

# PRZEGLĄD TECHNICZNY

TYGODNIK POŚWIĘCONY SPRAWOM TECHNIKI I PRZEMYSŁU.

## TRESC:

Zasady konstrukcyjne najmocniejszego silnika Diesla w Polsce, nap. Inż. Dr. L. Eberman, Profesor Politechniki Lwowskiej.  
 Obliczenie pomostu współpracującego, nap. Dr. Inż. St. Bryła, Profesor Politechniki Lwowskiej.  
 Rola krzemu w układzie Fe — C, nap. Inż.-metalurg M. Dubowicki, Kraków, Akademia Górnicza.  
 Przegląd pism technicznych.  
 Sprawozdania i prace Polskiego Komitetu Energetycznego.

## SOMMAIRE:

Principes de la construction du moteur Diesel le plus puissant en Pologne, par M. L. Eberman, Dr., Professeur à l'Ecole Polytechnique de Lwów.  
 Calcul du tablier d'un pont, par M. St. Bryła, Dr., Professeur à l'Ecole Polytechnique de Lwów.  
 Le rôle du silicium dans le système Fe — C (à suivre), par M. M. Dubowicki, Ingénieur diplômé.  
 Revue documentaire.  
 Bulletin du Comité Polonais de l'Energie.

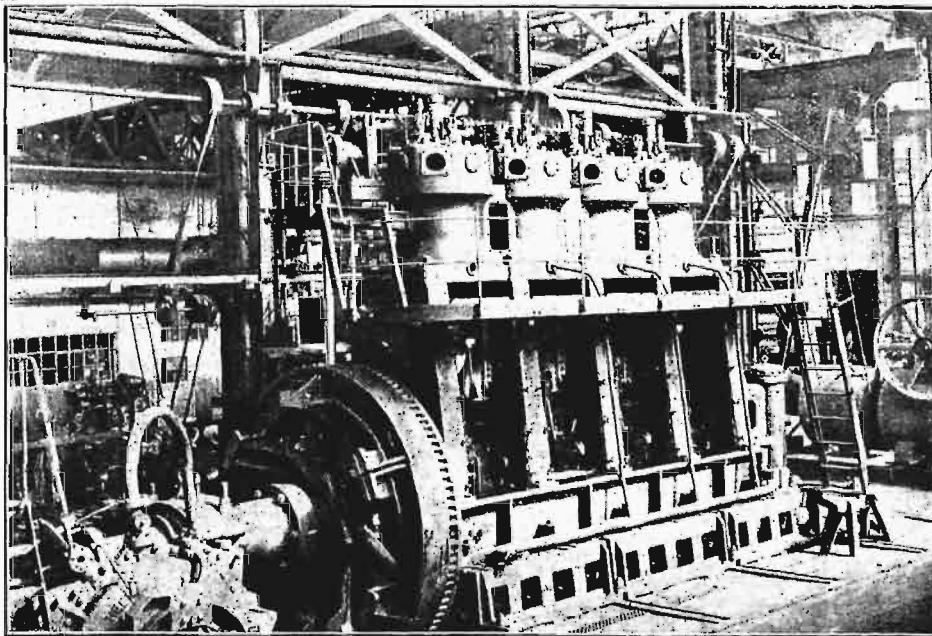
## Zasady konstrukcyjne najmocniejszego silnika Diesla w Polsce <sup>\*) VII-689</sup>

Napisał Inż. Dr. L. Eberman, Profesor Politechniki Lwowskiej.

Największy silnik Diesla na świecie jest, jak wiadomo, ustawiony w elektrowni hamburskiej i daje 15 000 KM<sub>e</sub>. Silnik, którego konstrukcję mam przedstawić, jest w porównaniu z tym i innymi silnikami zagranicznymi tak niewielki, że moc jego, 1080 KM<sub>e</sub>, nie mogła być dostatecznym powodem do wygłoszenia tego referatu. Skłania mnie do tego inna przyczyna, a mianowicie uwaga Ode-  
 wy Zjazdowej, dotycząca poziomu konstrukcyjnych u nas i polegania naszego przemysłu na obcych licencjach. Nie mogąc tego zarzutu odeprzeć w ogólności — bo rzeczywiście nasze fabryki maszyn w bardzo licznych wypadkach pracują według zagranicznych licencji, — pragnę wykazać na przykładzie, że bywają wyjątki od tej — jeżeli tak można powiedzieć — zasady, że i u nas konstruuje się samo-

dzielnie, a fabryki zagraniczne nabywają licencje na konstrukcje polskie.

Nazwałem silnik ten „najmocniejszym” a nie, jakby się to zwykle mówiło, „największym” w Polsce, bo być może, że znajdzie się w Polsce silnik o większych wymiarach zewnętrznych, ale mniejszej mocy.



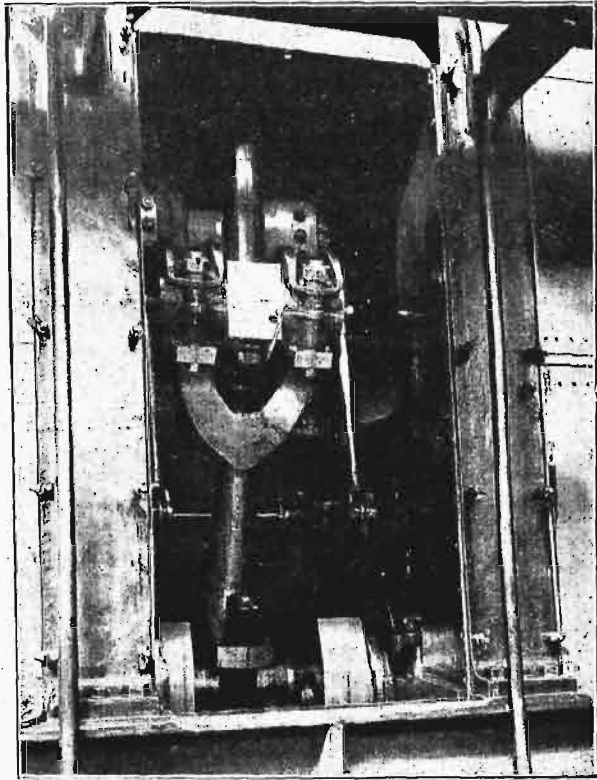
Rys. 1. Widok silnika 4-cyl. o mocy 1080 KM podczas montażu.

Zasadnicze wymiary silnika są: średnica cylindrów 600 mm, ilość cylindrów 4, ilość obrotów 214 obr./min. Waga maszyny z wszelkimi dodatkami, jak zbiorniki powietrza wstrzykowego i rozruchowego, chłodnica, filtry i zbiornik i t. d., ale bez koła zamachowego, wynosi około 72 t, a więc zaledwie 67 kg/KM<sub>e</sub>.

Rys. 1 przedstawia silnik w montażu; brak jeszcze niektórych części, zwłaszcza przewodu wyłotowego i innych rurociągów, tak że główne części konstrukcyjne, rama podstawowa, stojaki i cylindry są lepiej widoczne. Rys. 2 obrazuje mechanizm korbowy po zdjęciu pokrywy okiennej; widać z góry trzon, łączący tłok z wodzikim (krzy-

\*) Wzgl. Referat, wygłoszony na III Zjeździe Inżynierów Mechaników, że w Warszawie, w marcu r. b.

żulcem), wozdżik, korbówód, rozwidłony przy wozdżiku, i część wału korbowego. Należy uzasadnić zastosowanie konstrukcji wozdżikowej: tłoki nuro-



Rys. 2. Mechanizm korbowy.

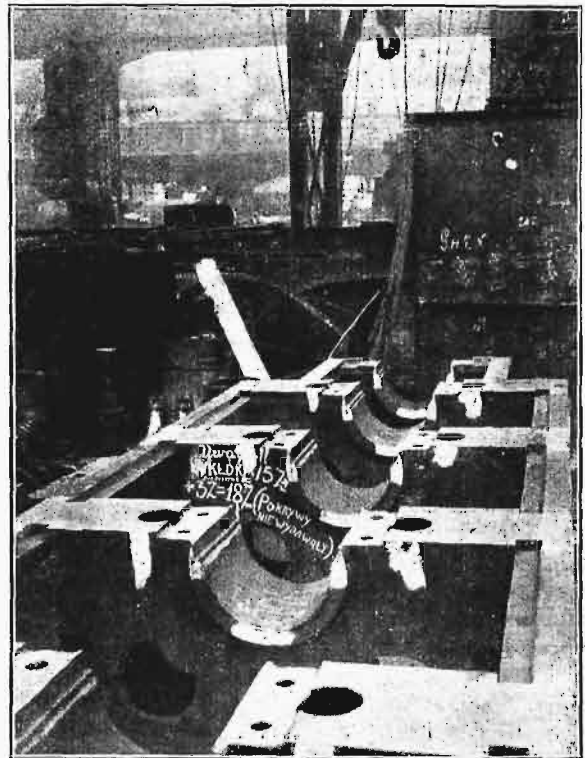
we, przenoszące znaczne i zmienne siły poprzeczne na gładź cylindra, znajdują się zawsze na granicy pomiędzy „stukaniem” a „zatarciem”. Jeżeli luz jest cokolwiek za wielki, o kilka setnych milimetra, tłok stukają, co może nie jest zbyt szkodliwe, ale bywa przez odbiorców źle widziane i za wadę silnika poczytywane. Jeżeli zaś luz jest za mały, tłok łatwo ulega zatarciu. Im średnica tłoka większa, tem bardziej te granice się do siebie zbliżają, a od pewnej wielkości wprost na siebie zachodzą, t. zn. mimo luzu tak wielkiego, że tłoki stukają, grozi niebezpieczeństwo zatarcia. Pochodzi to stąd, że przy tworach geometrycznie podobnych, a więc przy tłokach, których długości, grubości ścianek i t. d. są proporcjonalne do średnicy, odkształcenia przy równych natężeniach i równych różnicach temperatur są proporcjonalne do wymiarów liniowych, a więc np. do średnicy tłoka. Powstają z tego powodu po stronie tłoka, przenoszącej siłę poprzeczną, zbyt wielkie różnice grubości warstewki oliwy, rozkład nacisków staje się bardzo niejednostajny i następuje zatarcie w tych miejscach, w których oliwa z powodu zbyt wielkiego nacisku, albo z powodu zbyt wielkiego luzu w miejscach sąsiednich utrzymać się nie może.

Trudności te usuwa radykalnie zastosowanie wozdżika, zarazem uwalnia fabrykę od wielkich trudności i kosztów, połączonych z nader precyzyjnym wykonaniem większych tłoków nurowych. Natomiast zazwyczaj maszyna wozdżikowa jest cięższa i droższa od maszyny tej samej wielkości z tłokami nurowymi; należało to skompensować jaknajdalej przez konstrukcję oszczędną tak co

do ilości i jakości materiału, jak i co do robocizny. Pod tem rozumiem nie tylko obniżenie teoretycznej liczby godzin pracy, np. przez zmniejszenie powierzchni obrabianych, ale także uproszczenia konstrukcyjne i ułatwienia obróbki i montażu, przez co się zmniejsza możność odpadu, zapobiega nieprzewidzianym powtórzeniom różnych czynności, zwłaszcza przy montażu, i t. p.

Na ramie podstawowej, odlanej w jednej sztuce (rys. 3), stoi 5 stojaków o kształcie litery A, z których jeden przedstawia rys. 4 podczas frezowania. Na tych stojakach spoczywa blok cylindrowy (rys. 1 i 5), ale stojaki nie przenoszą sił tłokowych z cylindrów na ramę podstawową, tylko są odciążone zapomocą cięgieł stalowych, których nakrętki widać na rys. 1. Na rys. 4 można zauważyć otwory, przez które te cięgiła przechodzą. Mogłoby się здаwać, że konstrukcja, w której siły główne przenosi się zapomocą cięgieł, a stojaki nie są w tym celu wyzyskane, musi być ciężką.

W rzeczywistości rzecz ma się odwrotnie, a tłumaczy się to w sposób następujący: Gdyby siły przenosiły się tylko przez stojaki, o ich przekroju — pomijawszy niepewność żeliwa — decydowałyby nie naprężenia dopuszczalne, tylko odkształcenia w chwili największego ciśnienia w cylindrze; dla uzyskania niezbyt wielkich wydłużeń, musiałoby się zastosować wielkie grubości ścianek, a więc stojaki bardzo ciężkie. Podobnie rzeczby się miała, gdyby się przenosiło siły tylko zapomocą

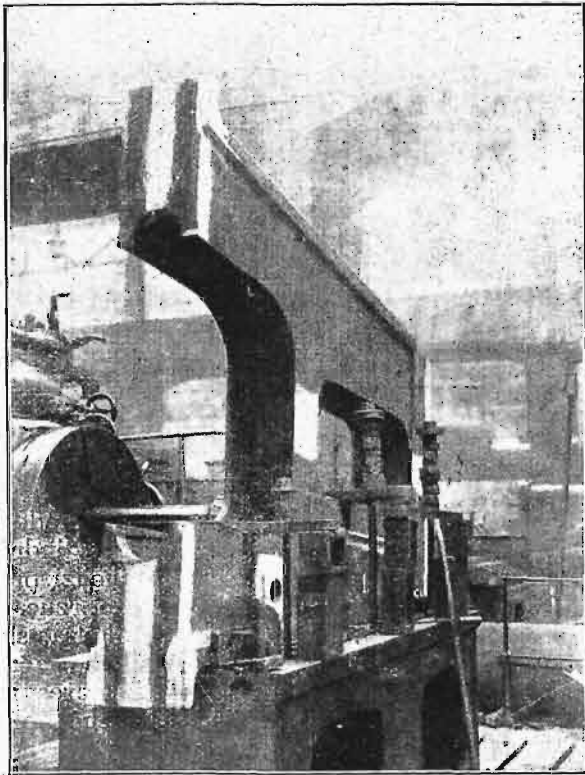


Rys. 3. Rama podstawowa.

ciągieł, jak to bywało w ustrojach lekkich maszyn parowych, np. na torpedowcach. Sztywność tych maszyn była bardzo mała. Natomiast kombinacja cięgieł stalowych ze stojakami żeliwnymi daje bardzo małe odkształcenia przy wielkiej oszczędności materiału. Montażowe dociskanie cięgieł wywołuje naprężenia ściskające

1,270  
0,4440

kach; podczas sprężania i spalania cięgła wydłużają się jeszcze cokolwiek, ale przez to zmniejszają się natychmiast reakcje stojaków; wskutek te-



Rys. 4. Jeden ze stojaków podczas frezowania.

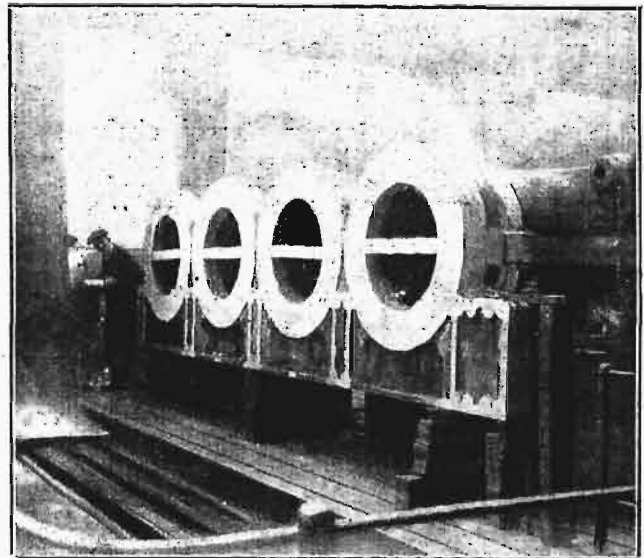
go dodatkowe odkształcenia cięgła są mimo dość wysokich nateżeń bardzo małe. Stojaki, nie podlegając ciągnieniu, mogą otrzymać małe grubości ścianek, z drugiej strony mała ich szerokość w kierunku osi wału korbowego ułatwia wykonanie cienkościennego odlewu. Obróbka stojaków jest bardzo tania i nie wymaga większej dokładności, z wyjątkiem utrzymania równoległości górnej i dolnej płaszczyzny i równej wysokości wszystkich stojaków; łatwo to osiągnąć, frezując albo strugając wszystkie stojaki, do jednej maszyny należące, razem. Stojaki wolne są od wszelkich wystających powierzchni obrabianych, wszystkie powierzchnie obrabiane leżą w 4 płaszczyznach: górnej i dolnej oraz dwóch pionowych, prostopadłych do osi wału korbowego.

Zastosowanie cięgła jest także bardzo korzystne dla konstrukcji ramy podstawowej. Z rys. 3 widać, jak blisko łożysk głównych przechodzą cięgła; siły przez nie przenoszone i reakcje łożyskowe równoważą się przy bardzo małych ramionach momentu zginającego. Zginaniu przez siły tłokowe ulegają właściwie tylko części ramy w bezpośrednim sąsiedztwie łożysk, dalsze części ramy służą tylko do nadania maszynie dostatecznej sztywności na działanie sił masowych i do chwytania i zbierania oliwy, wypływającej z łożysk i wodzików. Grubości ścianek ramy są przeto podyktowane jedynie względami odlewniczymi.

Cylindry są odlane w jednym bloku (rys. 5), tuleje są oczywiście wstawione i wymienne. Względy odlewnicze dają już takie grubości ścianek, że nateżenia, wywołane siłami tłokowymi, są

niewielkie; nie było więc potrzeby przeprowadzenia cięgła aż do górnej krawędzi cylindrów, tylko zakończono je nakrętkami, jak widać na rys. 1, na dostatecznie mocnych nadlewkach bloku cylindrowego. Zmniejsza to wydatnie wysokość montażową maszyny; wysokość haka żorawia do montowania cylindrów po osadzeniu cięgła nie jest większa, niż wysokość potrzebna do wyciągnięcia i wpuszczania tłoka do cylindra. Przez podział bloku cylindrowego na 4 pojedyncze cylindry, albo 2 pary cylindrów, możnaby było zmniejszyć grubość ścianek odlewu, ale połączenie cylindrów między sobą śrubami, konieczne dla uzyskania dostatecznej sztywności maszyny, kosztowałoby znacznie więcej, niżby wynosiła oszczędność na materiale. Poza to przy podziale bloku cylindrowego w osi cięgła powstałaby niepewność, czy nakrętka cięgła do obu części bloku dobrze przylega; dla uzyskania dokładnie równej wysokości tej płaszczyzny przylegania, musiałoby się prawdopodobnie obrabiać tę płaszczyznę po złączeniu bloku, co znowu komplikuje i podraża fabrykację.

Pomiędzy dwoma stojakami znajdują się wozidła, przedstawione na rys. 6. Są one w taki sposób przymocowane do stojaków, że można je w celu dokładnego ustawienia względem osi wału korbowego i osi cylindra przesuwac przy montażu w każdym kierunku; powierzchnie stojaków, do których wozidła są przymocowane za pośrednictwem lanych kątovek, nie muszą być ani dokładnie równoległe, ani znajdować się w pewnej dokładnie dotrzymanej odległości od siebie. Aby gładzie, po których biegają wozidki płaskie, wylane białym metalem, odkształcały się jak najmniej, wozidła są usztywnione nie zapomocą zwykłych żeber, tylko żebrami podłużnymi i poprzecznymi o przekroju T, rys. 6. Chłodzenia wodą nie za-



Rys. 5. Blok cylindrowy.

stosowałem, ponieważ oliwa smarująca aż nadto wystarcza do odprowadzenia wytworzonego przez tarcie ciepła.

Wozidki składają się z równoległościanu z twardej stali, zakończonego dwoma czopami (rys. 2) i z trzewika z odlewu stalowego, wylanego białym metalem. Czopy te objęte są łożyskami roz-



skutecznie ich zużyciu w dławikach i ewentualnemu zawiśnięciu.

Wyżej wymieniona przegroda zapobiega także spływaniu oliwy z cylindrów do komory korbowej i ramy podstawowej. Oliwa ta, pochodząca ze smarowania tłoków, zawiera zawsze cząstkę koksu i t. p. i zanieczyszczałaby oliwę obiegową zmuszając od czasu do czasu do jej wymiany, jak to bywa przy silnikach z tłokami nurowymi. Tutaj wymiana taka może się odbywać znacznie rzadziej.

Montaż maszyny jest bardzo łatwy. Zaczynając od strony koła zamachowego, ustawia się stojaki na ramie podstawowej równolegle i w różnych odstępach. Między ostatnim stojakiem a podstawą sprężarki pozostaje szpara, prostymi środkami uszczelniona, tak że podstawę sprężarki można, niezależnie od położenia sąsiedniego stojaka, ustawić tak, aby jej płaszczyzna czołowa była zgodna z płaszczyzną czołową ramy podstawowej, co jest konieczne dla

uzyskania szczelności i dla umocowania pudła regulatora. W ten sposób zapobiega się potrzebie kosztownego dopasowania tych płaszczyzn przez wspólną obróbkę na frezarce albo przez piłowanie ręczne. Do montowania wodzideł został obmyślony i skonstruowa-

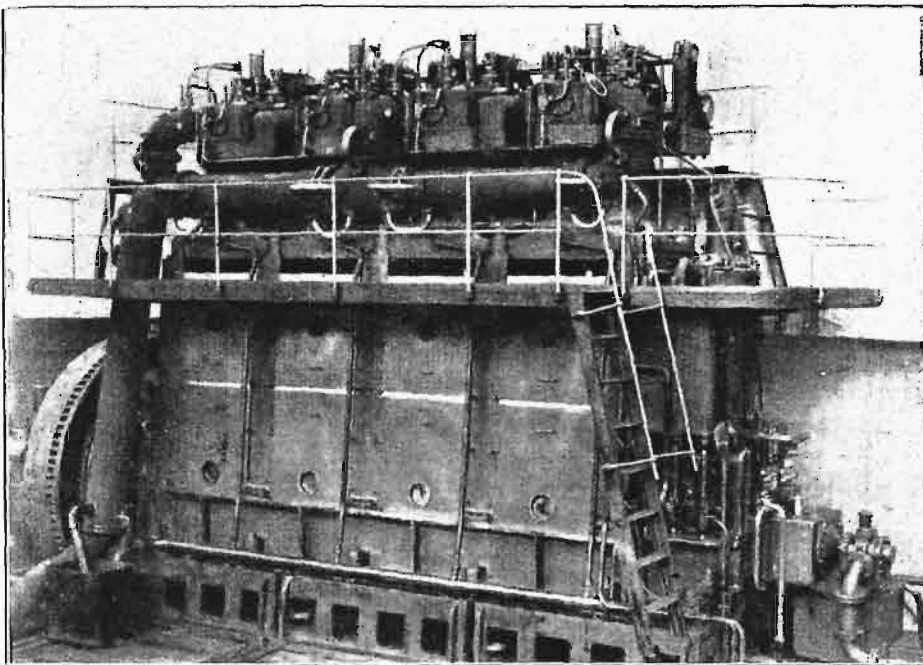
ny osobny przyrząd mierniczy, zapewniający łatwą robotę i jak największą dokładność.

Maszyna ze smarowaniem obiegiem musi być szczelnie zamknięta, aby zapobiec rozpryskiwaniu oliwy i uchodzeniu oparów rozpylonej oliwy, przez co zanieczyszczałoby się maszynownię, prądnice elektryczne i t. d. Z drugiej strony, wnętrze maszyny, zwłaszcza układ korbowy, powinno być łatwo dostępne, t. j. komora korbową powinna być zaopatrzona w wielkie otwory (okna), a pokrywy tychże powinny się dać zdjąć łatwo i w krótkim czasie. Oba te żądania trudno pogodzić. Jeżeli bowiem pokrywy mają być wielkie i równocześnie szczelne, to muszą być sztywne i ciężkie, oraz przymocowane wielką ilością śrub dla uzyskania szczelności, a wtedy zdjęcie ich musi trwać stosunkowo długo. Trudności te ominąłem w sposób następujący: przykrywy są lekkie i duże (rys. 8), ale nie są szczelne w ścisłym tego słowa znaczeniu, tylko są tak skonstruowane i przymocowane do stojaków i ramy, że krople oliwy, któreby się

wydostały nazewnątrz, muszą spłynąć z powrotem do wnętrza komory korbowej — podobnie jak dach z dachówek ułożonych na sucho nie jest szczelny, a jednak deszczu nie przepuszcza. Wydostawaniu się oparów zapobiega wentylacja przez odpowiednie połączenie przewodu ssącego z komorą korbową, przez co powstaje w niej lekka depresja.

Wszystkie organa, które należy obsługiwać podczas rozruchu i przy zatrzymaniu maszyny, są dostępne z wysokości podłogi maszynowni; podczas ruchu zaś maszyna, poza regulowaniem przepływu wody i napełnianiem smarownic dźwigni stawidłowych, obsługi nie wymaga, i tylko do tych czynności potrzebne jest wyjście na pomosty, widoczne na rys. 8. Wszystkie urządzenia pomocnicze skoncentrowane są w pobliżu sprężarki i mogą być kontrolowane lub obsługiwane z wysokości podłogi. Na rys. 7, na prawo na dole, widać

pompę trybową dla oliwy, przymocowaną do pudła regulatora, a na niej zawór przelewowy do regulowania ciśnienia oliwy chłodzącej, u góry widać pompkę paliwową z 4 tłoczkami, a na prawo od niej elektryczny przyrząd do zmiany ilości obrotów. Na lewo od korpusu pompy znajduje się naczynie pływaka do utrzymania stałego po-



Rys. 8. Widok silnika całkowicie zmontowanego.

ziomu paliwa, a pod nim wyżej opisany automat do zatrzymania maszyny na wypadek spadku ciśnienia oliwy.

Na końcu należy się zastanowić nad pytaniem, którego postawienie na tem miejscu wywoła może w pierwszej chwili zdziwienie, a mianowicie, czy warto u nas konstruować silniki Diesla tak „wysokiej klasy”, jak opisany powyżej. Maszyny konstruuje się przeważnie po to, aby zostały sprzedane, a doświadczenie ostatnich kilku lat dowodzi, że łatwiej u nas sprzedać maszyny gorszej jakości, byle tania, niż maszynę bliską doskonałości, ale cokolwiek droższą. W walce konkurencyjnej, przy przetargach, decydują przedewszystkiem cena i warunki płatności, pozatem marka o wartości nieraz urojonej, stosunki osobiste i t. p., ale prawie nigdy własności techniczne oferowanych silników. Tłumaczy się to może niskim poziomem kultury technicznej; nawet w wypadkach, w których do oceny ofert bywali wzywani rzeczoznawcy, ci albo nie znali się dość gruntownie na właściwościach silników Dies-

la, albo nie mogli w decydujących osobistościach wzbudzić dostatecznego zrozumienia dla ważności różnic konstrukcyjnych. A przecież najlepsza maszyna jest dla odbiorcy prawie zawsze i najtańszą!

Jako konstruktor opisanego silnika, starałem się wybrnąć z tego dylematu, konstruując maszynę możliwie doskonałą, a przytem możliwie taną i łatwą w fabrykacji.

## Obliczenie pomostu współpracującego.

Napisał Stefan Bryła.

**P**ołączenie podłużnic z poprzecznicami zapewnia zawsze współpracę pomostu, tem samem zaś ciągłość podłużnic. Współpraca ta występuje jednak w różnych konstrukcjach w różny sposób: w mostach nitowanych polegać na niej nie można, ze względu na niezupełną bezpośredniość połączeń (należy nadto pamiętać, że największe osłabienie podłużnic występuje tu na podporach). Natomiast można i należy ją uwzględnić przy obliczeniu mostów żelbetowych i żelaznych spawanych, których pomost jest „współpracujący” w bezporównania większym stopniu; dzięki rodzajowi połączeń, system podłużnic i poprzecznic, a nawet belek głównych, stanowi tu bowiem całość monolitową, „współpracującą”. I tu jednak nie można obliczać podłużnic jako zwyczajne belki ciągłe; podpory ich bowiem poddają się sprężystości, i to wskutek ugięcia nie tylko poprzecznic, ale także i belek głównych. Podatność zatem podpór podłużnicy jest zmienna i rośnie ku środkowi mostu. Pozatem poprzecznice stawiają opór sprężysty obrotowi podłużnic, który również jest zmienny, t. j. inny dla każdej podłużnicy i maleje ku środkowi poprzecznic.

Dokładne uwzględnienie wszystkich tych czynników byłoby bardzo żmudne, a nawet wręcz niewykonalne w praktyce. O ile sprężysty opór obrotowy poprzecznic, jako korzystny, można zaniedbać, to poddawalność linjową (pionową), jako niekorzystną dla podłużnicy, należy w jej obliczeniu uwzględnić. Bleich<sup>1)</sup> radzi obliczać podłużnice pomimo ich ciągłości jako belki wolno podparte o rozpiętości równej odstępowi poprzecznic, wykazując, że zwiększenie momentu dodatniego wskutek ugięcia poprzecznic może niekiedy zupełnie zniweczyć korzystny moment ujemny na podporach. Z tego powodu należy w mostach drogowych obliczać podłużnice według wzorów i tablic podanych w moim artykule p. t. „Największe momenty i siły poprzeczne mostów drogowych”<sup>2)</sup>, o ile pomost zapewnia współpracę podłużnic (np. pomost żelbetowy, płyta żelbetowa), w przeciwnym zaś przypadku podług wzorów podanych w artykule dr. inż. Chmielowca: „Największe momenty i siły poprzeczne drewnianych mostów drogowych”<sup>3)</sup>.

W tym ostatnim przypadku, o ile rozpiętość podłużnicy  $a$  jest mniejsza od  $3 m$  (lub tylko nieznacznie większa, np.  $a < 3,5 m$ ) zaś odstęp podłużnic nie przekracza  $1,40 m$ , można moment zgięcia obliczyć przyjmując nacisk tylnego koła walca  $P$  (dla I klasy  $P = 6 t$ , dla II kl.  $P = 0,8 \cdot 6 = 4,8 t$ , dla III kl.  $P = 0,4 \cdot 6 = 2,4 t$ ) w środku rozpiętości, zatem według wzoru  $M = \frac{1}{4} a P$ .

Natomiast korzystnie wpływa ciągłość podłużnic na poprzecznice. Zmusza je bowiem do współpracy tak, iż poprzecznicę, nad którą pewien ciężar się znajduje, dźwiga tylko część tego ciężaru, resztę dźwigają poprzecznice sąsiednie i dalsze. Również ciężar, znajdujący się pomiędzy dwiema poprzecznicami, dźwigają nie tylko te dwie poprzecznice, ale także poprzecznice dalsze, chociaż w mniejszym stopniu.

Przy obciążeniu równoczesnem wszystkich, albo choćby tylko kilku sąsiednich poprzecznic, ciągłość i sztywność podłużnic nie daje żadnej korzyści, albo tylko minimalną. Dana bowiem poprzecznicę dźwiga wprawdzie tylko część ciężaru, znajdującego się nad nią, ale dźwiga również część ciężarów, znajdujących się nad innymi poprzecznicami, jest więc obciążona tak samo, jak gdyby współdziałania nie było. Odnosi się to przede wszystkim do ciężaru stałego (ciężar własny pomostu), jednak w bardzo dużym przybliżeniu przypadek ten zachodzi również w mostach kolejowych (długi szereg ciężarów skupionych).

W mostach drogowych również może zająć przypadek równoczesnego obciążenia kilku sąsiednich poprzecznic szeregiem wozów ciężarowych. Jednakże znacznie korzystniejsze dla poprzecznic jest obciążenie tłumem ludzi i walcem parowym, t. j. dwoma tylko ciężarami skupionymi, jak tego wymagają najnowsze przepisy polskie<sup>4)</sup>. W tym przypadku uwzględnienie współpracy poprzecznic prowadzi do oszczędności w ich materjale i daje pod tym względem np. mostom spawanym wyższość nad nitowanymi. Oszczędność zaś ta jest tem ważniejsza, że ze względu na schemat obciążeń obliczeniowych poprzecznice obciążone są zbyt wysoko, co w rezultacie wpływa niekorzystnie na ich wymiary; wszelkie zatem ich odciążenie należy możliwie uwzględnić.

Przepisy polskie wprowadzają ciężar zasadniczy, t. j. obciążenie, przypadające na pas jezdni o szerokości  $2,5 m$ . Składa się ono z walca parowego — o dwu osiach, których rozstaw wynosi  $3 m$ ; przyczem przednia oś przenosi nacisk  $8 t$ , tylna zaś  $12 t$  — i tłumem ludzi  $p = 500 \text{ kg/m}^2$ , przed i za walcem w odległości  $1,5 m$  od obu osi. Na pas jezdni o szerokości  $1 m$  przypada tedy nacisk osi tylnej

$$P_1' = 12 t : 2,5 = 4,8 t,$$

oraz nacisk osi przedniej

$$P_2' = 8 t : 2,5 = 3,2 t,$$

wreszcie ciężar tłumem ludzi  $p = 0,5 t/m$ .

Jeżeli szerokość jezdni  $b_j > 5 m$ , to powyższe trzy

<sup>1)</sup> Bleich. Theorie und Berechnung der eisernen Brücken. Berlin 1924.

<sup>2)</sup> Przegląd Techniczny, 1926.

<sup>3)</sup> Czasopismo Techniczne, 1928.

<sup>4)</sup> Przepisy o budowie i utrzymaniu mostów drogowych, wydane przez Min. Robót Publ. dn. 8.XI. 1925. Nr. XIII — 1386.

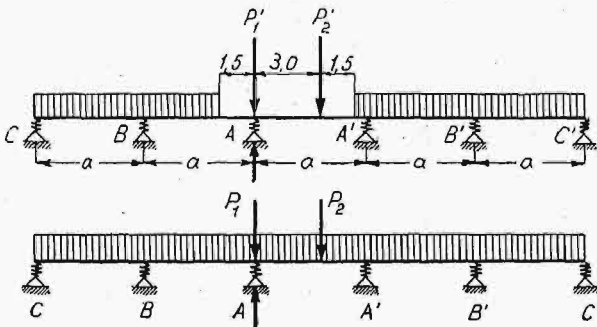
wartości należy pomnożyć przez współczynnik zmniejszający

$$\mu = \frac{1}{2} \left( \frac{5m}{b_j} + 1 \right)$$

Udział, jaki biorą poprzecznicę w dźwiganie pewnego ciężaru, maleje szybko w miarę, jak ciężar przechodzi kolejno na coraz to dalsze poprzecznicę, oddalając się od poprzecznicę badanej. Wpływ tedy poprzecznic dalszych aniżeli trzecia na obciążenie poprzecznicę bezpośrednio obciążonej, względnie na obciążenie dwu sąsiednich poprzecznic, pomiędzy którymi ciężar się znajduje, jest znikomą mały. Zaniebując go, popełniamy bardzo nieznaczny błąd na korzyść pewności. Wystarczy więc badać reakcje środkowe belki ciągłej na sześciu podporach sprężystych, czyli belki pięcioprzęsłowej. Na długości równej połowie tej belki, t. j. w obrębie  $2\frac{1}{2}$  pól dźwigara głównego, różnica jego ugięcia w porównaniu z ugięciem poprzecznicę jest niewielka. Jeżeli ją (znowu na korzyść pewności) pominiemy, będziemy mieli belkę ciągłą na 6 podporach, o tym samym stopniu podatności sprężystej o 5 równych przęsłach.

Zadaniem naszym będzie znaleźć reakcje  $A$  w zależności od stosunku sztywności poprzecznicę do podłużnicę. Będziemy badać osobno wpływ tłumy ludzi i osobno wpływ każdego z ciężarów skupionych.

Łatwo zauważyć, że wedle polskich przepisów wpływ tłumy ludzi na reakcję  $A$  jest znacznie mniejszy od wpływu ciężarów skupionych. Jednak dokładne obliczenie wpływu obciążenia  $p$  jest w danym razie dużo zawilsze niż wpływu ciężarów  $P_1$



Rys. 1 i 2.

i  $P_2'$ . Można przecież uwzględnić tłum ludzi w sposób bardzo prosty i wystarczająco dokładny przy pomocy następującego rozważania. Dodajmy i odejmijmy ciężar jednostajny  $p$  na długości walca, t. j.  $6 m$ , to oczywiście reakcja  $A$  się nie zmieni. Dodawszy go otrzymamy belkę na całej długości jednostajnie obciążoną ciężarem  $p$  (rys. 2). Wtedy każda poprzecznicę dźwiga tłum ludzi na długości  $a$ , a zatem reakcja  $A$  wynosi

$$A_p = a - p.$$

Wpływ ciężaru  $p$  na długości 6 metrów możemy odjąć w przybliżeniu, zastępując jednostajny ciężar  $p \times 6 m$  dwoma ciężarami skupionymi

$$P_1'' = P_2'' = p \cdot 3 m = 1,5 t,$$

o które należy pomniejszyć ciężary  $P_1'$  i  $P_2'$ .

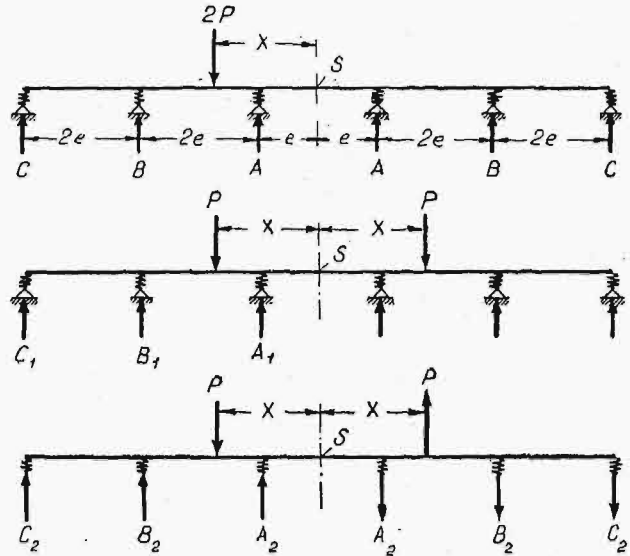
Pozostaje do obliczenia wpływ ciężarów skupionych (rys. 2).

$$P_1 = P_1' - P_1'' = 4,8 - 1,5 = 3,3 t,$$

$$P_2 = P_2' - P_2'' = 3,2 - 1,5 = 1,7 t.$$

Dla uproszczenia dalszych wywodów, nazwiemy ciężar skupiony  $2P$ , zaś odstęp poprzecznicę  $a = 2e$ .

Uwzględniając każdy ciężar skupiony oddzielnie, sprowadzamy zagadnienie do znalezienia reakcji  $A$  w belce (rys. 3) obciążonej w dowolnym miejscu ciężarem skupionym.



Rys. 3—5.

W zagadnieniu tem występuje 6 niewiadomych reakcji, a że mamy tylko dwa równania równowagi, zatem będziemy mieli układ hyperstatyczny 4-go stopnia, którego rozwiązanie wprost byłoby bardzo żmudne. Układ ten jednak można zastąpić dwoma układami, z których każdy zawiera tylko dwie niewiadome hyperstatyczne. Układ sił niesymetryczny (rys. 3) da się mianowicie rozłożyć na dwa układy, z których jeden jest symetryczny (rys. 4), drugi zaś odwrotnie symetryczny (rys. 5). W układzie symetrycznym reakcje symetryczne względem środka  $S$  są sobie równe, np.  $A_1 = A_1'$ . W układzie zaś odwrotnie symetrycznym reakcje symetryczne są równe, lecz przeciwnego znaku, np.  $A_2 = -A_2'$ . Przez superpozycję obu układów otrzymamy

$$A = A_1 + A_2,$$

$$A' = A_1' + A_2' = A_1 - A_2.$$

W ogólności siła  $2P$  może być przyłożona w dowolnym miejscu. Praktyczne jednak znaczenie mogą mieć tylko dwa przypadki:

1)  $x < e$ , czyli odstęp poprzecznicę  $a = 2e > 3 m$ , co z reguły zachodzi w mostach większych, np. w mostach kratowych.

2)  $3e > x > e$ , czyli  $1,5 m < a < 3 m$ , zwykle w mostach mniejszych.

Przypadku  $x > 3e$  rozpatrywać nie będziemy.

### I. Układ symetryczny.

Z powodu symetrii jest styczna linii ugięcia w środku  $S$  pozioma, zatem lewą połowę belki  $CS$  można uważać za utwierdzoną w  $S$ . Ugięcia mierzone od tej stycznej obliczymy przy pomocy wzorów (por. rys. 6):

$$6 E I \delta_w = Q w^2 (3u - w)$$

$$6 E I \delta_u = Q \cdot 2u^3$$

$$6 E I \delta_v = Q \cdot u^2 (2u + 3v).$$

Wprowadzimy wielkość niemianowana

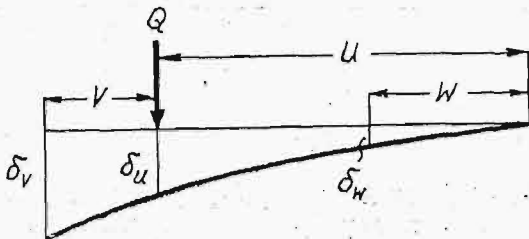
$$\xi = \frac{x}{e}; \dots \dots \dots (1)$$

wtedy otrzymamy:

1) Dla  $x < e$  (rys. 7): ugięcia  $\delta_a$ ,  $\delta_b$  i  $\delta_c$  wyrażą się równaniami:

$$\left. \begin{aligned} \frac{6EI}{e^3} \delta_c &= C \cdot 2.5^3 + B \cdot 3^3 (2.3 + 3.2) + A \cdot 1^2 (2.1 + 3.4) - P \xi^2 [2\xi + 3(5 - \xi)] = 250C + 108B + 14A - P \xi^2 (15 - \xi), \\ \frac{6EI}{e^3} \delta_b &= C \cdot 3^2 (3.5 - 3) + B \cdot 2.3^3 + A \cdot 1^2 (2.1 + 3.2) - P \xi^2 [2\xi + 3(3 - \xi)] = 108C + 54B + 8A - P \xi^2 (9 - \xi), \\ \frac{6EI}{e^3} \delta_a &= C \cdot 1^2 (3.5 - 1) + B \cdot 1^2 (3.3 - 1) + A \cdot 2.1^3 - P \xi^2 [2\xi + 3(1 - \xi)] = 14C + 8B + 2A - P \xi^2 (3 - \xi). \end{aligned} \right\} (2)$$

Jeżeli ugięcia poprzecznic w miejscu połączenia z podłużnicą wskutek działania w tym miejscu siły  $P = 1$  wynosi  $V$  (charakterystyka podat-



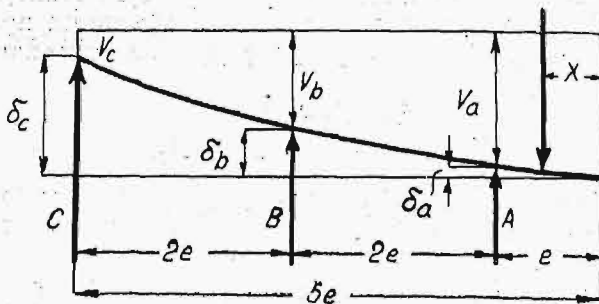
Rys. 6.

ności sprężystej), to sprężysta podatność podpór wyrazi się równaniami

$$\left. \begin{aligned} V_a &= AV \\ V_b &= BV \\ V_c &= CV \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (3)$$

Z rys. 5 wynika

$$\left. \begin{aligned} V_a &= V_c + \delta_c - \delta_u \\ V_b &= V_c + \delta_c - \delta_b \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (4)$$



Rys. 7.

Podstawiając (3) w (4) otrzymamy

$$\left. \begin{aligned} V(A - C) &= \delta_c - \delta_u \\ V(B - C) &= \delta_c - \delta_b \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (5)$$

Równanie równowagi sił pionowych brzmi

$$A + B + C = P,$$

zatem

$$\left. \begin{aligned} C &= P - A - B \\ A - C &= 2A + B - P \\ B - C &= A + 2B - P \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (6)$$

Dla skrócenia nazwiemy

$$\frac{3EI}{e^3} V = \varphi \dots \dots \dots (7)$$

Mnożąc równanie (2) przez  $V$  i odpowiednio je

odejmując, otrzymamy z uwagi na (5), (6) i (7), po uporządkowaniu względem  $A$  i  $B$ , układ równań:

$$\left. \begin{aligned} A(68 + \varphi) + B(44 + 2\varphi) &= P(71 + \varphi - 3\xi^2), \\ A(112 + 2\varphi) + B(68 + \varphi) &= P(118 + \varphi - 6\xi^2) \end{aligned} \right\} (8)$$

Stąd, z uwagi na znakowanie w systemie symetrycznym (rys. 4), otrzymamy:

$$A_1 = \alpha_1 P,$$

przyczem

$$\alpha_1 = \frac{364 + 141\varphi - \varphi^2 - (20 + 3\varphi)3\xi^2}{304 + 176\varphi + 3\varphi^2} = \frac{\lambda'_1}{\mu_1} \dots (9)$$

2) Dla  $3e > x > e$ , czyli  $3 > \xi > 1$  (rys. 2): W ostatnim z pośród równań (2) ostatni wyraz prawej strony przybierze postać

$$P(3\xi - 1),$$

wskutek czego w równ. (8) zamiast  $-6\xi^2$  będzie

$$-6\xi^2 + \frac{1}{2}(\xi - 1)^3,$$

więc licznik równania (9) zwiększy się o wyraz

$$\xi^3(22 + \varphi),$$

jeżeli nazwiemy (por. rys. 8)

$$\xi - 1 = \zeta$$

Zamiast (9) będzie zatem:

$$\alpha'_1 = \frac{364 + 141\varphi + \varphi^2 - (20 + 3\varphi)3\xi^2 + (22 + \varphi)\zeta^3}{304 + 176\varphi + 3\varphi^2} \dots (9a)$$

Dla  $\xi = 1$ , zarówno równanie (9), jak i (9a), dają tę samą wartość

$$A_1 = \frac{304 + 132\varphi + \varphi^2}{304 + 176\varphi + 3\varphi^2} P = \frac{\lambda_1}{\mu_1} P = \beta_1 P \dots (9b)$$

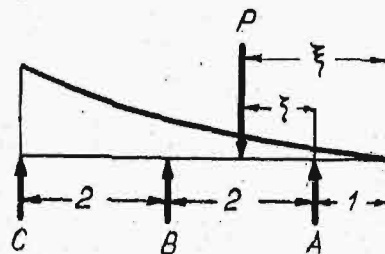
Dla  $\varphi = 0$  (podpory nie poddające się) jest oczywiście

$$A_1 = P.$$

Jeżeli belka jest nieskończenie sztywna, czyli  $\varphi = \infty$ , to dla dowolnej wartości  $\xi$  otrzymujemy, wedle 9 albo 9a,

$$A_1 = \frac{1}{3} P = B_1 = C_1,$$

t. j. równomierny rozkład ciężaru pomiędzy wszystkie podpory.



Rys. 8.

## II. Układ odwrotnie symetryczny (rys. 9).

Punkt środkowy belki  $S$  jest punktem przegięcia. Moment w  $S$  równa się zero, zatem, z uwagi na rys. (1):

$$P\xi = A + 3B + 5C \dots \dots \dots (10)$$

Z rys. 7 znajdziemy:

$$V_a = \delta_a + \frac{1}{5} V_b$$

$$V_b = \delta_b + \frac{3}{5} V_c$$

Stąd, z uwagi na (3) i (10), otrzymamy:

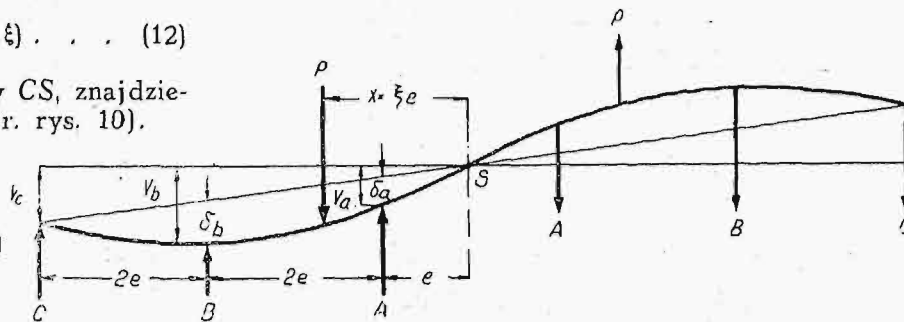


$$5 \delta_a = \frac{V}{5} (26A + 3B - P\xi) \dots (11)$$

$$5 \delta_b = \frac{V}{5} (3A + 34B - 3P\xi) \dots (12)$$

Ugięcia  $\delta_a$  i  $\delta_b$ , mierzone od cięciwy CS, znajdziemy według wzorów poniższych (por. rys. 10).

$$\left. \begin{aligned} 6EIL \delta_m &= u u' m (L + u' - \frac{m^2}{u}) Q \\ 6EIL \delta_{uu} &= 2u^3 u'^2 Q \\ 6EIL \delta^u &= u u' n (L + u - \frac{n^2}{u'}) Q \end{aligned} \right\} b)$$



Rys. 9.

1) Dla  $x < e$  będzie zatem:

$$\frac{6EI}{e^3} 5 \delta_a = P (5 - \xi) \xi \cdot 4 (5 + \xi - \frac{16}{5 - \xi}) - A \cdot 2 \cdot 16 \cdot 1 - B \cdot 2 \cdot 3 \cdot 1 (5 + 2 - \frac{1}{3}) =$$

$$\alpha'_2 = \frac{(18 + 3,4\varphi) [(5 - \xi) (8 - \zeta^2) + 0,4\xi\varphi] - (20 + 0,6\varphi) (21 - \xi^2 + 0,6\varphi) \xi}{176 + 272\varphi + 35\varphi^2} \dots (19a)$$

$$= 2 [P \xi^2 (9 - \xi^2) - 16A - 20B] \dots (13)$$

$$\frac{6EI}{e^3} 5 \delta_b = P (5 - \xi) \xi^2 (5 + \xi - \frac{4}{5 - \xi}) -$$

$$- A \cdot 4 \cdot 1 \cdot 2 (5 + 1 - \frac{4}{4}) - B \cdot 2 \cdot 4 \cdot 9 =$$

$$= 2 [P \xi (21 - \xi^2) - 20A - 36B] \dots (14)$$

Z uwagi na (7), otrzymamy z porównania (11) i (13):

$$\begin{aligned} P \xi^2 (9 - \xi^2) - 16A - 20B &= \\ = \frac{\varphi}{5} (26A + 3B - P\xi) \dots (15) \end{aligned}$$

Podobnie z porównania (12) i (14) wynika

$$\begin{aligned} P \xi (21 - \xi^2) - 20A - 36B &= \\ = \frac{\varphi}{5} (3A + 34B - 4P\xi) \dots (16) \end{aligned}$$

Po uporządkowaniu (15) i (16) względem A i B, otrzymamy:

$$\begin{aligned} A (40 + 13\varphi) + B (100 + 3\varphi) &= \\ = P \xi [10 (9 - \xi^2) + \varphi] \dots (17) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A (100 + 3\varphi) + B \cdot 2 (90 + 17\varphi) &= \\ = P \xi [5 (21 - \xi^2) + 3\varphi] \dots (18) \end{aligned}$$

Zastępując A przez  $A_2$ , z uwagi na znakowanie w systemie odwrotnie symetrycznym (rys. 5), otrzymamy

$$A_2 = \alpha_2 P,$$

przyczem

$$\alpha_2 = \frac{228 + 105\varphi + \varphi^2 - \xi^2 (52 + 13\varphi)}{176 + 272\varphi + 35\varphi^2} \xi = \frac{\lambda'_2}{\mu_2} \xi \dots (19)$$

2) Dla  $e < x < 3e$ , czyli  $1 < \xi < 3$  pierwszy wyraz prawej strony równ. (13) będzie

$$\begin{aligned} P (5 - \xi) \xi \cdot 1 [5 + (5 - \xi) - \frac{1^2}{\xi}] &= \\ = 2 (5 - \xi) [4\xi - \frac{1}{2} \zeta^2] P, \end{aligned}$$

przyczem

$$\zeta = \xi - 1.$$

Zatem wyraz wolny, t. j. prawa strona równania (17), przyjmie postać

$$P [(5 - \xi) (4\xi - \frac{1}{2} \zeta^2) 5 + \xi \varphi] ;$$

Wskutek tego zamiast (19) otrzymamy

$$\alpha_2 = \frac{(18 + 3,4\varphi) [(5 - \xi) (8 - \zeta^2) + 0,4\xi\varphi] - (20 + 0,6\varphi) (21 - \xi^2 + 0,6\varphi) \xi}{176 + 272\varphi + 35\varphi^2} \dots (19a)$$

Dla  $\xi = 1$ , czyli  $\zeta = 0$ , równania 19 i 19a dają tę samą wartość

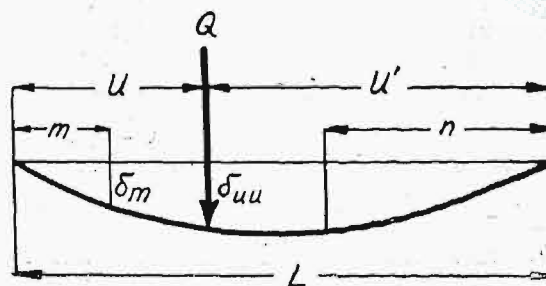
$$A_2 = \frac{176 + 92\varphi + \varphi^2}{176 + 272\varphi + 35\varphi^2} P = \frac{\lambda_2}{\mu_2} P = \beta_2 P \dots (19b)$$

Jeżeli także  $\varphi = 0$ , t. j. podpory są nieskończenie sztywne (nie poddające się), to oczywiście

$$A_2 = P.$$

Jeżeli zaś belka jest nieskończenie sztywna, a podatność podpór skończona, czyli  $\varphi = \infty$ , to zarówno (19), jak i (19a), dają

$$A_2 = \frac{1}{35} P \xi, \dots (20)$$



Rys. 10.

co jest zgodne z równaniem równowagi (10); wówczas bowiem (rys. 11) jest  $V_b = 3 \cdot V_a$ ,  $V_c = 5 V_a$  zatem wedle (3)  $B = 3A$ ,  $C = 5A$ , zaś  $Px = A_2 (e + 3 \cdot 3e + 5 \cdot 5e) = 35 Ae$ ,

$$\text{czyli} \quad A_2 = \frac{P \xi}{35}.$$

W zastosowaniu do poprzecznic, odnośnie do rys. 2, możemy reakcję A, przypadającą na szerokość jezdni 1 m, wyrazić:

$$A = ap + \frac{1}{2} P_1 \gamma_1 + \frac{1}{2} P_2 \gamma_2, \dots (20)$$

przyczem  $p = 0,5 t/m$ ,  $P_1 = 3,3 t$ ,

$$P_2 = 1,7 t, \frac{1}{2} P_2 = 0,85 t, \gamma_1 = \beta_1 + \beta_2.$$

Co do  $\gamma_2$ , należy rozróżnić 3 przypadki (rys. 12—14) w zależności od odstępów poprzecznic a:

1)  $a > 6m$  (rys. 12) (przypadek bardzo rzadki)

$$\gamma_2 = \alpha_1 + \alpha_2,$$

$$x = e - 3m, \xi = 1 - \frac{6m}{a};$$

2)  $3m < a < 6m$  (rys. 13) (przypadek najczęstszy w większych mostach)

$$\gamma_2 = \alpha_1 - \alpha_2,$$

$$x = 3m - e, \xi = \frac{6m}{a} - 1;$$

3)  $a < 3m$  (w mostach niewielkich)

$$\gamma_2 = \alpha_1' - \alpha_2', \xi = \frac{6m}{a} - 1, \text{ jak wyżej.}$$

Wartości  $\alpha_1, \alpha_1', \alpha_2, \alpha_2'$  por. równ. 9, 9a, 19, 19a.

Reakcja (A) z powodu siły  $P_1$  zmienia się bardzo mało, jeżeli zamiast belki 5-przęsłowej weźmiemy pod uwagę belkę 4-przęsłową (rys. 15). Wówczas wedle H. Lossier<sup>4)</sup>, który oblicza reakcje dla ciężaru stojącego nad daną poprzeczną w po-

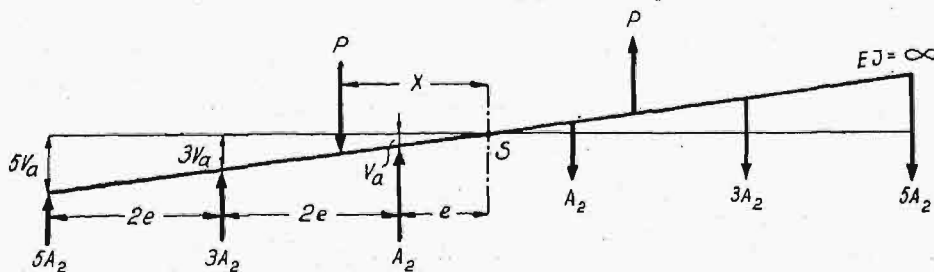
łowie podłużnicy, mamy dla  $\varphi' = \frac{EIV}{a^3} = \frac{\varphi}{24}$

odpowiednią wartość  $\frac{1}{2} \gamma_1 = (A): P_1$  wedle następującej tabeli:

$\varphi'$	$\varphi$	$\frac{1}{2} \gamma_1 = (A): P_1$
0	0	1
0,02	0,48	0,824
0,10	2,4	0,622
0,2	4,8	0,545
0,4	9,6	0,476
0,6	14,4	0,435
0,8	19,2	0,407
1,0	24,0	0,385
2	48,0	0,323
4	96,0	0,274
10	240	0,234
20	480	0,218
30	720	0,212
$\infty$	$\infty$	0,200

Np. dla  $\varphi = 2,4$  jest wedle (9b)  $\beta_1 = 0,842$ , wedle (19b)  $\beta_2 = 0,400$ ,  $\gamma_1 = \beta_1 + \beta_2 = 1,242$ , więc  $\frac{1}{2} \gamma_1 = 0,621$ , zaś wedle tabeli 0,622.

We wzorach na  $\alpha, \alpha'$  i  $\beta$ , zatem także w wyrażeniach  $\gamma_1, \gamma_2$  i  $A$  (równ. 20) mamy wielkość  $\varphi$  która zależna jest od  $V$  wedł. równ. (7). Jak wy-



Rys.11.

żej wspomniano,  $V$  jest to ugięcie poprzecznic w miejscu zetknięcia się jej z badaną podłużnicą, jeżeli ta ostatnia wywiera na poprzecznice nacisk  $P = 1$ . W myśl przepisów, wszystkie podłużnice

pod jezdnią są równocześnie obciążone i wywierają na poprzecznice pewne naciski. Obciążenie podłużnic jest proporcjonalne do ich odstepu  $c$ . Zwykle odstęp ten jest stały, zatem obciążenie podłużnic jest identyczne. Jednakże naciski, jakie te podłużnice wywierają na pewną poprzecznice, są różne, a to z powodu różnicy ugięcia  $V$ . Jak poniżej zobaczymy, naciski podłużnic na poprzecznice  $A$ , nad którą stoi cięższa oś walca, maleją (zresztą nieznacznie) ku środkowi poprzecznic. Tem samym naciski podłużnic na inne poprzecznic rosną ku środkowi poprzecznic. Jeżeli tedy dane obciążenie pomnożymy przez pewną wielkość tak, aby nacisk badanej podłużnicy (niech to będzie podłużnica środkowa, znajdująca się w osi mostu; jak później zobaczymy, wystarczy badać podłużnicę środkową i skrajną) na pewną poprzecznice był równy jedności, to naciski innych podłużnic na tę poprzecznice będą wogóle różne od jedności, mianowicie dla poprzecznic  $A$  większe, zaś dla innych mniejsze od jedności. Dla znalezienia  $V$  w poprzecznic  $A$ , należy ją obciążyć siłą  $P = 1$ , umieszczoną tam, gdzie spoczywa badana podłużnica (środkowa), zaś w miejscach zetknięcia innych podłużnic—siłami większemi od jedności; ugięcie poprzecznic w miejscu  $P = 1$  jest wartością  $V$ . Dla innych poprzecznic, dla znalezienia  $V$  należy również umieścić siłę  $P = 1$  w środku poprzecznic, ale w miejscach zetknięcia innych podłużnic — siły  $P$  mniejsze od jedności. Wartość  $V$  dla poprzecznic  $A$  będzie tedy większa, niż dla innych poprzecznic. Wogóle podatność podpór podłużnicy środkowej jest zmienna, t. j. inna dla każdej podpory. Zagadnienie nie da się ściśle rozwiązać. Rozwiążemy je w sposób przybliżony.

Równania (9) i (19) ustawiliśmy pod założeniem stałej podatności podpór,  $V = \text{const}$ . Przyjmujemy tedy dla  $V$  wartość średnią, mianowicie *strzałkę ugięcia poprzecznic, na którą każda podłużnica wywiera nacisk  $P = 1$*  (por. rys. 12a). Wartość ta będzie oczywiście mniejsza od wartości przynależnej ściśle poprzecznic  $A$ . Błąd przyjęcia wartości  $V$  na podporze  $A$  posiada większy wpływ na wielkość otrzymanej reakcji  $A$ , niż błąd, popełniony przy innych podporach. Ponieważ, im większa podatność podpór, tem korzystniejsze jest współdziałanie poprzecznic, przeto przyjmując  $V$  wedle powyższej definicji popełniamy błąd na korzyść pewności. Zresztą, jak to zaraz zobaczymy, błąd ten jest bardzo nieznaczny. Przyjmijmy mianowicie, że naciski podłużnic na poprzecznicę zmieniają się wedle prawa paraboli.

Niech będą dwie belki wolno podparte o tej samej rozpiętości  $l_1 = 2l$  i sztywności przekroju  $EI$ , jedna obciążona ciężarem zupełnym jednostajnie rozłożonym  $p_0$ , druga zaś ponadto ciężarem rosnącym od środka ku podporom według paraboli, której wierzchołek jest w środku belki (gdzie rzędna = 0), zaś rzędne na podporach są  $p'$ . Strzałka ugięcia belki pierwszej wynosi

$$f = \frac{5}{384} \frac{p_0}{EI} l_1^4 = \frac{10}{48 EI} p_0 l^4,$$

<sup>4)</sup> Henri Lossier: La solidarité des pièces des ponts. Génie Civil, 1912, str. 336.

zaś belki drugiej  $f + \Delta f$ . Różnicę  $\Delta f$  znajdziemy przy pomocy linii wpływowej ugięcia środka belki. Jest to linia ugięcia belki obciążonej w środku rozpiętości ciężarem  $P = 1$ . Największa jej rzędna wynosi  $y_0 = \frac{1}{48EI} l^3 = \frac{1}{6EI} l^3$ , zaś rzędna w odległości  $x = l - \xi$  od podpory ( $\xi < 1$ ) jest

$$\frac{1}{2} \xi (3 - \xi^2) y_0.$$

Równanie paraboli dodatkowego obciążenia jest  $p = p' (1 - \xi^2)$ .

Zatem 
$$\Delta f = 2 \int_0^l p dx \cdot y = p' y_0 l \varphi = \frac{p' l^4 \varphi}{6EI},$$

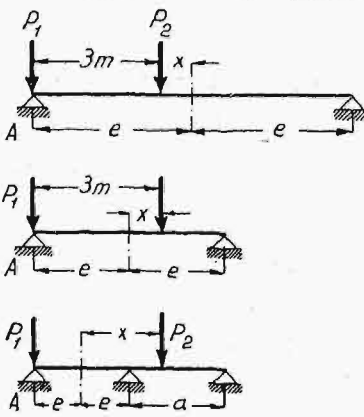
przyczem 
$$\varphi = \int_0^1 \xi (3 - \xi^2) (1 - \xi)^2 d\xi = \frac{7}{30},$$

czyli 
$$\Delta f = \frac{7}{180} \frac{p' l^4}{EI}.$$

Stosunek zaś

$$\Delta f : f = \frac{7}{180} \frac{48 p'}{10 p_0} = 0,187 \frac{p'}{p_0}.$$

W przytoczonym niżej przykładzie liczbowym (wziętym z praktyki) nacisk jednostkowy podłużnic na poprzecznice  $A$  jest o ok. 12% większy na jej



Rys. 12-14.

końcach niż w środku rozpiętości, czyli  $p' = p_0 = 0,12$ . Jeżeli byśmy jednak przyjęli nawet  $p' = p = 0,20$ , to dodatkowe ugięcie w belce obciążonej wedle paraboli wyniesie  $\Delta f = 0,187 \cdot 0,20 f$ , czyli zaledwie 3,74% wartości ugięcia belki obciążonej wedle prostokąta. Tyleż więc wynosiłby w skrajnym przypadku błąd przyjęcia wartości  $V$  wedle

przyjętej definicji. Jeżeli poprzecznicą jest utwierdzona, to stosunek  $\Delta f : f$  będzie jeszcze mniejszy.

W ogólności jest poprzecznicą na swoich końcach sprężysto utwierdzona. Stopień utwierdzenia zależy od rodzaju ramy, w której skład prócz poprzecznic badanej wchodzi słupy belek głównych i rozpory tężnika pionowego. Jeżeli momentowi utwierdzenia  $M'$  odpowiada obrót stycznej podporowej o kąt, którego styczna wynosi  $\varepsilon (M')^3$  wtenczas stopniem utwierdzenia można nazwać wartość  $1 : \varepsilon$ . Dla belki wolno podpartej, t. j. gdy niema rozpory (mosty otwarte) jest  $\varepsilon = \infty$ .

Niechaj w miejscach zetknięcia podłużnic z poprzecznicą działają ciężary  $P = 1$  (rys. 16a). W przypadku znacznej ilości podłużnic, można ciężary skupione  $P = 1$  zastąpić ciężarem jednostajnie rozłożonym  $p = 1 : c$  (rys. 16b). Wedle zasady Mohra, reakcja powierzchni momentów (rys. 16c).

$$(A_0) = EI \varepsilon M' = \frac{2}{3} \cdot \frac{1}{8} p b^2 \frac{b}{2} - M' \frac{b}{2} \quad (m)$$

<sup>5)</sup> Por. Podręcznik Inżynierski. Cz. VI. Statyka Budowl. Huber. Sprężystość i Wytrzymałość, str. 1131, B r y ł a, Ramy, str. 1306.

Stąd

$$M' = \frac{1}{12} \frac{b^3}{c} \frac{1}{\varepsilon} \quad (21)$$

przyczem

$$\varepsilon = \frac{2EI' \varepsilon}{b} + 1,$$

zaś ugięcie

$$V = \frac{1}{EI'} \left[ \frac{5}{384} \frac{b^4}{c} - \frac{1}{8} M' b^2 \right],$$

czyli z uwagi na (21)

$$V = \frac{5}{384} \frac{b^4}{c} \frac{\psi}{EI'},$$

przyczem

$$\psi = 1 - \frac{4}{5 \varepsilon} \quad (22)$$

Wedle (7) będzie więc

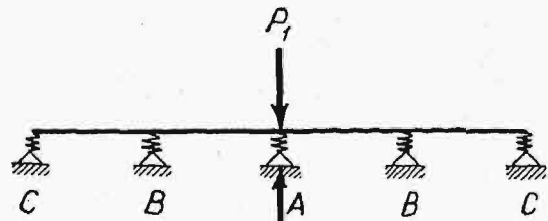
$$\varphi = \frac{3EI}{e^3} V = \frac{24EI V 5}{a^3} = \frac{5 b^4 I}{16 c a^3 I'} \psi \quad (23)$$

$I$  jest momentem bezwładności podłużnicy,  $I'$  zaś poprzecznic. Dzieląc równanie (m) przez  $M' \frac{b}{2}$

i podstawiając  $\frac{1}{8} p b^2 = M'_0$ , otrzymamy  $\varepsilon = M'_0 : M'$ .

Zatem  $1 : \varepsilon$  jest momentem utwierdzenia, podzielonym przez moment belki wolno podpartej.

Równanie (23) odnosi się do środka poprzecznic. Licząc poprzecznicę na ciężary skupione, (co miałyby rację, gdyby odstęp podłużnic był bardzo znaczny), należałoby dla każdej podłużnicy



Rys. 15.

znaleźć oddzielnie wartość  $\varphi$ , a następnie wartość  $A$  z równania (20); nacisk podłużnicy na poprzecznice wynosi  $A \cdot c$ . Zwykle jednak długość  $c$  w porównaniu z  $b$  jest nieznaczną, wskutek czego można działanie podłużnic uważać za obciążenie ciągłe. Wartość  $A$  z równ. (20) i (23) będzie zatem obciążeniem jednostkowym  $p$  (t. j. przypadającym na  $1 m b$ ) poprzecznic w środku jej rozpiętości. Na końcach poprzecznic jest  $V = 0$ , zatem i  $\varphi = 0$ . Odpowiednia wartość  $A$  niech będzie  $p_1$ . Krzywą obciążenia poprzecznic, której rzędne na końcach są  $p_1$ , zaś w środku  $p_0$  (rys. 17), możemy bez wielkiej ujemy dla dokładności zastąpić parabolą. Jeżeli przytem poprzecznicą jest belką wolno podpartą, to moment w środku

$$M_0 = \frac{1}{8} b^2 p_2,$$

przyczem 
$$p_2 = p_0 + \frac{1}{6} (p_1 - p_0).$$

Siła poprzeczna na końcach poprzecznic

$$T_0 = \frac{b}{2} p'_2,$$

przyczem  $p'_2 = p_0 + \frac{1}{3}(p_1 - p_0)$ .

Jeżeli uwzględnimy, że obciążona jest tylko jezdnia na długości  $b$ , zaś końce poprzecznic o długości  $\Delta b = \frac{1}{2}(b - b_j)$  są nieobciążone, to w przybliżeniu, na korzyść pewności, można od  $M_0 = \frac{1}{8}p_2 b^2$  odjąć:

$$\Delta M_0 = p_2 \Delta b \frac{\Delta b}{2} = \frac{1}{2} p_2 (\Delta b)^2,$$

więc

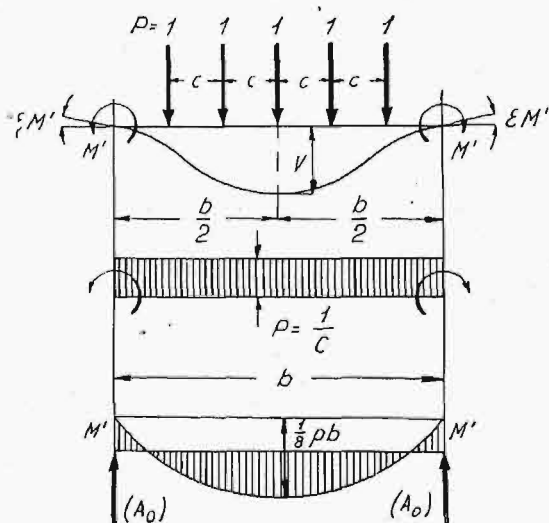
$$M'_0 = M_0 - \Delta M_0 = \frac{1}{8} p_2 b_j (2b - b_j).$$

Podobnie od  $T_0$  należy odjąć

$$\Delta T_0 = p'_2 \Delta b;$$

otrzymamy wtedy

$$T_0 - \Delta T_0 = p'_2 \left( \frac{b}{2} - \Delta b \right) = \frac{1}{2} p'_2 b_j,$$



Rys. 16.

Wartości  $M_0$  i  $T_0$  należy jeszcze pomnożyć przez współczynnik klasy mostu, który wynosi 1 dla kl. I, 0,8 dla kl. II i 0,4 dla kl. III, i przez współczynnik szerokości jezdni (o ile szerokość ta  $b_0 > 5$  m),

który wynosi  $\frac{1}{2} \left( \frac{5m}{b_0} + 1 \right)$ .

Przykład. Most drogowy I klasy o konstrukcji żelaznej, spawanej. Odstęp poprzecznic  $a = 3,86$  m. Rozpiętość poprzecznic  $b = 6,85$  m. Odstęp podłużnic  $c = 1,17$  m. Podłużnica I Nr. 34  $I = 15\,695$  cm<sup>4</sup>. Poprzecznic złożona (spojona z blachy stojącej 800×12 i blach poziomych 220×20,  $I' = \frac{1}{12} 1,2 \cdot 80^3 + \frac{22}{12} (84^3 - 80^3) = 199\,100$  cm<sup>4</sup>. Moment utwierdzenia  $M' = 0,1 M_0^5$ , czyli 10%, więc  $\alpha = 1 : 0,1 = 10$ .

Wedle (22)  $\psi = 1 - \frac{4}{5 \cdot 10} = 0,92$ .

Wedle (23)  $\varphi = \frac{5}{16} \frac{6,85^4}{1,17 \cdot 3,86^3} \cdot \frac{15\,695}{199\,100} \cdot 0,92 = 0,74$ .

$\beta_1 = \lambda_1 : \mu_1$  (równ. 9b),

$\mu_1 = 304 + 176 \cdot 0,74 + 3 \cdot 0,74^2 = 304 + 130 + 1,64 = 435,64$ ,

$\lambda_1 = 304 + 132 \cdot 0,74 + 0,74^2 = 304 + 97,95 + 0,55 = 402,5$ ,

$\beta_1 = 402,5 : 435,64 = 0,924$ ,

$\beta_2 = \lambda_2 : \mu_2$  (19b),

$\mu_2 = 176 + 272 \cdot 0,74 + 35 \cdot 0,74^2 = 396,1$ ,

$\lambda_2 = 176 + 92 \cdot 0,74 + 0,74^2 = 244,55$ ,

$\beta_2 = 244,55 : 396,1 = 0,618$ ,

$\gamma_1 = 0,924 + 0,618 = 1,542$ ,

$\frac{1}{2} P_1 \gamma_1 = 1,65 t \cdot 1,542 = 2,55 t$ .

Ponieważ  $6m > a > 8m$ ,

więc  $\xi = \frac{6m}{a} - 1 = \frac{6}{3,86} - 1 = 0,552$ ,

zaś  $\gamma_2 = \alpha_1 - \alpha_2$ ,

$\alpha_1 = \lambda'_1 : \mu_1$  (9),

$\lambda'_1 = A - B$ ,  $A = 364 + 141 \cdot 0,74 + 0,74^2 = 468,75$ ,  $B = (20 + 3 \cdot 0,74) 3 \cdot 0,552^2 = 20,3$ ,

$\lambda'_1 = 468,75 - 20,3 = 448,45$ ,

$\alpha_1 = 448,45 : 435,64 = 1,0294$ ,

$\alpha_2 = (\lambda'_2 : \mu_2) \xi$  (równ. 19),

$\lambda'_2 = A - B$ ,  $A = 228 + 105 \cdot 0,74 + 0,74^2 = 306,3$ ,

$B = 0,552^2 (52 + 13 \cdot 0,74) = 18,8$ ,

$\lambda'_2 = 306,3 - 18,8 = 287,5$ ,

$\alpha_2 = 0,552 \cdot 287,5 : 396,1 = 0,3965$ ,

$\gamma_2 = 1,0294 - 0,3965 = 0,6329$ ,

$\frac{1}{2} P_2 \gamma_2 = 0,85 t \cdot 0,6329 = 0,538 t$ ,

$ap = 3,86 \cdot 0,5 = 1,93 t$ .

Na 1 m b. poprzecznic w jej środku przypada obciążenie wedle (20)

$p_0 = 1,93 + 2,55 + 0,538 = 5,018$  t/m.

Dla końców poprzecznic będzie  $p_1$  zamiast  $p_0$ ,  $\varphi = 0$ ,  $\mu_1 = \lambda_2 = 304$ ,

$\beta_1 = 1 = \beta_2$ ,  $\frac{1}{2} P_1 \gamma_1 = 1,65 \cdot 2 = 3,3 t$ ,

$\lambda'_1 = 364 - 20 \cdot 3 \cdot 0,552^2 = 345,7$ ,

$\alpha_1 = 345,7 : 304 = 1,137$ ,

$\lambda'_2 = 228 - 0,552^2 \cdot 52 = 212,18$ ,

$\alpha_2 = 0,552 \cdot 212,18 : 176 = 0,665$ ,

$\gamma_2 = 1,137 - 0,665 = 0,472$ ,

$\frac{1}{2} P_2 \gamma_2 = 0,85 t \cdot 0,472 = 0,40 t$ ,

$p_2 = 1,93 + 3,30 + 0,40 = 5,63 t$ .

$p' = p_1 - p = 5,63 - 5,018 = 0,61 = 0,12 p_0$

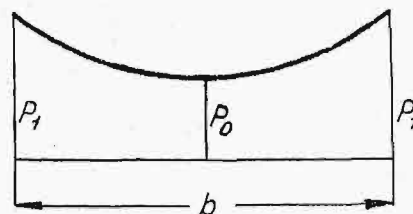
$p_2 = 5,018 + 0,61 : 6 = 5,12$  t/m.

Szerokość jezdni

$b_j = 5,4$  m  $>$  5 m,

zatem współczynnik zmniejszający

$\mu = \frac{1}{2} \left( \frac{5}{5,4} + 1 \right) = 0,964$ ,



Rys. 17.

zaś moment z powodu ciężaru ruchomego:

$$M_p' = 0,964 \cdot \frac{1}{8} \cdot 5,12 \cdot 5,4 (2 \cdot 6,85 - 5,4) = 28,6 \text{ tm},$$

$$p_z' = 5,02 + 0,61 : 3 = 5,22 \text{ t/m},$$

$$T = 0,964 \cdot \frac{1}{2} \cdot 5,22 \cdot 5,4 = 13,58 \text{ t}.$$

Nie uwzględniając ciągłości podłużnic, otrzymamy (według Podręcznika Inżynierskiego, str. 756),

$$2,5 A = 12 + 8 \cdot \frac{3,86 - 3}{3,86} + \frac{1,25}{2 \cdot 3,86} (3,86 - 1,5^2) =$$

$$= 12 + 1,78 + 0,90 = 14,68 \text{ t},$$

$$A = 14,68 : 2,5 = 5,875 \text{ t/m},$$

$$p = 0,964 \cdot 5,875 = 5,65 \text{ t/m},$$

$$T_j = \frac{1}{2} p \cdot b_j = \frac{1}{2} \cdot 5,65 \cdot 5,4 = 15,25 \text{ t}.$$

Różnica  $15,25 - 13,58 = 1,67 = \sim 14\%$ .

$$M_p = \frac{1}{4} T_j (2b - b_j) = \frac{1}{4} \cdot 15,25 \cdot 8,3 = 31,65 \text{ tm}.$$

Różnica  $31,65 - 28,6 = 3,05 \text{ tm} = \sim 10\%$ .

Zatem ciągłość podłużnic powoduje zmniejszenie momentu z powodu ciężaru ruchomego w 10%, zaś zmniejszenie siły poprzecznej o 14%.

Współdziałanie poprzecznic wpływa również korzystnie na dźwigiary główne, powodując bardziej równomierny rozkład ciężarów skupionych, niż przyjmuje się w obliczeniu. Ugięcie belek głównych posiada wartość pośrednią pomiędzy wartością obliczoną dla ciężarów skupionych a wartością odpowiadającą ciężarowi jednostajnie rozłożonemu na całej długości mostu. Wykazał to doświadczalnie Gehler<sup>6)</sup> nawet dla mostu nitowanego. Odnosi się to tembardziej do mostu żelbetowego lub spawanego. Korzyść ta rośnie z rozpiętością mostu. Dlatego słusznie pozwalają polskie przepisy dla mostów drogowych ponad 50 m rozpiętości, zaś dla mostów o rozpiętości  $l < 50 \text{ m}$ , o ile gałąź linii wpływowej jest dłuższa niż 30 m, przyjmować zamiast 2 ciężarów skupionych ciężar jednostajnie rozłożony na długości walca.

## Rola krzemu w układzie Fe—C.

Napisał Inż.-metalurg M. Dubowicki, Kraków, Akademia Górnicza.

Z badań ilościowego rozmieszczenia pierwiastków chemicznych w skorupie ziemskiej wynika, że najwięcej w niej znajduje się tlenu i krzemu, które łącznie stanowią 75%, przyczem na krzem przypada 25,3%; trzecie z rzędu miejsce zajmuje glin (7,26%), czwarte żelazo (5,08%)<sup>1)</sup>.

**A. Własności fizyczne krzemu.** Ciężar atomowy krzemu podaje się różnie<sup>2)</sup>; według najnowszych danych Międzynarodowego Komitetu wyznaczania ciężarów atomowych z 1921 — 1922 i badań K. W. Inst. wynosi on 28,1. Biorąc tę liczbę za podstawę, przyjęc należy, że krzem<sup>3)</sup> składa się z 90% atomów krzemowych o masie 28 i z 10% izotopów o masie 29. Potwierdziły to dokładne badania ciężaru właściwego związków krzemowych pochodzenia kosmicznego. Objętość atomowa krzemu wynosi 12,1 (obj. at. żelaza 7,1). Temperatura topienia krzemu<sup>4)</sup> 1414°. Krzem w przyrodzie nie występuje w postaci wolnej, gdyż ma wielkie powinowactwo do tlenu, istnieje więc jako SiO<sub>2</sub>, bądź też jako połączenia SiO<sub>2</sub> z tlenkiem metali, zwane krzemianami, z których najbardziej rozpowszechnionymi są związki glinowo - krzemowe (H<sub>2</sub>Al<sub>2</sub>Si<sub>2n</sub>O<sub>2n+4</sub>). Krzem metaliczny można otrzymywać sposobem laboratoryjnym przez ogrzewanie SiO<sub>2</sub> ze sproszkowanym magnezem metalicznym według reakcji SiO<sub>2</sub> + 2Mg = 2MgO + Si (jest to metoda opracowana przez H. Moissan'a). Krzem otrzymać można również przepuszczając pary chlorku krzemowego nad rozgrzanym sodem, lub też redukując fluorokrzemian sodowy sodem metalicznym. Otrzymywanie czystego krzemu metalicznego jest utrudnione, dlatego są

różne metody<sup>5)</sup>. Krzem występuje w dwóch odmianach alotropowych: 1) krzem bezpostaciowy, brunatno-zielonawy proszek o ciężarze właściwym 2, nierozpuszczalny w zwykłych odczynnikach, dający się zapalić na powietrzu, łatwiej w tlenie, 2) krzem krystaliczny (otrzymany przez stopienie krzemu bezpostaciowego w wysokiej temperaturze, lub też łatwiej i lepiej przez wykrystalizowanie ze stopionego cynku lub glinu, w których krzem bezpostaciowy dostatecznie się rozpuszcza. Krzem krystaliczny krystalizuje w układzie regularnym w postaci długich stalowo - szarych igieł, posiada ciężar właściwy 2,34, nie pali się na powietrzu nawet w temperaturze czerwonego żaru. Istnienie tych dwóch odmian alotropowych zostało potwierdzone przez badania rentgenograficzne<sup>6)</sup>.

**Własności chemiczne.** Krzem jest pierwiastkiem czterowartościowym. Zajmuje w układzie perjodycznym miejsce w tej grupie co i węgiel, dlatego też własności chemiczne jego są bardzo podobne do własności chemicznych węgla. Tworzy on z żelazem związki FeSi, FeSi<sub>2</sub> i t. p. W piecu elektrycznym daje krzem z węglem SiC, t. zw. karborundum, używane do wykładania pieców hutniczych, do odtleniania i jako środek szlifierski; tak samo tworzy krzem inne połączenia, jak Si<sub>3</sub>B<sub>4</sub>, SiMg<sub>2</sub>, Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>. Oprócz fluorowodoru, nie działają na krzem kwasy, stężone zaś zasady tworzą na gorąco krzemiany. Z wodorem daje krzem dwa związki: krzemowodor SiH<sub>4</sub> i krzemotan Si<sub>2</sub>H<sub>6</sub>, z chlorem tworzy połączenia: czterochlorek krzemowy SiCl<sub>4</sub> i trójchlorek krzemowy Si<sub>2</sub>Cl<sub>6</sub>, ponadto istnieje jeszcze krzemochloroform SiHCl<sub>3</sub>. Podczas działania kwasem fluoro-

<sup>1)</sup> Przegl. Techn., 1926, str. 69.

<sup>2)</sup> L. Bruner i S. Toffczko. Chemja nieorganiczna, 1923.

<sup>3)</sup> St. u. E., 1926, str. 819/20 i Journ. of the Amer. Soc., 1921, str. 1751/3.

<sup>4)</sup> J. Inst. Metals, 1914, Nr. 2, str. 14.

<sup>5)</sup> Werkstoff Handbuch, Stahl und Eisen, Düsseldorf, 1927.

<sup>6)</sup> Gehler: Die Ermittlung der Nebenspannungen eisener Fachwerkbrücken. Berlin 1910.

<sup>7)</sup> J. Iron and Steel Inst., 1927, Nr. 1, str. 412.

<sup>8)</sup> Dr. Al. Smith. Podręcznik chemji nieorganicznej, 1918, str. 452/466.

<sup>9)</sup> Z. anorg. Chem. 1922, str. 333/4.

<sup>10)</sup> Ledebur. Eisenhüttenkunde III, 1908, str. 235.

wodorowym na krzemionkę ułatwia się czterofluorek krzemowy  $\text{SiF}_4$ .

Krzem i jego związki mają duże znaczenie w technice. Związki krzemu w postaci krzemianów są podstawowymi składnikami różnych materiałów budowlanych, np. cegieł, porcelany, cementu i szkła. W metalurgii wchodzi krzem w skład specjalnych stopów, surowców stali i żelaza, wpływając na ich własności; w stopach żelazo-węgiel wpływa krzem na wydzielenie grafitu, wchodząc na miejsce węgla. Oprócz tego jest krzem głównym składnikiem żużli i rud.

**B. Historia.** Krzem odgrywał w zeszłym stuleciu wielką rolę w metalurgii stali, gdyż w roku 1856 zjawiał się wynalazek Bessemera, który umożliwił otrzymywanie stali w stanie płynnym. Prowadzenie tego procesu zależy od zawartości krzemu w surowcu. W tym procesie ulega krzem spalaniu, podnosząc wydatnie temperaturę kąpieli, dając przez to możliwość otrzymania odpowiedniego gatunku stali. Nie wchodząc w skład otrzymanej stali, nie wpływa na jej własności. Po raz pierwszy spotyka się krzem w większych ilościach w stali Mushet'a<sup>10)</sup> w roku 1868. Mushet otrzymał stal narzędziową samohartującą się o składzie chemicznym C—2,15%, Si—1,04%, Mn—1,58%, Cr—0,40%, W—5,44%. Zastosowania praktycznego stal ta nie znalazła, gdyż z powodu wielkiej twardości nie umiano jej obrabiać. Pierwsze próby otrzymania stopu żelazo-krzemu pochodzą z roku 1872, kiedy do Riley w Londynie otrzymał w piecu tyglowym stop żelazo-krzem o zawartości 20% Si. Tenże Riley ustalił po raz pierwszy, że krzem obniża zawartość węgla w stopie Fe—C. I tak w otrzymanym przez niego stopie zawartość węgla wynosiła 0,75—1,0%, z czego większość w postaci grafitu. Od roku 1875 wyrabiała żelazo-krzem w dużych ilościach spółka angielska „Terre Noire Co”. Stop ten, zawierający zwykle nie więcej 14% Si, znalazł zastosowanie wyłącznie do wyboru żeliwa<sup>11)</sup>. Zachowanie się krzemu w odlewach żeliwnych badali pierwsi Jüngst<sup>12)</sup> w Gliwicach, Turner<sup>13)</sup> w Birmingham i Keep w Detroit<sup>14)</sup>, którzy zauważyli, że biały surowiec daje odlewy porowate i kruche, a przez stosunkowo mały dodatek krzemu, względnie żelazo-krzemu, otrzymuje się odlew bardziej gęsty (spisty) i wolny od por. Przy większych niż 2% zawartościach, wywiera krzem ujemny wpływ na surowiec, czyniąc go więcej kruchym i gęstopłynnym. Nie wiadano wtedy o tem, że krzem wchodzi w roztwór z żelazem, a węgiel występuje w postaci grafitu. Wprawdzie Keep wspomina, że może być taka możliwość, jednak uważa to tylko za przypuszczenie. King objaśnił rolę krzemu w procesie Bessemer'a. Właściwie pierwszą pracą o krzemie w stalach jest publikacja R. A. Hadfield'a<sup>17)</sup> z roku 1889. Stwierdził on, że małe ilości krzemu nie wpływają ujemnie na własności stali, a domieszka krzemu do

2% podnosi wytrzymałość stali, nie obniżając jej wydłużenia.

Z danych Hadfielda wynika, że granica płynności w tych stalach wynosi 64—76% wytrzymałości. Podobne spostrzeżenia podaje też L. Guillet. Z innych prac przytoczyć można publikację Williamsa z 1889 r. W roku 1884 próbuje L. Tetmajer zastąpić węgiel w stali szynowej krzemem. W roku 1892 odkrył Acheson karbid krzemu „karborundum”. W roku 1872 zajął się Mrazek<sup>16)</sup> badaniem wpływu krzemu na kujne żelazo. Właściwy rozwój stali krzemowej zaczyna się w pierwszych latach 20-go stulecia. W roku 1902 udało się Capito<sup>18)</sup> otrzymać w tyglu stal krzemową na prądnice elektryczne, w piecu martenowskim zaś otrzymano ją po raz pierwszy w r. 1904. Skład tej stali był następujący: C—0,08%, Si—3,45%, Mn—0,38%, P—0,031%, S—0,01%, Cu—0,06%. Praktyczne zastosowanie znalazła stal krzemowa w postaci blachy na prądnice i przetwornice w firmie Heinrich Geist w Kolonji. Stal krzemową wprowadziła powyższa firma dlatego, że prądnice i przetwornice ze zwyczajnych blach dawały zbyt duże straty watawe. W szerszych rozmiarach zastosowała blachy krzemowe firma A. E. G. dopiero w r. 1905, w roku następnym zamówienia na stale krzemowe zaczęła przyjmować huta Bismarka na G. Śląsku, a nieco później huta Pokoju<sup>19)</sup>. Zapotrzebowanie na blachy ze stali krzemowej szybko wzrastało, a w roku 1912 produkcja tych blach wynosiła już 8 000 t. Na tem na razie ograniczyło się zastosowanie stali krzemowych. Dopiero w latach ostatnich (1925) wzrosło zainteresowanie stalami krzemowymi w konstrukcjach budowlanych. W Polsce również poruszano kwestję stali krzemowych na zjeździe w Katowicach w końcu 1928 roku. Dotychczas wszystko przemawia za pomyślnym rozwojem stali krzemowych. Z nowych badań nad krzemem w stalach wymienić należy prace Mahlberga i Heyna, Guilleta, A. Pompa. Zagadnieniem tem zajmuje się żywo cały szereg instytutów i zakładów badawczych poszczególnych państw.

**C. Układ podwójny Fe — Si, wpływ krzemu na punkty przełomowe stali, układ potrójny Fe — Si — C.** Ażeby omówić własności fizyko-chemiczne i termiczne związków żelaza i krzemu, trzeba rozpatrzyć układ podwójny Fe — Si i potrójny Fe — Si — C.

Wielu uczonych starało się zbadać układ Fe—Si. Niema dotychczas ustalonego wykresu tego układu, gdyż spotyka się dużo wątpliwości. Przyczyna leży głównie w tem, że badane stopy są zanieczyszczone przez inne domieszki, zwłaszcza węgla, i dlatego trudno zbadać wpływ krzemu na czyste żelazo. Ważniejsze prace nad układem Fe — Si są: W. Guertler'a i G. Tammann'a<sup>18)</sup> W. Gontermann'a<sup>19)</sup>, R. Ruer'a i H. Klesper'a<sup>20)</sup>, M. A. Saffourche'go<sup>21)</sup>, T. Murakamie'go<sup>22)</sup>, N. Kurnakow'a i G. Urasow'a<sup>23)</sup>, P. Oberhoffer'a<sup>24)</sup> i A. Heger'a,

<sup>10)</sup> G. Mars. Die Spezialstähle. Stuttgart, 1922, str. 254/286.

<sup>11)</sup> J. Iron and Steel Inst. 1862, Nr. 2, 224, 222.

<sup>12)</sup> J. Iron and Steel Inst. 1889, Nr. 2, str. 254.

<sup>13)</sup> St. und E. 1889, str. 842 i 1890, str. 292.

<sup>14)</sup> Am. Inst. Mining Eng., 1881.

<sup>15)</sup> St. und E. 1884, str. 608.

<sup>16)</sup> St. und E. 1926, str. 1052.

<sup>17)</sup> J. Iron and Steel Inst. 1889, Nr. 2, str. 331.

<sup>18)</sup> Z. anorg. Chem. 1905, str. 163.

<sup>19)</sup> Z. anorg. Chem. 1908, str. 384.

<sup>20)</sup> Ferrum, 1913, str. 257.

<sup>21)</sup> Rev. Mét. 1919, str. 217.

<sup>22)</sup> J. Inst. Metals, 1923, Nr. 1, str. 670 i Sc. Rept. Tohoku Imp. Univ. 1921, str. 79.

<sup>23)</sup> Z. anorg. Chem. 1922, str. 89, 123.

<sup>24)</sup> St. und E., 1924, str. 979.

A. T. Łowzow'a<sup>25)</sup>, F. Wever'a i P. Gianiego<sup>26)</sup>. Najnowszy układ, pracowany na podstawie badań rentgenograficznych Phragmèn'a<sup>27)</sup> przedstawia rys. 1. Badania wykazały istnienie trzech pośrednich faz  $\epsilon$ ,  $\zeta$  i  $\vartheta$ , z których faza  $\epsilon$  odpowiada mniej więcej związkowi  $\text{FeSi}$ , a  $\zeta$   $\text{Fe}_3\text{Si}_2$ , natomiast postać  $\vartheta$  jest mniej pewną i nie można jej określić, gdyż zawsze występuje z fazą  $\gamma$ , ale najprawdopodobniej odpowiada związkowi  $\text{FeSi}_2$ <sup>21)</sup>. Faza  $\eta$  odpowiada roztworom stałym żelaza w krzemie; roz-

$\text{FeSi}$ : Lebeau<sup>28)</sup>, Hahn<sup>28)</sup>, Carnot i Gontal<sup>32)</sup>, Lebeau<sup>34)</sup> i Vanzetti<sup>35)</sup>.

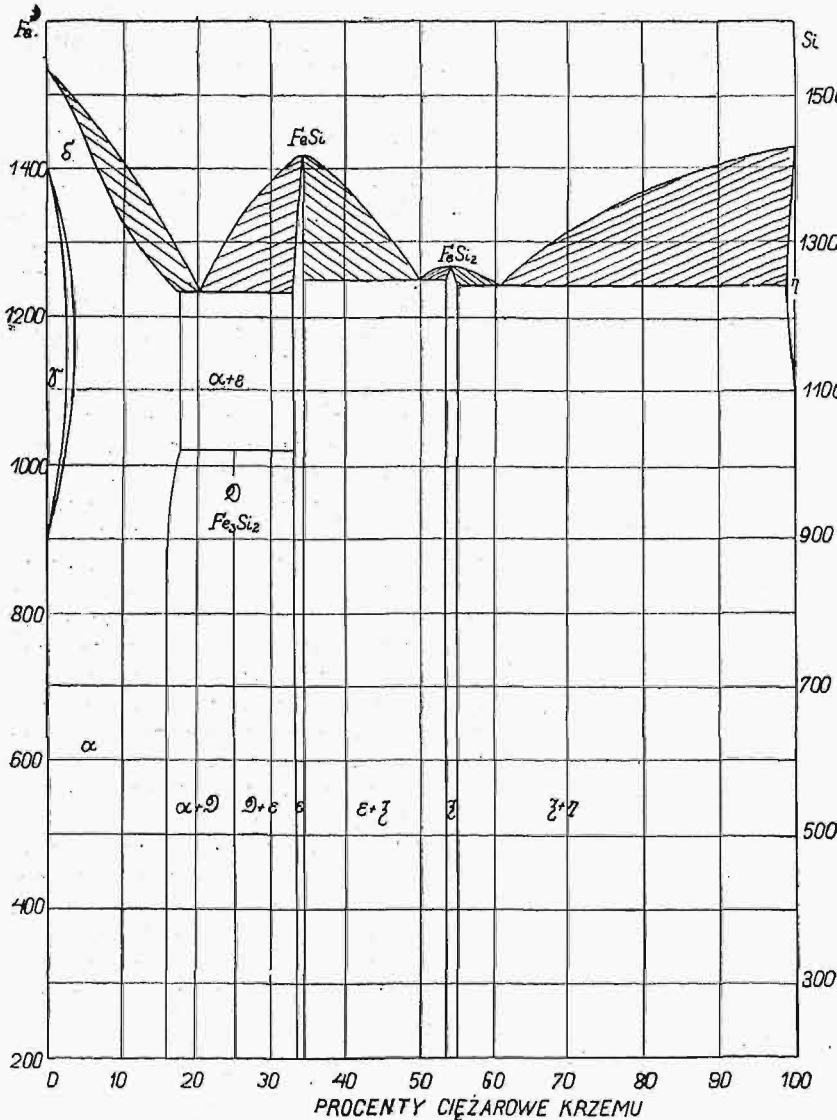
$\text{Fe}_3\text{Si}_2$ : De Chalmot<sup>36)</sup>.

$\text{Fe}_2\text{Si}$ : Hahn<sup>28)</sup>, Moissan<sup>30)</sup> i Vigoroux<sup>37)</sup>.

Oprócz tego są inne związki:  $\text{Fe}_3\text{Si}$ ,  $\text{Fe}_3\text{Si}_2$  i  $\text{FeSi}_3$ . Związek  $\text{FeSi}$  powstaje przez stapianie żelaza z 33,7% Si, co odpowie 50% atomowym krzemu. Według Phragmèn'a krystalizuje  $\text{FeSi}$  w klasie tetragonalnej układu regularnego;  $\text{FeSi}$  uważa się za trwałą związek, gdyż niema wskazówek, by zachodziła jakakolwiek jego przemiana<sup>38)</sup>. W stopach  $\text{Fe} - \text{Si}$  o zawartości około 20 do 33,7% Si, w temperaturze około 1030° zachodzi reakcja między kryształami mieszanymi a związkiem  $\text{FeSi}$ , wobec czego tworzy się nowy związek  $\text{Fe}_3\text{Si}_2$ , odkryty przez M. A. Sanfourche'go<sup>39)</sup>, potwierdzony badaniami termicznymi, magnetycznymi i mikroskopowymi G. Urasowa i Murakami'ego. Zakres istnienia związku  $\text{Fe}_3\text{Si}_2$ , sięgający<sup>40)</sup> od 18 do 33,7% Si przy temperaturze około 1030°, rozszerza się w niższych temperaturach, gdyż w miarę obniżenia temperatury rozpuszczalność krzemu w żelazie zmniejsza się. Również badania rentgenograficzne potwierdzają istnienie związku  $\text{Fe}_3\text{Si}_2$ .

W stopie żelazo - krzemowym od 33,7 do 55,2% Si wydzielają się, oprócz kryształów związku chemicznego  $\text{FeSi}$ , także kryształy związku  $\text{FeSi}_2$ . Związek ten znaleźli Tammann i Guertler<sup>38)</sup>; natomiast W. Gontermann<sup>38)</sup> zaprzecza istnieniu  $\text{FeSi}_2$ . Badania zaś Hahn'a, Lebeau, Chalmot'a, Pick'a i Łowzowa potwierdzają istnienie  $\text{FeSi}_2$ . Najnowsze badania związków krzemowych potwierdzają istnienie głównie trzech związków chemicznych żelaza z krzemem:  $\text{FeSi}$ ,  $\text{Fe}_3\text{Si}_2$ ,  $\text{FeSi}_2$ , a wszystkie inne są wynikami mylnych obserwacji.

Siatka krystalograficzna krzemu należy do typu siatki djamentu<sup>41)</sup> (o 14 atomach), przyczem długość krawędzi sześciianu elementarnego wynosi  $a = 5,431 \text{ \AA}$ , mniejszy odstęp między 2 atomami krzemu w siatce krystalograficznej wynosi 2,35  $\text{ \AA}$ . W podstawie mieszczą się dwa atomy. Podstawa:  $2\text{Si} \begin{vmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 1/4 & 1/4 & 1/4 \end{vmatrix}$ .



Rys. 1. Układ Fe—Si.

puszczalność żelaza w krzemie w miarę obniżenia temperatury zmniejsza się tak, że w temperaturach zwyczajnych nie można jej zauważyć.

W literaturze można znaleźć różne związki żelaza z krzemem, podawane przez różnych badaczy:

$\text{FeSi}_2$ : Hahn<sup>28)</sup>, Osmond<sup>22)</sup>, Moissan<sup>30)</sup>, Lebeau<sup>31)</sup>, Carnot i Gontal<sup>32)</sup>.

<sup>25)</sup> Chem. Met. Engg. 1921, str. 481.

<sup>26)</sup> Mitt K. W. Inst. Eisenforsch., 1925, str. 59/68.

<sup>27)</sup> St. und E. 1927, str. 193 i J. Inst. Metals, 1927, str. 65.

<sup>28)</sup> Liebigs. Ann. d. Chemie, 1864, str. 57.

<sup>29)</sup> Comptes rendus, 1891, str. 473.

<sup>30)</sup> Annales de chimie et physique, 1896, str. 289 i Comptes rendus, 1895, str. 621.

<sup>31)</sup> Comptes rendus 1900, str. 583.

<sup>32)</sup> Comptes rendus, 1898, str. 126 i Annales 1898, str. 268.

<sup>33)</sup> Comptes rendus, 1901, str. 1008.

<sup>34)</sup> Gaz. chem. it. 1906, I., str. 498.

<sup>35)</sup> Am. Chem. Journ., 18, 118.

<sup>36)</sup> Comptes rendus 1905, str. 828.

<sup>37)</sup> Rev. Mét. 1910, str. 779.

<sup>38)</sup> G. Tammann. Lehrbuch der Metallographie, 1914, str. 264.

<sup>39)</sup> Zit. f. Elektrochemie, 1896, str. 85, i 1896, str. 11.

<sup>40)</sup> Są to dwie siatki sześciennie płasko-centryczne, przesunięte o 1/4 przekątnej przestrzennej względem siebie.

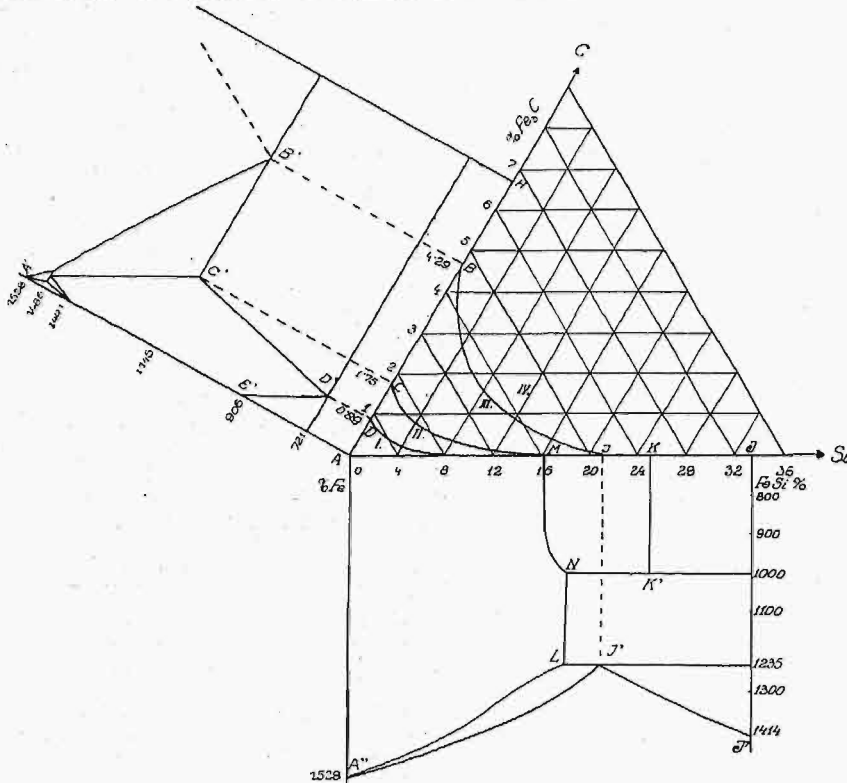
Ze zwiększeniem zawartości krzemu od 0 do 17% w stopach żelazo-krzemowych, zwiększa się długość krawędzi elementarnego sześcianu żelaza, przyczem osiąga swoją wartość graniczną  $a = 2,81 \text{ \AA}$ . Dla zawartości ponad 17% Si ustalił Phragmèn, że długość elementarnego sześcianu nie ulega zmianie. Również stwierdzono spadek gęstości z 7,86 na 6,89.

Krzem w żelazie wpływa na zmiany punktów przemiany termicznej żelaza i na zmianę paramentu siatki przestrzennej żelaza. Prace nad przesunięciem punktów przemiany doprowadziły do ważnych wyników o alotropowych odmianach żelaza. F. Wever i P. Giani<sup>20)</sup> zebrali wyniki prac Osmonda<sup>22)</sup>, Arnold'a<sup>23)</sup>, Backer'a<sup>24)</sup> Charpy'ego i Cornu Thé-

Na tej podstawie wypowiedział P. Oberhoffer<sup>51)</sup> teorię, którą potwierdzają nowsze badania rentgenograficzne Westgren'a, Phragmèna<sup>52)</sup>, Hans'a Esser'a<sup>53,54)</sup> i innych, że siatka krystaliczna  $\alpha$ ,  $\beta$  i  $\delta$  Fe jest ta sama i że krzywe  $\alpha-\gamma$  i  $\gamma-\delta$  nakrywają się, czyli że krzywe  $\delta-\gamma-\alpha$  i  $\gamma-\delta-\alpha$  tworzą ciągłą krzywą, aż w końcu zakres  $\gamma$  znika całkiem. Krzem powyżej 2,5% Si powoduje zanik fazy  $\gamma$  w stopach żelazo-krzemowych. Ustalono, że powyżej 2,5% Si zachodzi bezpośrednie przejście przemiany  $A_2$  w przemianę  $A_1$ . Poniżej zawartości 2,2% Si występuje w stopach żelazo-krzemowych faza  $\gamma$  podczas nagrzewania, natomiast dla zawartości od 2,2 do 2,5% Si znajdują się w stanie stałym obok siebie dwie odmiany alotropowe żelaza  $\alpha$ -Fe i  $\gamma$ -Fe, i to tak

długo, aż przejdą w odmianę  $\delta$ . Zaś stopy żelazo-krzemowe powyżej 25% Si przechodzą od razu ze stanu  $\alpha$  w  $\delta$ -Fe. W układzie podwójnym Fe—Si przemiany  $\alpha \rightarrow \gamma$  i  $\gamma \rightarrow \delta$  są przedstawione dwoma krzywami ciągłymi. Na wpływ krzemu na przemiany alotropowe żelaza istnieją różne poglądy: według Osmonda<sup>55)</sup> punkt  $A_3$  i  $A_4$  ma skłonność przesuwać się ze wzrostem zawartości krzemu do wyższych temperatur; natomiast  $A_2$ , który według Osmond'a odpowiada magnetycznej przemianie stali, spada ze zwiększeniem zawartości krzemu. Baker potwierdza pogląd Osmond'a i podaje obniżenie przemiany magnetycznej stali krzemowej o bardzo małej zawartości węgla o 8° na 1% Si. To znów sprzeciwia się pogładowi Tammann'a i Guertlera, którzy twierdzą, że do zawartości 47,5% Si zawartość krzemu w stali krzemowej ubogiej w węgiel nie wpływa widocznie na przemianę magnetyczną.

Ciekawe są badania Charpy'ego i Cornu - Thénard'a<sup>56)</sup>, którzy badali przy nagrzewaniu i oziębianiu stali krzemowe o zawartości węgla 0,04 do 0,15% i krzemu 0,06 do 6,10%, a małej zawartości Mn, P i S. Badania te wykazały, że przez zwiększenie zawartości krzemu punkt  $A_2$  spada o 10° na 1% Si, a  $A_1$  podnosi się. Według Rudera<sup>57)</sup>, punkt  $A_2$  stale spada ze zwiększeniem zawartości krzemu, aż przy zawartości 8,35% Si osiąga temperaturę około 660°, podczas gdy punkt perlitowy stale podnosi się. Wpływ krzemu w stali krzemowej na przemianę  $A_1$  i  $A_2$  badał Gumlich<sup>50,51)</sup>. Przez zwiększenie zawartości krzemu, punkt  $A_1$  podnosi się, natomiast  $A_2$  spada; przy zawartości 2,2% Si, spadają oba razem; powyżej 2,4% Si nie można już wogóle zaobserwować  $A_1$  (gdyż węgiel związany przechodzi w węgiel



Rys. 2. Wykres układu potrójnego Fe—Si—C.

nard'a<sup>45, 46)</sup>, Sanfourche'go<sup>21)</sup>, Ruera i Klesper'a<sup>47)</sup>, Hondy i Murakami'ego<sup>48)</sup>, Ruder'a<sup>49)</sup>, Gumlich'a<sup>50)</sup> i Murakami'ego<sup>22)</sup>, które można streścić w sposób następujący:

- 1) Obniżenie przemiany  $\delta \rightarrow \gamma$  przy równoczesnym ubywaniu ciepła reakcyjnego przemiany;
- 2) Podwyższenie przemiany  $\gamma \rightarrow \alpha$  przy równoczesnym zmniejszeniu ciepła reakcyjnego;
- 3) Obniżenie przemian magnetycznych  $\beta \rightarrow \alpha$  do 450° C dla granicznych kryształów mieszanych.

<sup>41)</sup> M. L. Neuburger. Röntgenographie des Eisens und seiner Legierungen, Stuttgart, 1928.

<sup>42)</sup> J. Iron and Steel Inst. 1890, str. 37, 28.

<sup>43)</sup> " " " " 1894, str. 45, 143.

<sup>44)</sup> " " " " 1903, str. 64, 312.

<sup>45)</sup> Rev. Mét. 1915, str. 493.

<sup>46)</sup> Comptes rendus, 1913, str. 1240.

<sup>47)</sup> Ferrum, 1914, str. 257.

<sup>48)</sup> Sc. Rep. Tohoku Imp. Univ., 1924, str. 257.

<sup>49)</sup> Iron Trade Review 1924, str. 257 i 1917, str. 1400.

<sup>50)</sup> St. und E. 1919, 841/7, 765/70, 800/5, 841/7, 901/7, 966/72.

<sup>51)</sup> Oberhoffer „Das technische Eisen“ 2 wyd., 1925, str. 103—108, 301, 217.

<sup>52)</sup> St. und E. 1928, str. 393.

<sup>53)</sup> " " " " 1925, str. 293.

<sup>54)</sup> Archiv. f. das Eisenhüttenwesen, 1929, str. 449 i Berichte d. Werkstoffaussch. V. d. Eisenh. Nr. 69, 1925.

<sup>55)</sup> Comptes rendus, 1 Sept. 1890.

<sup>56)</sup> St. und E. 1915, str. 1083, i J. Iron and Steel Inst., 1915.

<sup>57)</sup> St. und E. 1918, str. 1160 i Ir. Tr. Rev., 1917, str. 1400/1.



żarzenia). Badania H. Scott'a, H. Schwartz'a i H. Payn'ego<sup>60)</sup>, T. L. Meacham'a<sup>61)</sup> potwierdzają, że krzem w stali podwyższa punkt  $Ac_1$  i  $Ar_1$ , a obniża punkt  $A_2$ . Jak twierdzi Meacham, 1% krzemu podwyższa punkt  $Ac_1$  o  $28,1^\circ C$ , a punkt  $Ar_1$  o  $28,9^\circ C$  i obniża punkt  $A_2$  o  $11,1^\circ C$ . Na podstawie tych badań, można przyjąć, że punkty  $A_1$  i  $A_3$  leżą w stali krzemowej o około  $30^\circ C$  na 1% Si wyżej, niż w zwyczajnej stali węglistej, oprócz punktu magnetycznego  $A_2$ , który na każdy procent zawartości krzemu spada o około  $10^\circ C$ .

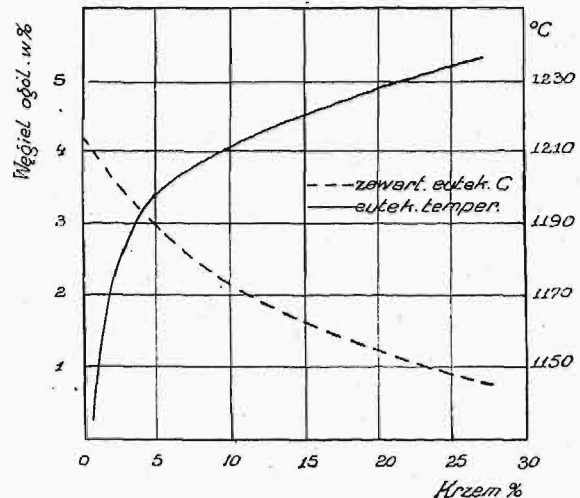
Układ potrójny Fe — Si — C nie jest dotychczas dokładnie zbadany. Posiadamy obecnie wykres Fe —  $Fe_3C$  — FeSi, ułożony na podstawie badań Gontermanna<sup>62)</sup>, Wüsta i Petersona<sup>63)</sup> i Hond'a i Murakami'ego<sup>64), 65)</sup>. Prace tych badaczy polegały na obserwacjach termicznych, magnetycznych i mikrograficznych.

Według badań Wüsta i Peterson'a, zdolność rozpuszczenia węgla z żelazie płynnym obniża się w miarę zwiększenia zawartości krzemu. Podobnie przesuwają się punkty ledeburytu do niższych zawartości węgla i wyższych temperatur. Gontermann uważa, że powierzchnia wykresu składa się z 2-ch części, z których jedna odpowiada wydzielaniu się pierwotnych kryształów austenitu, zawierających krzem, t. zw. silico-austenitu, zaś druga składa się z pierwotnych kryształów cementytu. Rozpadowi cementytu, pod wpływem tworzenia się grafitu, sprzyja zwiększenie zawartości krzemu. Z powodu tego, że Fe—Si tworzy roztwory stałe tak z cementytem jak i z austenitem, stopy Fe—Si krzepną bez tworzenia potrójnej eutektyki.

Wykres potrójny Kotaro — Honda i Takejiro — Murakami'ego, na podstawie badań termicznych i mikroskopowych, jest przedstawiony na rys. 2, w którym zmieniono nieco krzywą BJ (z powodu zmiany układu Fe—Si na podstawie badań Phragmèn'a). W polu I (ADM) krzepnie pierwszy silico-austenit; przy dalszym oziębianiu, powstaje silico-ferryt, a przy  $700^\circ$  tworzy się perlit. W polu II (CDI) tworzy się austenit (jak w polu I), potem w miarę oziębiania wydziela się karbid, a w końcu perlit. W polu III wydziela się silico-austenit; przy temperaturze  $1150^\circ$  do  $1200^\circ$  krzepnie reszta cieczy w mieszaninę eutektyczną z austenitem i karbidem; z austenitu, w miarę oziębiania, tworzy się perlit. W stopach Fe — Si — C o zawartości ponad 16% Si rozpada się austenit poniżej  $1015^\circ$  w karbid i związek  $Fe_3Si_2$ . W polu IV, t. j. w stopach, zawierających więcej krzemu i węgla niż to odpowiada krzywej BJ, wydzielają się pierwsze kryształy karbidu. Przy temperaturze eutektycznej tworzy się

eutektyka z austenitem i karbidem. W miarę oziębiania, następuje przemiana, jak w polu III.

Układ potrójny ma wielkie znaczenie w technice odlewniczej. Krzem wpływa nie tylko na tworzenie grafitu i wydzielanie węgla żarzenia, lecz także na rozkład  $Fe_3C$  w temperaturze 800 do  $1000^\circ$ . Oprócz tego krzem w układzie Fe — C obniża zawartość węgla potrzebnego do składu eutektycznego, czyli, mówiąc inaczej, surowiec zawierający krzem może być już nadeutektyczny przy tej zawartości węgla, która w żelazie bez krzemu lub o bardzo małej zawartości Si powoduje tworzenie się struktury podeutektycznej lub eutektycznej. Nadeutektyczna struktura surowca jest niepożądana, gdyż grube lamelle grafitu wpływają na obniżenie własności wytrzymałościowych surowca, dlatego trzeba zwracać uwagę w odlewnictwie na zawartość krzemu w surowcu. Ze zwiększeniem zawartości krzemu w surowcu przy tych samych warunkach fizycznych (temperatura, czas i t. p.), zmniejsza się ogólna zawartość węgla na podstawie badań Wüsta i Petersona, co objawia się tem, że ze zmniejszeniem zawartości krzemu w żelazie zmniejsza się rozpuszczalność węgla w stanie płynnym, co przedstawia rys. 3. Wüst



Rys. 3. Rozpuszczalność węgla w zależności od zawartości krzemu.

i Peterson starali się ująć zależność rozpuszczalności węgla od zawartości krzemu we wzór<sup>61)</sup>:

$$C \% = 4,26 - \frac{Si}{6,3}$$

Krzem wpływa również (rys. 3) na eutektyczną temperaturę krzepnięcia stopu Fe — Si, przesuwając ją do wyższych temperatur.

**Badania chemiczne i metalograficzne stali i stopów żelazo - krzemowych.** Mikrostruktura stali krzemowych jest taka sama jak stali węglistej, tylko ferryt stali krzemowej zawiera w roztworze stałym związek chemiczny Fe — Si (a także możliwa jest pewna ilość  $FeSi_2$ ). Badaniem struktury stali krzemowych zajmował się głównie Guillet. Według niego, stal krzemowa o zawartości 0,2% C i do 5% Si składa się z perlitu i roztworu stałego FeSi w żelazie. Przy 5% Si do 20% Si, zaczyna węgiel wydzielać się w postaci grafitu. Powyżej 20% Si w stali widać, oprócz grafitu, dwa składniki strukturalne: FeSi i  $Fe_3Si_2$ . Przy wyższych zawartościach krzemu, widać kryształy, otoczone eutektyką, i to tem większą ilość eutektyki, im większa jest zawartość krzemu. Stale krzemowe o wyższej zawartości węgla, według Guilleta 0,8% C,

<sup>59)</sup> St. und E. 1923, str. 953 i Chem. Met. Engg. 1923, str. 212/4.

<sup>60)</sup> J. Iron and Steel Inst. 1923, Nr. 1, str. 718.

<sup>61)</sup> Trans. of the Am. Inst. of Mining and Met. Engrs, 1923, str. 916.

<sup>62)</sup> St. und E., 1911, str. 819, i Z. f. anorg. Chem., 1908, str. 373.

<sup>63)</sup> Wüst i Peterson. Metallurgie, 1926, str. 811.

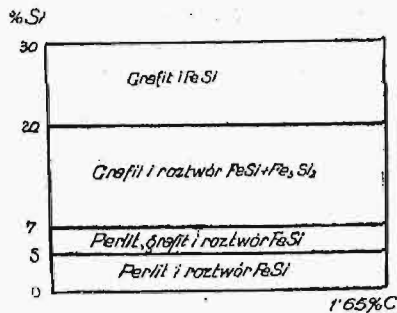
<sup>64)</sup> St. und E. 1925, str. 634 i Science Rep. Tohoku Univ., 1924, str. 257/88.

<sup>65)</sup> St. und E., 1923, str. 1327/28.

<sup>66)</sup> Prof. H. A. Bartel. Metalografja i obróbka termiczna metali, Moskwa 1927, str. 217/23.

nie okazują żadnych innych składników strukturalnych, tylko ilość perlitu i grafitu jest większa w stali o większej zawartości węgla niż o małej. Na podstawie tych badań, Guillet podał wykres (rys. 4), przedstawiający składniki strukturalne stali krzemowej; z rysunku tego widać, że na wydzielenie grafitu w stali krzemowej nie wpływa zawartość węgla, a wpływ decydujący ma krzem. Obróbka termiczna stali krzemowej podobna jest do obróbki stali węglistej i może odbywać się tylko kosztem perlitu. Przez wyżarzanie stali krzemowej wydziela się węgiel w postaci grafitu.

P. Oberhoffer<sup>67)</sup> podaje odczynnik, zapomocą którego można najłatwiej zbadać metalograficznie,



Rys. 4. Składniki strukturalne stali krzemowej.

czy stal lub żelazo zawiera krzem; jest to roztwór alkoholowy jodu 1 : 10 z 1/10 normalnego roztworu jodu. Czas trwania wytrawiania wynosi od 5 do 10 minut. Jeżeli żelazo nie zawiera krzemu, to po wytrawieniu otrzymujemy całkiem ciemną powierzchnię. W razie obecności krzemu, otrzymujemy po wytrawieniu próbki białe punkty, których ilość zależy od zawartości krzemu w badanym materiale. Przy badaniu próbek z blach na przetwornice okazało się, że w tej samej próbce ilość krzemu jest różna; wiadomo atoli, że krzem nie posiada zdolności do likwacji; objaśnienie tej niejednorodności można znaleźć tylko w tem, że po wprowadzeniu żelazo - krzemu do pieca należy około 10 minut poczekać, by mogła zajść dyfuzja krzemu w płynnym żelazie, zwykle zaś (lub bardzo często) następuje spust natychmiast po wrzuceniu żelazo - krzemu do pieca, wobec tego krzem nie ma czasu równomiernie rozdzielić się w żelazie i stąd pochodzi nierównomierne rozdzielanie krzemu w poszczególnych zlewkach. Gotujący się alkaliczny roztwór pikrynianu sodowego<sup>68)</sup> dobrze wytrawia związek chemiczny FeSi. Według Pillinga<sup>68)</sup>, na stal krzemową, zawierającą więcej niż 6% krzemu, działa podczas polerowania woda, tak że trzeba przy polerowaniu chociaż przy końcu stosować alkohol; również trzeba unikać wszystkich odczynników, zawierających w roztworze wodę. W tym wypadku stosuje się roztwór kwasu azotowego i metylalkoholu w nitrobenzolu. Trzeba najpierw przygotować wstępny roztwór 20% kwasu azotowego w metylalkoholu. Przed wytrawieniem należy rozpuścić 40 kropeł tego roztworu w 50 cm<sup>3</sup> nitrobenzolu i wytrawić około 20 sek. (O ile roztwór kwasu azotowego i metylalkoholu jest wystawiony na działalność światła dziennego — rozkłada się). Po wytrawieniu, szlif pokrywa się błonką organiczną, którą można usunąć przez zanurzenie szlifu do stężonego roztworu wodorotlenku sodowego (NaOH) i przetarcie wata; NaOH można następnie usunąć alkoholem. Ten odczynnik trawi węgliki (karbidy) czarne pod mikroskopem. F. Körber<sup>69)</sup> używał do wytrawiania stali krzemowej (o 5% Si) alkoholowego roztworu kwasu solnego, który dobrze wytrawia granice ziarn i linje poślizgów. Do wytrawiania stali krzemowych nadaje się również wodny roztwór kwasu azotowego: 10% kwas azotowy.

Są różne metody określania chemicznego krzemu w stali i żelazie<sup>72)</sup>. Niema dotychczas metody dokładnej analizy chemicznej stopów bogatych w krzem. Dlatego w zależności od zawartości krzemu, istnieją różne metody oznaczania krzemu, które okazują większe lub mniejsze różnice. Z powodu utrudnionego badania chemicznego, badający stara się określać krzem w stopach na podstawie jego własności fizycznych. W tym kierunku prowadzono różne badania, jak de Chalmo't'a<sup>74)</sup>, Rothe<sup>75)</sup>, Schwartza<sup>76)</sup>, Łowzow'a<sup>77)</sup>, Phragmèn'a<sup>78)</sup> i T. D. Yensen'a<sup>79)</sup>. Wszystkie oznaczenia tych autorów różnią się nieznacznie, gdyż przyczyną jest różnica badanych stopów, metod mierzenia i analizy. Jedni z nich oznaczają zawartość krzemu w stopie na podstawie ciężaru właściwego, gdyż żelazo i krzem ma wielką różnicę objętości właściwej. Dla przykładu podaję, według „Werkstoff - Handbuch“, kilka stopów żelazo - krzemowych, w których jaskrawie zmienia się ciężar właściwy:

Nazwa materiału	Ciężar właściwy
Żelazo czyste (Fe) . .	7,88
Żelazo-krzem 7,5% Si .	7,35
Żelazo-krzem 20% Si .	6,70
Żelazo-krzem 46% Si .	4,87
Żelazo-krzem 95% Si .	2,32
Blacha prądnicowa 4% Si	7,61

T. D. Yensen, znów z dość przybliżoną dokładnością, proponuje oznaczać krzem w stopach żelazo-krzemowych zapomocą pomiaru oporu elektrycznego i twardości, gdyż ze zmianą zawartości krzemu

<sup>69)</sup> " " " 1925, str. 1146/49.

<sup>70)</sup> " " " 1904, str. 514/9.

<sup>71)</sup> " " " 1925, str. 51.

<sup>72)</sup> Chem. Zeit. 1923, str. 87 i J. Iron and Steel Inst. 1923, Nr. 1, str. 484.

Chem. Zeit. 1927, str. 924 i J. Iron and Steel Inst. 1927, Nr. 2 str. 981.

Chem. Zeit. 1927, str. 122 i J. Iron and Steel Inst. 1927, str. 981.

Mitt. K. W. Inst. f. Eisenf. 1927, str. 195 i J. Iron and Steel Inst., 1927, str. 981.

St. und E., 1927, str. 968.

<sup>73)</sup> J. Iron and Steel Inst., 1924, str. 465, Nr. 2. Fondry Trade Journal 1924, str. 89, 118, 165, 221, 250, 258, 299.

Z. anorg. Chemie, 1924, str. 13 i J. Iron and Steel Inst., 1924, Nr. 2 str. 466.

J. Iron and Steel Inst., 1927, Nr. 1, str. 982, i Ind. and Engineering Chemistry 1927, str. 165.

<sup>74)</sup> J. Am. Chem. Soc. 1889, str. 960.

<sup>75)</sup> St. und E., 1908, str. 128/31.

<sup>76)</sup> Ferrum, 1913, str. 80.

<sup>77)</sup> Tidskrift for Kemi, 1919, Nr. 1.

<sup>78)</sup> Jernk. Ann. 1923, str. 121.

<sup>79)</sup> St. und E. 1925, str. 764, oraz Ind. Eng. Chem. 1924, str. 366/7 i Metal Ind. 1924, str. 181.

<sup>80)</sup> St. und E., 1923, str. 82/3 i Z. anorg. Chem. 1921, str. 89/131.

<sup>67)</sup> St. und E. 1926, str. 1191/2.

<sup>68)</sup> " " " 1924, str. 1756.

w stopie zmienia się silnie przewodnictwo elektryczne i twardość.

Należy jeszcze nadmienić, że stopy żelazo-krzemowe bogate w krzem, od 33,4 do 100% Si, mają skłonność do samoczynnego rozpadania się na powietrzu w mniejsze części. W tym kierunku przeprowadzili badania N. Kurnakow i G. Urasow<sup>80)</sup> i inni, którzy twierdzą, że żelazo - krzem jest bardzo hygroskopijny; przy nagrzaniu uchodzi para wodna, a wskutek wydzielania się pary rozkładają się niektóre związki metalowe, a przedewszystkiem połączenia fosforowe ( $Fe_3P$  i  $Fe_2P$ , według innych badaczy — podfosforan wapnia), wydziela się fosforowodór w postaci par gazowych, który jest trujący; jest on powodem rozpadania się żelazo - krzemu w wilgotnym powietrzu. W uboższych stopach, od 33,4% Si i niżej, występuje fosfor w roztworze stałym z krzemem w żelazie  $\gamma$ , dlatego stopy te są odporniejsze na działanie pary wodnej powietrza i wydzielają tylko bardzo małe ilości fosforowodoru.

Badania metalograficzne stopów krzemowych są bardzo utrudnione; stopy żelazo — krzem o za-

wartości więcej niż 50% są tak kruche, że po skrzepnięciu rozpadają się na więcej lub mniej wyraźne warstewki łuskowate. Przygotowanie szlifów z takich stopów jest prawie niemożliwe. Można je otrzymać tylko w kierunku prostopadłym do warstw. Również niema jeszcze odpowiedniego odczynnika do wytrawiania; wprowadzono znaleziono odczynnik<sup>81)</sup>, który składa się z równych części stężonego fluorowodoru, stężonego kwasu azotowego (ciężar. wł. 1,4) i wody; kryształki krzemu po wytrawieniu zabarwiają się lekko na odcień od oliwkowo-zielonego aż do brunatnego. W stopach krzemowych o zawartości krzemu mniejszej niż 45% Si stosuje się odczynnik podobny, lecz więcej rozcieńcza się go (z trzema częściami wody i z małym dodatkiem kwasu siarkowego). Stopy żelazo — krzemowe od 45 do 55% Si dają się również dość dobrze wytrawiać zapomocą odczynnika z równych części fluorowodoru stężonego i kwasu azotowego (bez dodatku wody).

(dok. nast.).

## PRZEGLĄD PISM TECHNICZNYCH.

### BUDOWNICTWO WODNE.

#### Ochrona Paryża przeciw powodziom<sup>\*</sup>).

Liczne projekty ochrony Paryża przeciw powodziom można podzielić na 2 grupy.

Jedne z nich przewidują budowę zbiorników wodnych w dorzeczu Sekwany, gdzie można założyć 4 zbiorniki o łącznej pojemności 139 milionów  $m^3$  wody. Aby jednak uchronić Paryż od wylewów, trzeba zmniejszyć przepływ wielkiej wody Sekwany o 500  $m^3/sek$  w ciągu 15 dni, więc zamagazynować 630 milionów  $m^3$  wody, co by kosztowało obecnie 300 milionów franków, bez możliwości użycia zbiornika na inne cele.

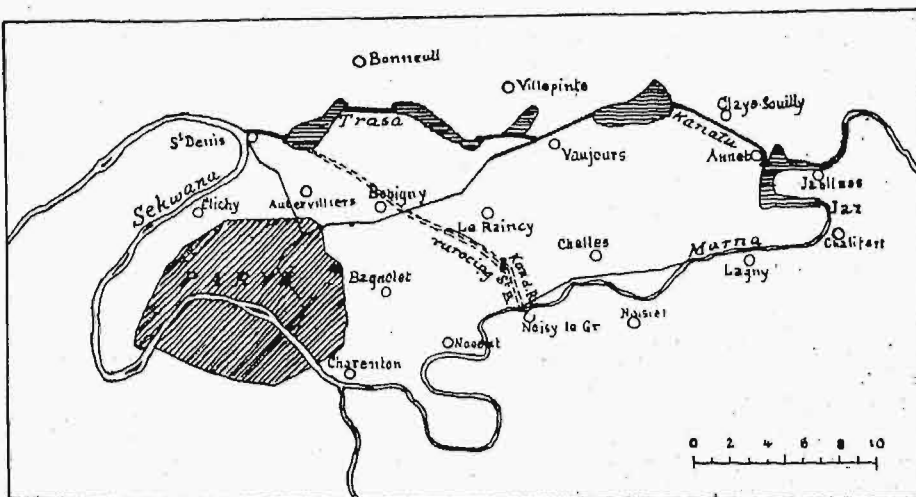
Drugą idea jest odprowadzenie części wód Marny poza obwodem Paryża, z ujściem do Sekwany poniżej miasta.

Są trzy projekty: 1) insp. gen. Droguet'a, 2) inż. Maynarda i 3) inż. D-ra Fisichera.

Według pierwszego projektu, należy wykonać kanał ulgowy o długości 35,25  $km$ , o przepływie 500  $m^3/sek$ , zaczynający się w Annet-sur-Marne i uchodzący do Sekwany pod la Briche niedaleko Saint-Denis. Kanał ten biegłby kanałem de l'Oureq od Claye-Souilly aż do Sevran, a dalej łożyskiem rzeczek de Morée i du Rouillon (rys. 1). Przekrój o szerokości w dnie 30  $m$ , głębokości 6  $m$  i o skarpach o nachyleniu 1:1, byłby ubezpieczony całą warstwą betonu 30  $cm$  grubości. Spad kanału wynosiłby 0,365‰, a prędkość wody 2,30  $m/sek$ . Głębokość wykopu byłaby dość

znaczna, a mianowicie 30,5  $m$ . Należałoby wykopać 25,3 milionów  $m^3$  ziemi i wykonać 670 000  $m^3$  betonu. Koszty oznaczono w r. 1911 na 385 milionów franków; według inż. Maynarda, koszty wzrosłyby w r. 1926 do 900 milionów franków.

Inż. Maynard projektuje kanał na przepływ tylko 250  $m^3/sek$  w 2 alternatywach. Według jednej przewidziano budowę kanału w łożysku rzeczki Saint-Baudille aż do Gagny. W tej miejscowości mają być ustawione pompy, tło-



Rys. 1.

czące wodę 3 rurociągami z betonu uzbrojonego o średnicy 6,50  $m$  na wysokość 60  $m$  do kanału o kinetyce żelbetowej półeliptycznej, 14  $m$  szerokości i 4  $m$  głębokości, prowadzącego wodę z prędkością 5,77  $m/sek$  do miejscowości la Briche. Długość całkowita tego kanału wynosiłaby 18,7  $km$ . Według drugiej alternatywy, miałyby być poprowadzone 3 rury o średnicy 6,50  $m$  w tunelu 7  $km$  długości pod Gagny i Villecomble, przyczem strata spadku wynosiłaby 0,45‰, przy przepływie 150  $m^3/sek$ , a 1,15‰ przy przepływie 250  $m^3/sek$ . Wysokość tłoczenia wynosiłaby 16,5  $m$ , a moc

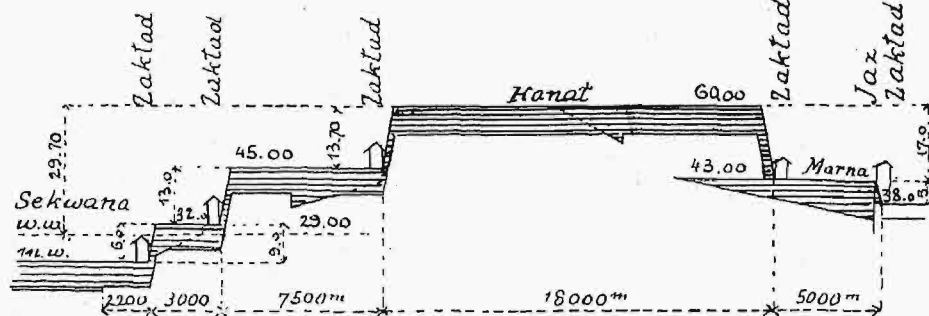
<sup>\*</sup>) E. Maynard. La protection de Paris contre inondations par une derivation des eaux de la Marne entre Neuilly-sur-Marne et Saint-Denis. Le Génie Civil, t. LXXXVIII, Nr. 7, z 13.II.1926.

L. Fischer. La protection de la ville de Paris contre les crues de la Seine, avec pompage et recuperation hydraulique. Le Génie Civil, t. XCIV, Nr. 13, z 30.III.1929.

<sup>81)</sup> St. und E., 1925, str. 141/4.

potrzebna 85 000 KM. Koszt budowy wyniósłby 363 milionów franków.

Trzeci wreszcie projekt, inż. Fischera, przyjmuje rozwiązanie pośrednie, prowadząc kanał w kilku poziomach i pom-



Rys. 2.

powanie wody na stanowisko szczytowe na wysokość 17 m oraz wyzyskanie siły wodnej w dolnych stanowiskach. Całkowita długość kanału wyniesie 18,2 km. Spad kanału 0,072‰, więc cała strata 1,30 m. Zakłady rozporządzałyby spadem 60 — (1,30 + 29) = 29,7 m. Głębokość kanału 2,50 m (rys. 2). Energia potrzebna do podniesienia 500 m<sup>3</sup>/sek wody pod Annet-sur-Marne wynosiłaby 150 000 KM i nieco więcej energia wytwarzana w dolnych stanowiskach. Koszt robót obliczono na 250 do 300 milionów franków.

Zresztą kanał będzie mógł służyć jako dobra droga wodna, a zakłady elektryczne nad nim zbudowane pokryją w bardzo dogodny sposób zapotrzebowanie szczytowe Paryża i jego okolicy.

Prof. dr. Inż. Adam Rożański.

## GOSPODARKA ENERGETYCZNA.

### Wielkie siłownie wodne w Indjach.

Coroczne okresowe deszcze (w okresach „masonów”) w Indjach mają być wkrótce wyzyskane do wytwarzania energii elektrycznej, która zasilac ma miasto Bombay i jego okolice.

W tym celu Tow. Tata Power Company przystąpiło przed dwoma laty do budowy siłowni wodnej o mocy ok. 150 000 KM, której pierwszy projekt wykonano jeszcze w r. 1919.

Zbiornik o pojemności 460 miljn. m<sup>3</sup> będzie ograniczony zaporą murowaną o wysokości 45 m i długości 1100 m. Od północy ma być wykonana nadto zaporą dodatkową, czynna w czasie musonu. Woda przepływa sztolnią o długości 4½ km, a dalej 5-ciu spawanymi rurami  $\varnothing$  1,3 m, długości 2100 m, do zakładu wodnego.

Zakład posiada 6 turbin Peltona o mocy po 17500 kW przy 11000 V. Prąd ma być przetwarzany na 110kV i w tej postaci przesyłany do podstacji w Bombay'u, gdzie znajdzie zastosowanie do napędu kolei, młynów i in. celów. (Engineering, 19 kwietnia r. b., str. 487).

## METALOZNAWSTWO.

### Nikiel w żeliwie.

Wpływ niklu na własności żeliwa można określić w sposób następujący: nikiel sprzyja rozkładowi węgla, ziarno staje się drobniejsze, twardość równomierna, co ułatwia obróbkę, a wytrzymałość na ogół zwiększa się. Na tej podstawie surowce zawierające nikiel mogą być stosowane do odlewów na części silników, na walce, tłoki, koła zębate i t. p. Nikiel można wprowadzać do żeliwa bądź w samym żeliwiaku, bądź w czepaku, w rynnice, wreszcie — w kadzi. Dodaje się Ni jako metal, lub jako stop w postaci sztabek, kulek lub bloczków żelaznych, zawierających nikiel.

Przy małych odlewach najlepsze wyniki osiąga się przez dodawanie niklu albo jego stopów po wypuszczeniu żeliwa z żeliwiaka.

Najlepsze własności posiada surowiec Mayari, zawierający węgla 4,23%; krzemu 1,45%; manganu 1,28; S 0,012%; P 0,078%; Ni 0,89% i Cr 1,92%. Robiono próby dodawania niklu do odlewów maszynowych, zawierających 0,55% i więcej węgla chemicznie związanego, i to w ten sposób, że do surowca, zawierającego 3,33% węgla, a w tej liczbie 0,60% węgla chem. związanego, i 2,70% grafitu + 2,98 krzemu + 0,96% manganu, 0,10% siarki i 0,18% fosforu, dodano bezpośrednio przed odlewaniem 0,7; 1,12 i 1,84% niklu.

W miarę podnoszenia zawartości niklu, wytrzymałość na rozciąganie wzrasta tylko trochę. Wytrzymałość na zginanie wzrasta do zawartości 2% niklu; przy wyższych zawartościach — spada. Twardość w skali Brinella wzrasta do 192—207 kg/mm<sup>2</sup> przy zawartości niklu 1,84%. Struktura w miarę zwiększenia zawartości niklu staje się więcej perlityczną.

Ponieważ nikiel sprzyja powstawaniu grafitu, należy przypuszczać, że dla otrzymania lepszych wyników wypadnie obniżyć zawartość krzemu. Celem zbadania tego zagadnienia, do żeliwa zawierającego 0,9 — 1,36% krzemu dodawano od 1 do 2,03% Ni. Wytrzymałość na rozciąganie takiego żeliwa była 24,7 — 29,5 kg/mm<sup>2</sup>, zaś twardość w skali Brinella była o wiele wyższa niż żeliwa zawierającego normalną ilość krzemu.

Powyższe badania stwierdzają dodatni wpływ niklu na żeliwo, z tem zastrzeżeniem, że skład surowca musi być odpowiedni, zwłaszcza zawartość krzemu musi być nieco obniżoną. (Die Giesserei 1929, str. 10).

Inż. M. Zińczenko.

## Nowe wydawnictwa\*).

Polowy podręcznik saperski. Wyd. Przeglądu Wojskowo-Technicznego. Str. 1140 (1/16<sup>o</sup>) z liczn. rys. Warszawa, 1929.

Twórczość wynalazcza w Polsce. Wykaz patentów na wynalazki polskie i wzory użytkowe firm krajowych, z okresu 1918 — 1928. Nakł. Urzędu Patentowego Rz. P. Str. 116. Warszawa, 1929.

Cours d'exploitation des mines. Haton de la Goupillière, dyr. hon. Ecole Nationale Supérieure des Mines. Wyd. 4-te. Str. 1203, rys. 761. Dunod, Paryż, 1928.

Rahmenformeln. Prof. Dr. A. Kleinlogel. Wyd. 6-te. Str. 400, obejmujących około 700 ramownic, z 1300 rys. W. Ernst und Sohn. Berlin, 1929.

Handbuch der neuen Strassenbauweisen mit Bitumen, Teer u. Portlandzement als Bindemittel. W. Reiner. Str. 400 z 216 rys. J. Springer. Berlin, 1929.

Holzbearbeitungsmaschinen und Holzbearbeitung des In- und Auslandes. J. Gillrath. Str. 580 z 611 rys. J. Springer. Berlin, 1929.

Getriebe und Getriebemodelle, Cz. II. Wydanie AWF (Ausschuss für Wirtschaftliche Fertigung). Str. 142 z 299 rys. J. Springer. Berlin, 1929.

\* ) Podawane w tym dziale wydawnictwa są do nabycia w księgarni „Przeglądu Technicznego”, ul. Czackiego 3 w Warszawie.

## SPRAWOZDANIA I PRACE

## POLSKIEGO KOMITETU ENERGETYCZNEGO

## BULLETIN DU COMITÉ POLONAIS DE L'ÉNERGIE

## T R E Ś Ć :

Energja instalowana w Polsce w dniu 1.I. 1928 r.  
Znaczenie kanału węglowego dla eksportu węgla.  
Sprawozdania z posiedzeń.

## WARSZAWA

29 MAJA  
1929 R.

## S O M M A I R E :

Puissance totale, installée en Pologne au 1 janvier 1928.  
La rentabilité du canal projeté Silésie — Mer Baltique pour le transport de la houille.  
Compte - rendus des séances.

## Energja instalowana w Polsce w dniu 1. I. 1928 r.

Brak dokładnych danych statystycznych, dotyczących mocy silników zainstalowanych na terenie Polski, skłonił do podjęcia niniejszej pracy, w której zestawiona została w KM energja instalowana w różnych działach przemysłu i życia publicznego.

Obliczenie i zestawienie mocy instalowanej w prądnicach oparte jest na „Statystyce Zakładów Elektrycznych w Polsce” za rok 1925 (Warszawa 1927), a niektóre współczynniki, podane w tomie jubileuszowym czasopisma „Przemysł i Handel”, pozwoliły na określenie stanu mocy instalowanej w prądnicach w dn. 1 stycznia 1928 r. Do określenia mocy mechanicznej wytwarzanej przy pomocy pary posłużyła statystyka instalacji kotłowych, prowadzona dokładnie przez dozory kotłowe; po odrzuceniu pewnej części powierzchni ogrzew. kotłów, przypadającej na produkcję pary do celów grzewczych oraz rezerwę, resztę możemy traktować jako powierzchnię ogrzewaną, wytwarzającą parę dla silników parowych. Opierając się na statystyce pojazdów mechanicznych, jak parowozy, samochody, traktory i t. p., wyznaczono całkowitą ich moc w KM.

Energję elektryczną instalowaną w Polsce w roku 1925 można ocenić, na podstawie wydawnictwa Ministerstwa Robót Publicznych p. t. „Statystyka Zakładów Elektrycznych w Polsce”, na 1 100 000 KM. Energja ta jest instalowana przeważnie pod postacią zespołów parowych, tylko niewielka jej część (ok. 38 000 KM) przypada na agregaty spalinowe i wodne.

Ponieważ energja instalowana ulega ciągłym wahaniom, wywołanym instalacją nowych zespołów i wycofywaniem starych, przeto trudno jest dokładnie ustalić ilość energii zainstalowanej w danej chwili, tembardziej, że daje się odczuć brak odpowiednio pewnych danych statystycznych. W tomie jubileuszowym czasopisma „Przemysł i Handel” za rok 1928 (str. 190) podano, że produkcja energii w roku 1926 wzrosła o ok. 12%, a w roku 1927 o ok. 19%. Przyjmując z dużym przybliżeniem, że w równym stosunku wzrosły instalacje, znajdziemy przybliżony stan energii elektrycznej zainstalowanej w rozmaitych gałęziach przemysłu w początku roku 1928. Poniższe zestawienie podaje w KM wartości energii elektrycznej, zainstalowanej w różnych dziedzinach przemysłu oraz w elektrowniach publicznych:

1. Elektrownie publiczne . . . . .	574 000 KM
2. Kopalnie . . . . .	426 000 „
3. Huty . . . . .	174 000 „
4. Przemysł chemiczny . . . . .	141 000 „
5. „ włókienniczy . . . . .	58 000 „
6. „ rolny . . . . .	45 000 „
7. „ papierniczy . . . . .	14 000 „
8. Inne gałęzie przemysłu . . . . .	27 000 „
9. Elektrownie kolejowe . . . . .	11 000 „
Razem	1 470 000 KM

Ogółem więc pod postacią energii elektrycznej zainstalowanych było w Polsce w początku 1928 roku 1 470 000 KM.

Zainstalowana powierzchnia ogrzewana kotłów wynosiła w dniu 1 stycznia 1928 roku, w/g sprawozdań Dozoru Kotłów w Warszawie, w Poznaniu i Katowicach, ok. 1 277 000 m<sup>2</sup>.

Można przyjąć, że 1 m<sup>2</sup> pow. ogrz. kotła daje średnio 1,5 KM. Przy pomocy pary zostaje wytworzone 1 062 000 KM, na co potrzeba ok. 708 000 m<sup>2</sup> pow. ogrz. kotłów. Pozostała pow. ogrz. 569 000 m<sup>2</sup> przypada na grzanie, rezerwę oraz na energję mechaniczną. która jest instalowana w ilości ok. 200 000 KM. Oprócz energii mechanicznej, wytwarzanej w instalacjach parowych w przemyśle, w instytucjach użyteczności publicznej i prywatnej, mamy cały szereg źródeł energii w postaci pojazdów mechanicznych, stałych silników ropowych, parowozów, okrętów, statków i t. p.

Moc reprezentowana przez parowozy kolejowe stanowi ok. 3 200 000 KM. Pojazdy mechaniczne, jak samochody, traktory, motocykle i t. p., reprezentują łącznie w/g statystyki za 1928 rok 543 000 KM. Moc instalowana na okrętach i statkach wynosi 26 000 KM.

Zaznaczyć należy, że moc instalowana na okrętach i statkach oraz moc pojazdów mechanicznych liczona jest z pominięciem mocy zainstalowanej na użytek wojska.

Reasumując, moc instalowana pod postacią energii elektrycznej wynosi 1 470 000 KM, zaś łączna moc instalowana pod postacią energii mechanicznej wynosi 3 969 000 KM. Wobec tego ogólna moc zainstalowana w Polsce w dniu 1 stycznia 1928 roku wynosi 5 439 000 KM.

Prace Komisji Transportowej P. K. En.

## Znaczenie kanału węglowego dla eksportu węgla<sup>1)</sup>.

W studjach ekonomicznych kanału węglowego obliczono koszty transportu według znanego wzoru Symphera  $\frac{90}{L} + 0,23$  fen/tkm. Wzór ten, ułożony na podstawie danych statystycznych i finansowych żeglugi niemieckiej z końca ubiegłego stulecia, nie odpowiada zupełnie zmienionym dziś stosunkom ekonomicznym w Niemczech, a tembardziej nie da się zastosować bez pewnych poprawek w Polsce.

Przeprowadzając dokładną analizę kosztów transportu, przy uwzględnieniu możliwie najkorzystniejszych warunków, a więc przyjmując najodpowiedniejszy tabor, urządzenia przeładunkowe, skracające czas postoju łodzi do minimum, oraz organizację transportu, wykluczając przerwy w ruchu i w eksploatacji łodzi i holowników, dochodzę do relacji  $\frac{161}{L} + 0,933$  groszy za 1 tkm,

czyli, przy 700 km odległości drogą wodną z Zagłębia do Gdańska, do 1,163 gr. za tkm, albo 8,14 zł. za tonnę.

W zwykłych warunkach, bez specjalnego uprzywilejowania ładunków eksportowych, koszt transportu będzie jeszcze wyższy. Kombinacja wzoru Symphera dla kanału i rzeki daje w przeliczeniu na złote cyfrę znacznie niższą, bo 0,87 gr. za tkm, albo 6,09 zł. za tonnę.

Do właściwych kosztów transportu doliczyć należy opłaty kanałowe, które dla eksportu węgla nie powinny być wyższe niż 2 zł., oraz koszty dodatkowego przeładunku z barek kanałowych na statki morskie, tudzież podstawienia wagonów do portu, co w sumie również wyniesie około 2 zł. za tonnę. Całkowity koszt transportu wodnego wyniesie zatem około 12 złotych. Ponieważ frachty wodne muszą być niższe conajmniej o 15% od ko-

lejowych, przeto praktycznie można przyjąć 15 zł., jako taryfę kolejową, przy której opłaci się przetrzymać eksport węgla na wodę.

Obecna taryfa wyjątkowa 7 zł. 20 gr. od tonny jest więc bardzo daleką od tej granicy.

Inaczej rzecz się przedstawia, jeśli weźmiemy pod uwagę rzeczywiste koszty transportu kolejowego. Koszty własne kolei, według inż. Sztolcmana, wynoszą:  $172,92 + 1,6L = 10$  zł. 53 gr., według przeciętnej w całym państwie. Obliczone dla dykcji gdańskiej i warszawskiej, dają 9 zł. 41 gr. (1,71 gr. za tkm przy 550 km nowego połączenia kolejowego).

W kosztach tych nie obliczono amortyzacji, ani oprocentowania taboru i linii kolejowej. Jeśli tych kosztów nie wliczymy również przy transporcie wodnym i pominiemy opłaty kanałowe, otrzymamy:

koszt transportu tylko. . . . .	4 zł. 19 gr.
dodatkowy przeładunek i podstawienie wagonów. . . . .	2 „ —

Rozem. . . . . 6 zł. 19 gr..

czyli 2/3 kosztów własnych kolei, względnie o 15% niżej taryfy wyjątkowej.

Wnioski, do jakich powyższe obliczenia doprowadzają, streszczają się w następujących 2 punktach:

1<sup>o</sup> Budowa kanału węglowego nie jest w stanie obniżyć deficytowej taryfy eksportowej dla węgla, stosowanej obecnie na kolejach państwowych.

2<sup>o</sup> Natomiast, mimo większej długości drogi wodnej, koszty własne, liczone bez oprocentowania i amortyzacji kapitałów włożonych w budowę drogi i w tabor, są w przybliżeniu o 1/3 niższe od takich kosztów własnych kolei i leżą w granicach opłacalności ruchu w stosunku to taryfy eksportowej.

## Sprawozdania z posiedzeń.

### Prezydium PKE n.

Protokół posiedzenia z dn. 20 kwietnia r. b.

Obecni pp.: L. Tołłoczko, K. Siwicki, B. Stefanowski, St. Czarnocki, St. Kruszewski, Cz. Mikulski, W. Rosental, M. Rybczyński i St. Turczynowicz.

1. Protokół poprzedniego zebrania odczytano i przyjęto bez zmian.

2. Sprawozdania Przewodniczących Komisji. P. Rybczyński, w imieniu Komisji Wodnej, zawiadamia, że odbyło się dwa posiedzenia dla omówienia realizacji wniosku Komisji, dotyczącego projektów wyzyskania sił wodnych<sup>2)</sup>; w posiedzeniach wzięli udział pp. przewodniczący Komisji Wodnej i Gospodarki elektrycznej i p. naczelnik Wydziału elektrycznego. Postanowiono zacząć pracę od Pomorza. Poza tem Komisja opracowała opinię o szwajcarskim projekcie ankiety statystycznej o siłach wodnych.

P. Czarnocki referuje, iż Komisja Źródeł Energji (pod-

komisja węglowa) odbyła posiedzenie w sprawie ankiety statystycznej dotyczącej zasobów węgla, wyjaśniając, jak należy klasyfikować węgiel polski w statystyce międzynarodowej. Dla przygotowania odpowiedzi na ankietę angielską, należy wykonać pewną pracę wstępną, polegającą na wyjaśnieniu średniej wartości cieplnej wydobywanego węgla w Polsce. Praca ma być ujęta tak, że z jednej strony będą zebrane dane o ilości wydobywanego węgla z różnych kopalń i różnych sortymentów, zaś z drugiej wyjaśnione będą wartości opałowe tych kategorii wydobywania. Wynik da zarówno liczby, wskazujące średnie wartości opałowe poszczególnych miejsc wydobywania, jak też i wartości poszczególnych sortymentów. Referent podnosi, iż praca ta będzie pożyteczna i bez względu na ankietę międzynarodową, gdyż da tam liczby, aczkolwiek teoretyczne, ale mające pewne znaczenie orientacyjne. Wynagrodzenie sił pomocniczych za wykonanie tej pracy wyniesie ok. 800 zł. Kierownictwo zaś obejmą pp. Stein i Kruszewski. Prezydium wydatek ten akceptuje.

Wyjaśniło się zarazem, że Podkomisja węglowa nie wypowiedziała się jeszcze co do samego ujęcia proponowanego formularza statystycznego, wobec czego ma się zebrać jeszcze raz w celu rozważenia tej sprawy.

Jednocześnie zgłoszony został wniosek (p. Mikulskiego), by wypowiedzieć się ogólnie co do pożądanego ujęcia formularza, mian. czy sprowadzić go (jak to czynią Anglicy) tylko do kilku pytań charakteru inwentaryzacyjnego, czy też wyrazić życzenie, by w ankiecie zamieszczone były

<sup>1)</sup> Referat niniejszy jest streszczeniem pracy p. t. Koszty transportu na drogach wodnych. Część II, ogłoszonej w „Prze gl. Techn.”, w zes. 13 z r. b. Część I tej pracy zamieszczona była w Nr. 49 i 50 Przeglądu Techn. z r. 1928.

<sup>2)</sup> Por. protokół posiedzenia poprzedniego.

także dane co do wyzyskania odnośnych źródeł energii. Wnioskodawca proponuje przyjęcie tego drugiego rozwiązania, wedł. którego też została ułożona ankieta torfowa, przydzielona Polsce. Po krótkiej dyskusji odłożono decyzję do nast. zebrania.

3. **Kongres w Barcelonie.** P. nacz. Siwicki zawiadomił, że M. R. P. nie zgodziło się na udzielenie środków na wyjazd proponowanego przez P.K.En. delegata na kongres powyższy, motywując to ograniczeniami kredytów. Ze względu na to, iż obecność fachowca na Zjeździe byłaby b. pożądana, postanowiono, że Przewodniczący PKEn zwróci się jeszcze w tej sprawie osobiście do p. Ministra Rob. Publ.

4. **Wystawa w Poznaniu.** Wysłuchano sprawozdania p. Sekretarza gen. prof. Stefanowskiego z prac przygotowawczych do wystawy i obejrzano 9 zademonstrowanych tablic. Uchwalono zarazem wysokość kwoty na wydatki związane z umieszczeniem tablic na miejscu, mian. 1000 zł., oraz postanowiono, iż w razie potrzeby wysłany będzie delegat PKEn do Poznania, celem dopatrzenia należytego umieszczenia eksponatów.

5. **Kongres w Tokjo.** W sprawie wyjazdu delegata, proszono p. przewodniczącego PKEn o porozumienie się z p. Ministrem Rob. Publ. przy bytności u niego.

6. **Kongres w Berlinie.** Postanowiono, że pp. przewodniczący komisji obmyśla, jakie referaty mogłyby być opracowane na ten Zjazd i przygotowują na nast. zebranie konkretne wnioski. Biuro PKEn ma rozesłać przewodniczącym komisji dane co do programu tego Zjazdu.

7. **Wolne wnioski:** a) P. prezes Tołłoczko oznajmia, że Union Internationale zbiera materiały statystyczne o produkcji energii elektrycznej. Postanowiono poprosić p. W. Rosentala o udzielenie danych tej organizacji.

b) W związku z ukazaniem się angielskiej monografii o światowych zasobach energii, postanowiono (na wniosek p. L. Tołłoczki) wydać monografię o węglu polskim na Zjazd Berliński.

c) P. W. Rosental stawia wniosek utworzenia Komisji rolniczo-energetycznej, celem objęcia przez PKEn i tej ważnej dziedziny gospodarki energetycznej. W dyskusji zaznacza p. nacz. Siwicki, iż kwestja elektryfikacji rolnictwa komplikuje się, gdyż skutkiem jej mogłoby być uwolnienie rąk roboczych, co prowadziłoby do jeszcze dalszego wzrostu naszej emigracji. Sprawę tę moglibyśmy zresztą rozwiązać, gdybyśmy mieli wielkie elektrownie okręgowe, tymczasem zaś ich prawie nie mamy.

Przeciwko twierdzeniu o eliminowaniu robotnika przez maszynę w rolnictwie wypowiada się p. L. Tołłoczko, powołując się na analogję z przemysłem miejskim. Potwierdza potrzebę zajęcia się temi zagadnieniami, mimo iż — wobec braku elektrowni okręgowych — na propagandę elektryfikacji rolnictwa jeszcze może czas nie nadszedł. Mówca zachęca p. nacz. Siwickiego do nowego wydania jego książki o elektryfikacji rolnictwa, zaznaczając, iż zarazem należałoby wydać książkę również o elektryfikacji gospodarstwa domowego.

P. St. Turczynowicz potwierdza zdanie przedmówcy, iż elektryczność nie prowadzi do bezrobocia rolnego; przeciwnie, wzrost intensywności uprawy roli wzmagając zapotrzebowanie siły roboczej, jak to wielokrotnie stwierdzono. Co się zaś dotyczy podniesionej przedwczesności działania w tym kierunku, to zwraca uwagę, że należy najpierw pobudzić ludność do zapotrzebowania prądu, a potem rozwijać elektrownie, nie zaś czekać na budowę elektrowni, które mogą zrazu nie mieć odbiorców. W dalszej dyskusji postawiono wniosek omówić to zagadnienie w referacie na najbliższym plenum PKEn, prosząc o referat p. Siwickiego. Wobec odmowy p. Siwickiego, postanowiono zaprosić p. Sokolnickiego do wygłoszenia referatu o opracowywanym przezeń z ramienia PKEn projekcie elektryfikacji kraju. Nadto postanowiono utworzyć narazie podkomisję rolniczą w komisji gospodarki elektrycznej.

d) P. prezes Tołłoczko proponuje, by PKEn (komisja Gosp. Elektr.) opracował normy obliczania amortyzacji i oprocentowania kapitału inwestowanego w elektrownie, odpowiadające warunkom polskim.

e) P. nacz. Siwicki zgłasza wniosek, by PKEn zajął się opracowaniem typu elektrowni dla Kresów Wschodnich. Wnioski te przyjęto.

W tym posiedzeniu zakończono.

## Komisja Wodna.

Protokół XIII-go posiedzenia Komisji z dnia 26 marca 1929 r.

Obecni: przew. prof. Rybczyński, inż. Herbich, inż. Łęski, dyr. inż. Prokopowicz, inż. Rundo.

1. Przedyskutowano szwajcarski projekt formularzy dla statystyki międzynarodowej sił wodnych. W myśl przeprowadzonej dyskusji, w której wzięli udział wszyscy obecni, postanowiono w piśmie do Komitetu szwajcarskiego poruszyć następujące sprawy:

a) Przyjęcie za podstawę oznaczania niskiego odpływu okresu 355 dni jest propozycją nową, która wymaga bliższego zbadania. Dotychczasowe propozycje sły raczej w kierunku przyjęcia odpływu nieco większego, np. 90% t. j. 330 dni. W myśl tego w polskich normach inwentaryzacji sił wodnych i w arkuszach katastru sił wodnych, przyjęto wodę jedenastomiesięczną, jako charakteryzującą stan niski.

b) W polskim katastrze sił wodnych przyjęto okresy 180 i 270 dni, jako wodę sześćcio, względnie dziewięćmiesięczną. Wobec minimalnej różnicy, sądzi Komisja, że nie zajdzie potrzeba przerechnowań, jeśli ustalą się jako normę międzynarodową okres 183, względnie 275 dni.

c) Komisja sądzi, że określenie mocy stałej wymaga wyraźniejszego sprecyzowania, czy odnosi się ono do przepływu 355-dniowego, czy też całorocznego, oraz czy moc tę oblicza się, jak w p. 5 formularza IA dla roku o wydatku średnim, czy też o wydatku najniższym znanym.

d) Zdaniem Komisji Wodnej, określenie średniego przepływu, jako wartości średniej z pewnej bliżej nieokreślonej liczby lat, może dać powód do zebrania danych niewspółmiernych. Byłoby pożądanym, przynajmniej w formie życzenia, lub zalecenia, określić liczbę lat, która powinna być podstawą do obliczenia wartości średniej, tembardziej, że w razie braku w niektórych wypadkach pełnej liczby lat obserwacji, można drogą analogji zawsze dojść do wartości prawdopodobnych.

e) Oznaczenie przez Międzynarodowy Komitet Wykonawczy pewnego roku, jako podstawy obliczeń, uważa Komisja za konieczne, dla zobrazowania stanu wyzyskania sił w całym świecie, atoli różnorodne warunki spływu w tym samym roku w różnych punktach kuli ziemskiej mogą spowodować względnie duże błędy w udziale poszczególnych krajów w sumarycznej energii. Dlatego wydawałoby się pożądanym bądź zredukowanie otrzymanych dla określonego roku wartości do wartości roku o średnim wydatku, bądź też podanie w uwadze stosunku, jaki zachodzi między danym rokiem, a rokiem o średnim wydatku.

f) Obliczenie w formularzu BII mocy sił niewyzyskanych na wale turbiny będzie miało, zdaniem Komisji, bardzo problematyczną wartość w tych krajach, w których brak jest projektów generalnych przyszłych zakładów wodnych. Wydawałoby się prostszym rozwiązaniem podanie sił wodnych brutto, jako iloczynów ze spadku naturalnego i przepływu, tudzież współczynnika wyzyskania na podstawie istniejących projektów szczegółowych, lub też zakładów istniejących.

Ponadto uznała Komisja za wskazane przetłumaczenie norm polskich i podanie ich do wiadomości Komitetu Szwajcarskiego.

2. Na żądanie Ministerstwa Robót Publ., wydano opinię o wniosku Dyrekcji Robót Publicznych w Krakowie, domagającym się wysłania inżynierów państwowych dla zwiedzenia wysokich zapór we Włoszech, zwłaszcza zapór o łukach wielokrotnych i zapór z narzutów kamiennych.

Dyskusję, w której wzięli udział wszyscy obecni, przeprowadzono na podstawie referatu pisemnego prof. Poniańskiego.

Opinia Komisji streszcza się w następujących punktach: Wysyłanie inżynierów państwowych zagranicę, dla zwiedzenia większych robót publicznych, należy uznać za pożądanym, niekiedy za koniecznym, jeśli roboty pewnego typu są w kraju zamierzone.

Jeżeli zwiedzenie ma przynieść prawdziwą korzyść, należałoby przestrzegać następujących zasad:

Przedmiotem zwiedzenia powinny być typy budowli zbliżone do tych, jakie znajdują zastosowanie w kraju. Pod tym względem ani zapory z łuków wielokrotnych, ani z narzutów kamiennych nie mają widoków zastosowania w Polsce.

Raczej zaleciłoby należało zwiedzenie zapór masyw-

nych, projektowanych na Sole i Dunajcu, oraz średniej wysokości zapór ziemnych, budowanych obecnie na Pomorzu, i mających przyszłość również w Wileńszczyźnie. Zwiędzenie zapór typu pierwszego jest możliwe zarówno we Włoszech, jak we Francji, Niemczech i Szwajcarii; zapory ziemne w Niemczech będą prawdopodobnie najbardziej zbliżone do stosunków naszych.

Program wycieczki powinien uwzględnić przedewszystkiem zapory w budowie. Zapory już wykonane nie pozwalają na ocenę trudności, z jakimi spotkać się można w czasie budowy.

Należy ułożyć program może pozwolić na obejście zapór w różnych stadiach budowy.

Inżynierowie wysyłani zagranicę powinni mieć wyraźnie określony przedmiot studjów i powinni z przeprowadzonych studjów i ze swoich spostrzeżeń zdać wyczerpujące sprawozdanie.

Przedewszystkiem wysyłać należy urzędników przeznaczonych do prowadzenia budowy podobnych przedsięwzięć w kraju, pozatam tych, którzy pośrednio lub bezpośrednio mogą brać udział w studjach, projektowaniach, budowie, nadzorze lub w ekspertyzach podobnych obiektów w kraju.

Na tem posiedzenie zakończono.

### Sprawozdanie Sekcji Węglowej miejscowej Komisji Energetycznej w Zagłębiu Dąbrowskiem.

Przewodniczący: Dyr. Jan Wengris, członkowie: Dyr. Henryk Wojewódzki, Dyr. Stanisław Raźniewski, Dyr. Stanisław Doborzyński, Inż. Walery Janota, Inż. Jakowicki.

Miejscowa sekcja węglowa postawiła przedewszystkiem sobie za zadanie bardziej szczegółowe zbadanie procentowego wychodu poszczególnych sortymentów węgla, zwłaszcza zaś % stosunku grubych (wzwyż od orzecha I włącznie) i gatunków drobnych w zależności od:

- 1) Grupy pokładów eksploatowanych (łękowa, siódłowa i brzeźna),
- 2) Wpływu poszczególnych warunków geologicznych zalegania tych pokładów,
- 3) Własności fizycznych poszczególnych pokładów eksploatowanych,
- 4) Systemu odbudowy,
- 5) Mniejszej lub większej mechanizacji urabiania węgla oraz
- 6) Sposobu sortowania węgla, zwłaszcza zaś gatunków powyżej 25 mm, t. j. zaczynając od orzecha I.

Najbliższy program, ustalony na zebraniu 14.I. b. r., przewiduje, w myśl wskazówek udzielonych przez p. prof. St. Czarnockiego, zbadanie przedewszystkiem wychodu sortymentów z pokładów grupy siódłowej na kopalniach „Juljusz” Warszawskiego Tow. Kopalń Węgla i na kop. „Jowisz” Tow. Górniczo-Przem. „Saturn”, jako najdalej wysuniętych na wschód i zachód, następnie zaś ewent. na kop. „Modrzejów” Sosnowieckiego Tow., zajmującej w stosunku do dwu poprzednich położenie mniej więcej środkowe.

W celu przeprowadzenia zakreślonych badań, unikając możliwie wywołania jakichkolwiek trudności w ruchu kopalń, czytamy w protokole posiedzenia sekcji z dnia 14.I. b. r. w Dąbrowie Górniczej:

1) Kopalnie Juljusz i Jowisz ustosunkują w ciągu paru zmian w odbudowywanych przez nie tylko pokładach Reden wydobyć do wydobywania z chodników w stosunku mniej więcej 80 : 20.

2) Dalej w ciągu kilku zmian przeprowadzą badania tylko nad węglem z filarów i chodników osobno oraz z urobku, pochodzącego z powyżej przytoczonego ustosunkowania robót filarowych i chodnikowych razem.

3) Przy sortowaniu kopalnie te zastosują sita możliwie jednakowe, względnie conajmniej dające możność porównania paru sortymentów mieszanych, o wymiarach np. dla miazgi z grysikiem od 0—15 mm.

4) Uprzednio winny być dokładnie wyczyszczone kosze z pozostałości węgla, dokładnie wytarowane wagony i zważone ilości gatunków otrzymanych w okresie prób.

5) Dodatkowo należy odnotować, oczywiście o ile to się da rozróżnić, ilości, charakter i miąższość przerostów, dalej czy odbudowywane węgle są błyszczące, matowe,

włókniste i w jakim mniej więcej stosunku % -wym, gdyż spostrzeżenia dotychczasowe przypisują tym właściwościom fizycznym węgla znaczny wpływ przy jednakowych innych warunkach na ilość uzyskiwanych gatunków drobnych, a w szczególności na ilość uzyskiwanego miazgi.

Takie same próby, jak już wyżej zaznaczono, należy przeprowadzić również z węglem kopalni Modrzejów, w którym to celu Sekcja poczyni odpowiednie starania w Dyrekcji Towarzystwa Sosnowieckiego.

Jednocześnie Sekcja postara się przeprowadzić analogiczne badania na kopalniach, eksploatujących pokłady podredonowskie, a więc na kopalni Solvay, na kopalni Florar oraz na kopalni Mars.

Wyniki tych badań rzucą pewne światło na dane o wychodach poszczególnych sortymentów, opublikowane ostatnio przez Radcę Min. Przemysłu i Handlu Inż. Z. Rajdeckiego (Przegląd Techniczny Nr. 6—7, str. 234—248, Sprawozdania i Prace Polskiego Komitetu Energetycznego).

Jako dalszy etap owych badań, Sekcja Węglowa opracowała ankietę, którą wystosuje do wszystkich kopalń, i, współdziałając z Sekcją techniczną przy Radzie Zjazdu, zbierze następujący materiał:

1) Krótki i zwięzły opis systemu odbudowy, stosowany dla każdego pokładu oddzielnie, z uwzględnieniem szkiców, wskazujących wymiary chodników i filarów.

2) Określenie wydobywania z robót filarowych w % -ach w stosunku do całego wydobywania,

3) Określenie wydobywania z robót chodnikowych w % -ach w stosunku do całego wydobywania,

4) % -wy podział wydobywania z filarów na wydobywanie pochodzące:

- a) z odbudowy filarów zapomocą maszyn wrębówkowych,
- b) z odbudowy filarów zapomocą maszyn i wiertarek,
- c) z odbudowy filarów przy ręcznym wierceniu dziur.

5) % -wy podział wydobywania z chodników na wydobywanie pochodzące:

- a) z chodników prowadzonych przy zastosowaniu wrębówek,
- b) z chodników prowadzonych przy zastosowaniu tylko młotków i wiertarek,
- c) z chodników przy ręcznym wierceniu dziur.

6) Wskazanie zużycia materiałów wybuchowych w kg/tonną oraz rodzaj i ceny tych materiałów wybuchowych w odniesieniu do cytowanych wyżej 6-ciu typów robót górniczych,

7) Szczegółowe wykazanie ilościowe sortymentów węgla, uzyskiwanych z cytowanych wyżej typów robót górniczych.

W jakim stopniu sposób urabiania węgla wpływa na zwiększenie lub zmniejszenie wychodu grubych sortymentów, wskazują dobitnie badania, przeprowadzone dotąd tylko nad węglem z robót chodnikowych w pokładzie Karolina (dolny z grupy siódłowej) na kop. Saturn, przy odbudowie w jednym wypadku zapomocą wrębówek, w drugim zaś — zapomocą tylko młotków i wiertarek:

Nazwa sortymentu	Z chodników na wręb	Z chodników bez wrębu
Gruby	11,02%	7,16%
Kostka I	12,13 „	8,88 „
Kostka II a	5,02 „	4,73 „
Kostka II b	16,34 „	14,39 „
Orzech I	5,25 „	5,42 „
Orzech II	11,24 „	11,12 „
Miazgi z grysikiem	39,00 „	48,00 „
	100%	100%

Osiągnięte wyniki mówią same za siebie. Dostyc zwrócić uwagę tylko na zmniejszenie blisko o 10% ilości miazgi przy odbudowie wrębówkowej. Oczywiście jest, że badania w innych pokładach tejże grupy, a tembardziej grupy łękowej, jako mniej twardych, nie dadzą przypuszczalnie tak dużych różnic.

Jaka wartość praktyczną mogą mieć te wyniki dla kopalń, widać z tego, że odnotowana wyżej poprawa sortymentów podnosi przy obecnych stawkach cenę węgla przeciętnie o ok. 2 zł. na tonnie.

Prace powyższe, ze względu na okres nieco lepszej konjunktury zimowej, z drugiej zaś strony wyjątkowe przy mrozach i opadach trudności ruchu kopalń, posuwały się b. powoli.

Na wniosek przewodniczącego, uchwalono prosić o przyjazd na najbliższe posiedzenie Sekcji p. prof. Sia Czarnockiego.