznie  $\pi_1$ .

Przyjmijmy jeszcze (za Viorendeelem):

$$\varphi_k = 0 \quad \Theta = 0^1)$$

a otrzymamy równania bardzo proste:

$$\left. \begin{aligned} Q_k &= Q_k' = \frac{1}{2} \sum_1^k P \\ \pi_k &= -\frac{M_k - M_{k-1}}{h} \\ q_k &= -\frac{P_k}{2} \\ S_k &= -S_k' = -\frac{M_k}{h} \\ \mu_k &= \mu_k' = 0 \\ \nu_k &= \nu_k' = 0 \end{aligned} \right\} \quad \dots \quad 14)$$

Przyjęcie węzłów sztywnych i nieodkształcających się, na którym metoda powyższa polega, nie ma w rzeczywistości miejsca; węzły bowiem przenosząc część sił, odkształcają się i — o ile są za słabo skonstruowane, — spowodować mogą zniszczenie mostu. (Doświadczenie w Tervueren). Należałoby zatem zbadać, jakie siły wewnętrzne działają przy równoczesnej pracy węzłów.

Czyni to Joyant: przyjmując pręty o momencie bezwładności  $I = \infty$  (pręty sztywne), bada odkształcenia węzłów przy założeniu, że suma zmian

<sup>1)</sup> Przyjęte to jest mniej usprawiedliwione od poprzednich.

kątów jednego pola musi być równu zeru. — Ostatecznie, wprowadzając dla uproszczenia:

$$Q = Q' \quad \mu = \mu' = 0 \quad \beta_k - \beta_{k-1} = 0$$

otrzymuje na zmianę kątów wzory:

$$\left. \begin{aligned} \Delta \sigma_k &= \frac{1}{2 \varepsilon C} (M_k'' - M_{k-1}') \\ \Delta \tau_k &= -\frac{1}{2 \varepsilon C} (M_{k+1}' - M_k'') \end{aligned} \right\} \quad \dots \quad 15)$$

przyczem  $M_k'$  jest momentem sił  $P$  ze względu na węzeł  $k$ , zaś

$$M_k'' = \frac{M_k' + M_{k+1}'}{2}$$

Joyant udowadnia na przykładzie mostu w Tervueren, że obliczone wedle tych wzorów natężenia zgodne są z natężeniami, zmierzonymi tamże przez inżynierów Lambin'a i Christophe'a.

Widzimy z powyższego, że pierwsze założenie Joyant'a, daje — po przyjęciu pewnych uproszczeń — wyniki nieznacznie tylko różne od wyników przybliżonych Viorendeela; oryginalnym natomiast jest sposób jego postępowania.

Zasługą jego jest również to, że pierwszy zwrócił uwagę na odkształcenia, jakim podlegają węzły, choć nie zdołał ująć ich w prawa, oparte na zupełnie racjonalnych hipotezach.

Istnieje jeszcze kilka sposobów obliczania tych belek; — wspomina o nich Dr. Balicki w „Literaturze“<sup>1)</sup>. Znajdują się one jednak w czasopiśmie bardziej dostępnych polskiemu inżynierowi.

Ograniczam się tymczasem do tej notatki, mając zamiar jeszcze powrócić w „Czasopiśmie Technicznym“ do tego przedmiotu.

Dr. Stefan W. Bryła.

<sup>1)</sup> Między innymi prof. Abramow podał również linie wpływowe, wprowadzając je jednak na podstawie innej teorii, niż Dr. Balicki.

## Austryackie koleje państwowe w r. 1908.

Austryackie ministerstwo kolejowe wydało sprawozdanie z wyników gospodarki na kolejach państwowych w r. 1908 (*Bericht über die Ergebnisse der k. k. Staatseisenbahnverwaltung für das Jahr 1908*), nie obejmujące jeszcze w r. 1908 upaństwowionych kolei jak: czesko-północną, austryacko-węgierskiego stow. kolei państw., austryackiej kolei północno zachodniej, dla których wyjął osobne zestawienia.

Z końcem r. 1907 15 033.10 km wynosząca sieć kolei, stojących pod zarządem państwowym, wzrosła w r. 1908 o 214.01 km, czyli 1.42%. Cała sieć kolei skarbowych z końcem roku sprawozdawczego wynosiła okragło 15 247 km, w czem niema uwzględnionych powyżej wymienionych kolei świeżo upaństwowionych.

Z całości przypada 10 018 km na linie, będące własnością i pod zarządem państwa 615 km na koleje prywatne, zarządzane na rachunek państwa, a 4 614 km na koleje prywatne, zarządzane przez państwo na rachunek stron.

Kapitał zakładowy austryackich dróg żelaznych, będących własnością państwa i zarządzanych na rachunek państwa, wynosił z końcem roku sprawozdawczego 3 918 605 445 K i wzrósł w stosunku do roku 1907 o 86 546 871 K = 2.26%.

Na całej sieci dróg żelaznych pod zarządem państwa, obejmował tabor: 4188 lokomotyw (+5.52% w stosunku do r. 1907), 8 470 wozów osobowych (+3.5%), 86 953 wozów towarowych (+3.57%), 2833

wozów pocztowych i służbowych (+3.02%), 3263 jaszczyków, 1644 pługów śniegowych, 30 wozów na wodę i 28 wozów motorowych. Koszta całego taboru z końcem r. 1908 wyniosły 716 008 131 K (+6.08%).

Na liniach państwowych w r. 1908 2 424 461 pociągów zrobiło 110 180 586 pociąg/km, co w stosunku do roku poprzedniego wykazuje przyrost ruchu o 104 440 pociągów = 4.50% i 7 240 490 pociąg/km = 7.03%. Sumaryczna praca pociągów obejmuje 29 396 milionów ton/km brutto, t. j. o 2001 milionów, czyli 7.30% więcej, niż roku poprzedniego. Na 1 km przeciętny przypada 7 308 (+6.51%) pociąg/km i 1 949 778 (+6.79%) t/km brutto.

Liczba przewiezionych osób wynosiła 83 361 963 (+3 313 181 = 3.88%), zrobiono 3 802 milionów osób/km (+3.19%). Sumaryczna waga przewiezionych tobołów podróźnych wynosiła 128 945 ton (+8.54%). Jako przesyłki pospieszne nadano 653 025 ton (+0.18%), a zwykle 58 285 968 t (-0.26%). Na liniach zarządzanych na rachunek stron przewieziono nadto 48 945 172 osób (+0.01%) z czego na wiedeńskiej kolei miastowej 32 490 582, tobołów podróźnych 25 380 t (+11.3%), posyłek pospiesznych 121 986 t (+10.4%) i zwykłych 10 426 227 t (+4.14%).

Zwyczajne przychody wynosiły 504 195 681 K t. j. o 5.29% były wyższe od roku poprzedniego; z tego przypada 450 426 056 K za przewóz osób i towarów na liniach będących własnością państwa lub zarządzanych na rachunek państwa (+17 781 893 K =



=4.11%), a 51 208 457 K (+7 769 590 K=17.89%) na różne inne przychody.

Przychody z przewozu dają następujące pozycje:  
osoby . . . . . 106 164 789 K (+4.44%),  
toboły podróżne . . . . . 4 901 102 „ (+4.34 „),  
przesyłki pospieszne . . . . . 15 575 378 „ (+8.50 „),  
towary zwykle . . . . . 327 784 787 „ (+3.80 „).

Przeliczywszy na przeciętny km otrzymamy przychód z przewozu 42 359 K (+4.09%).

Zwyczajne wydatki w roku sprawozdawczym wyniosły 394 285 419 K i wzrosły o 10.76%. Ten nadzwyczajny rozchód spowodowały przedewszystkiem zwiększone wydatki na woźnictwo (+10 981 512 K), służbę warsztatową i utrzymanie taboru (+9 456 498), służbę stacyjną i jazdy (+6 395 236) i podatki (+2 473 301). Umniejszenie w wydatkach występuje tylko w dziale konserwacji linii (-6 678 311 K). — Z nadwyżki wydatków na kolei północnej, wynoszący 11 165 199 K, przypada 5 247 588 K na woźnictwo i warszaty, a pozostałość na inne działy.

Zwyzka przychodów nad wydatkami wynosi na r. 1908 95 853 914 K, t. j. na 1 km 9 014 K. W r. 1907 wynosiła zwyżka 115 375 570 K, na km 10 853 K, co wskazuje na spadek 16.94%. Na kolei północnej zwyżka wynosi 36 630 893 K.

Poprzednio wyszczególniony kapitał zakładowy kolei państwowych został w ten sposób w r. 1908 zwyżkami w dochodach oprocentowany na 2.45%, gdy w r. 1907 ten procent wynosił 3.07%.

Świadczenie państwa, do jakich ono jest zobowiązane za koleje państwowe i prywatne, zarządzane na rachunek państwa, przy kapitale zakładowym 3 918 605 445 K wynoszą za rok sprawozdawczy 173 917 750 K. Kryje je zwyżka przychodów nad wydatkami w kwocie 95 853 914 K, resztę zaś 78 063 856 K jako niedobór musi pokryć państwo.

W r. 1907 niedobór wynosił 55 477 388 K. W niedoborze za r. 1908 zawartych jest 17 423 170 K za umorzenie emisyjnych i pożyczkowych długów, a 12 020 255 na pokrycie podatków.

Chociaż w r. 1908 ruch na liniach kolei państwowych się wzmógł, ostateczny rezultat jest niekorzystny wskutek nadzwyczajnego wzrostu wydatków.

Personal kolei państwowych liczy sumarycznie 70 664 głów, w tem 11 000 urzędników, 13 000 podurzędników, 46 000 sług i strażników. Majątek licznych instytucji humanitarnych kolei państwowych wynosi 104 620 852 K, a ich wydatki w r. 1908 wynosiły 28 156 796 K.

Organizacja kolei państwowych ma w całości charakter centralistyczny. Cały zarząd i kontrola spoczywają w ręku ministerstwa kolejowego, któremu podporządkowane są poszczególne dyrekcje kolei państwowych z siedzibami w: (wedle *Almanach der k. k. öst. Staatsbahnen 1909/1910*)

Wiedniu 1. . . . .	obejmującą sieć dróg, liczącą 945 km
„ 2 (kolej północna) „ . . . . .	1544 „
Lincu . . . . .	1144 „
Insbruku . . . . .	858 „
Willach . . . . .	1006 „

Tryeście . . . . .	„ „ „	1018 km
Pilźnie . . . . .	„ „ „	1535 „
Pradze . . . . .	„ „ „	2147 „
Ołomuńcu . . . . .	„ „ „	687 „
Krakowie . . . . .	„ „ „	1206 „
Lwowie . . . . .	„ „ „	1493 „
Stanisławowie . . . . .	„ „ „	1160 „
Czerniowcach (kierowni-	ctwo ruchu) . . . . .	552 „

W obrębie Galicyi i Bukowiny było nadto czynne jedno kierownictwo budowy we Lwowie, jedna ekspozytura trasowania w Jasle i jeden nadzór budowy w Czerniowcach.

Służba konserwacji istniejących linii i przeprowadzanych na nich budowli spoczywała w ręku 60-ciu sekcji lub równorzędnych urzędów. Nadto było czynnych 14 samodzielnych zarządów ogrzewalni, 5 głównych warsztatów, 6 materiałowych magazynów i urzędy ruchu lub stacyjne na każdej z poszczególnych stacji.

A. W. Krüger.

## ROZMAITOŚCI.

— Ruch na kanale Suezkim w r. 1908. Z powodu zastoju handlowego na całym globie ziemskim, wykazuje statystyka kanału Suezkiego za r. 1908 także spadek co do liczby parowców. Gdy w r. 1907 przeszło przez kanał 4267 parowców o pojemności 14 728 434 ton, w r. 1908 przepłynęło przez kanał tylko 3795 parowców o pojemności 13 633 283 ton. Z tej liczby 3795 okrętów było 2762 zwykłych towarowych, 947 pocztowych, a 86 wojennych. W należnościach uiszczono 108 413 410 franków, zatem o 7 586 686 f. mniej niż w roku poprzednim.

Pośród flotyli, dążącej przez kanał pierwszeństwo zajmuje Wielka Brytania z 2233 okrętami i 8 302 802 tonami. Pod flagą niemiecką przepłynęło 584 okrętów z 2 310 507 t, francuską 242 okrętów z 743 980 t, austriacko-węgierską 107 parowców z 387 546 t, japońską 69 okrętów z 286 456 t, rossyjską 81 okrętów z 251 820 t, włoską 83 parowców z 189 543 t, a reszta rozdzielała się między Danię, Hiszpanię, Turcyę, Stany Zjednoczone P. A., Grecyę, Portugaliją, Brazylię i Siam.

Ubytek w żegludze występuje na pierwszym planie w Wielkiej Brytanii, gdyż mniej o 418 parowców angielskich z 1 193 066 ton przepłynęło przez Suez, poczem idą Austro-Węgry z 22 parowcami i 52 451 tonami i Włochy z 3 okrętami i 12 569 tonami. Natomiast wzrósł ruch okrętów holenderskich o 23 statki i 111 891 ton, niemieckich o 4 statki i 56 856 ton, francuskich i rossyjskich. Liczba jadących osób w r. 1908 wynosiła 218 785 w stosunku do 243 580 głów z r. 1907. Z jadących było 110 736 (w r. 1907: 105 092) cywilnych podróżnych, 71 917 (84 033) wojskowych a 36 132 (54 455) pielgrzymów, emigrantów i zesłańców.

W r. 1908 przy pogłębianiu kanału wydobyto 13 300 000 m<sup>3</sup> ziemi; w przyszłości podeszwa kanału ma być 45 m szeroką, a głębokość wyniesie 11 m.

Kr.

## ZWYCZAJNE WALNE ZGROMADZENIE

członków Towarzystwa Politechnicznego odbędzie się **we środę dnia 9 marca 1910**, początek o godzinie **6-tej wieczorem** w lokalu Towarzystwa, przy ul. Zimorowicza l. 9.

Porządek dzienny zostanie później ogłoszony.

Wnioski członków na W. Zgromadzenie mają być według §. 15-go statutu zgłoszone pisemnie do Wydziału głównego najpóźniej do 9 lutego b. r.

K. Drewnowski, m. p.  
sekretarz.

W. Rawski, m. p.  
prezes.