

PRZEGLĄD TECHNICZNY

TYGODNIK POŚWIĘCONY SPRAWOM TECHNIKI I PRZEMYSŁU.

TREŚĆ:

- O wysiłku dynamicznym ustrojów sprężystych, nap. Tullio Levi-Civita, Profesor mechaniki teoretycznej na Uniwersytecie w Rzymie.
- Koszty transportu na drogach wodnych (dok.), nap. Inż. M. Rybczyński, Profesor Politechniki Warszawskiej.
- Wystawa „Najmniejsze Mieszkanie”, nap. Stefan Sienicki, Inż.-architekt.
- Nakrzemowywanie niklu, nap. M. Dubowicki, Inż.-metalurg.
- Przeгляд pism technicznych.

SOMMAIRE:

- Sur l'effort dynamique des systèmes élastiques (à suivre) par M. T. Levi-Civita, Professeur à l'Université de Rome.
- Les prix du transport de la houille par voies navigables, particulièrement par la Vistule (suite et fin), par M. M. Rybczyński, Professeur à l'École Polytechnique de Varsovie.
- L'Exposition de l'habitation moderne à bon marché, Varsovie, mars 1930, par M. St. Sienicki, Ingénieur-architecte.
- Cémentation du nickel par la silicium, par M. M. Dubowicki, Ingénieur-métallurgiste.
- Revue documentaire.

O wysiłku dynamicznym ustrojów sprężystych.

Napisał Tullio Levi-Civita, Profesor mechaniki teoretycznej na Uniwersytecie w Rzymie.

Od tłumacza: Znany matematyk włoski T. Levi-Civita miał 24 kwietnia 1928 r. odczyt w Wiedniu na temat powyższy, — zaproszony w tym celu przez wiedeński Komitet nauk ścisłych. Ze względu na wzorową formę wywodu, jak też ze względu na osiągnięte wyniki, interesujące zarówno inżynierów mechaników, jak i inżynierów budowy mostów, uprosiłem Autora o zezwolenie na zaznajomienie naszych sfer technicznych z treścią jego odczytu i otrzymałem od Niego upoważnienie do przetłumaczenia i ogłoszenia, według mojego uznania, niniejszej pracy, za co Mu na tem miejscu jeszcze raz dziękuję.

K. F. Vetulani.

1. Pojęciowe i mechaniczne określenie zagadnienia.

Tak zwane zjawiska współbrzmienia są od dawna znane. Grają w nich ważną rolę drgania wymuszone — częstokroć znaczne, a nawet niebezpieczne — występujące w ustroju sprężystym, podległym działaniu sił okresowo zmiennych, szczególnie wtedy, gdy częstość tego działania zgadza się dokładnie — lub w przybliżeniu — z częstością drgań własnych ustroju, t. j. takich, jakim tenże może podlegać bez okresowej podniety. Zarówno widełki do strojenia (kameron), jak i różnorodne ustroje kratowe i inne, jak np. mosty lub sklepienia, stanowią ważne, często badane ustroje tego rodzaju.

Wyteżenie spójności ciał sprężystych, podległych działaniu określonych sił, będzie naogół większe podczas drgania, niż w spoczynku, przy działaniu takich samych sił. Zbadanie matematyczne przyrostu tego wyteżenia i podanie wzorów wygodnych w zastosowaniu technicznym do oceny wielkości tego przyrostu należy uważać za rzecz bezwzględnie pożądaną.

Pragnę wyłożyć tu pewną stosunkowo prostą i w istocie swej energetyczną część nauki o drga-

niach, która — jak to zobaczymy — da się odrębnie traktować i nadaje się do bezpośredniego zastosowania.

Niechaj S oznacza jakiś ustrój sprężysty; O niech oznacza jego naturalne położenie lub konfigurację, gdy żadne zewnętrzne siły nie działają. Przypuśćmy, że na ten ustrój działają siły zewnętrzne, a mianowicie siły konfiguracyjne, to jest zależne jedynie od chwilowego położenia ustroju. Oczywiście, przyjmujemy, że te siły zewnętrzne nie wyprowadzą naszego ustroju poza granice sprężystości, i skutkiem tego, zgodnie z zasadami statyki, istnieje będzie pewne całkiem określone położenie równowagi K_s . W tej konfiguracji K_s znoszą się wzajemne działania sił przyłożonych i sił sprężystych. Ustrój podlega wysiłkowi statycznemu Ω_s , międzycząsteczkowa spójność ustroju ulega wyteżeniu, którego miarą jest — jak wiadomo — odpowiednia praca odkształcenia jednostkowa. Wysilek Ω_s oznacza pracę całkowitą, potrzebną do przewyciężenia sił sprężystych podczas przeprowadzenia ustroju ze stanu naturalnego O do położenia równowagi K_s .

To energetyczne określenie wysiłku (względnie wyteżenia) jest teoretycznie bez zarzutu¹⁾, a i ze strony technicznej uzyskało trafne poparcie: wystarczy przytoczyć dzieło Castigliano²⁾, gdzie to pojęcie jest systematycznie wyzyskane.

Osobno należy jednak nadmienić, że w praktyce są rozpowszechnione inne zapatrywania, szczególnie jako kryteria do oznaczenia t. zw. spójczynników bezpieczeństwa: nie bierze się mianowicie za podstawę energii sprężystej, lecz np.: największe wydłużenie lub największe naprężenie albo stosunek naprężenia stycznego do naprężenia nor-

¹⁾ Porówn. wyraźne i niedwuznaczne rozważania Beltrami'ego (Opere, t. IV, str. 180 do 189).

²⁾ Systèmes élastiques, Turyn, Negro, 1879.

malnego, czy też inne w tym rodzaju wielkości z pośród tych, które określają lokalny stan odkształcenia, względnie napięcia.

W tych sprawach istnieje już olbrzymia literatura i dość bogaty materiał doświadczalny³⁾; rozmaite hipotezy częściowo się sprawdzają; ale do ostatecznego rozstrzygnięcia jest jeszcze, zdaje się, bardzo daleko.

Naogół biorąc, mam przekonanie, że — w obrębie ważności klasycznej (linjowej) teorii sprężystości — wystarczy nam jedyna sumaryczna miara wysiłku i że właśnie praca odkształcenia w sposób zupełnie odpowiedni na taką miarę się nadaje. Natomiast dla zjawisk rozerwania lub płynności (plastyczności) — to jest oczywiście poza granicami sprężystości, — może się taka sumaryczna ocena okazać niewystarczającą i może zająć potrzeba uwzględnienia cech lokalnych.

Aby właśnie uniknąć trudności i komplikacji z tem połączonych, pozostaniemy w dalszym ciągu w zakresie zwykłej, linjowej teorii sprężystości. Jest to w ogólności wskazane zwłaszcza w odniesieniu do konstrukcji i budowli.

2. Ujęcie matematyczne.

Rozważania nasze obejmą w sposób ogólny ustroje sprężyste wszelakiego rodzaju; a więc zarówno ustroje o skończonej ilości stopni swobody, jako to: masy skupione połączone wiązaniami sprężystymi, mogące służyć za schemat ustrojów kratowych, a pozatem także ustroje ciągłe; to jest pręty, belki, łuki, błony, płyty lub wreszcie ciała masywne (bryły). Formalne oznaczenia nasze o bierzemy oraz wnioski wypowiemy wprawdzie w odniesieniu do ustrojów o skończonej liczbie stopni swobody: n . Ponieważ jednak z jednej strony pozostawimy n dowolne, a oprócz tego — jak zobaczymy — zarówno metoda wyводу zasadniczo, a wnioski ostateczne zgoła nie będą zależne od n , — więc wyniki naszych wywodów będzie można zastosować do jakichkolwiek ustrojów ciągłych, przez bezpośrednie przejście do granicy.

Rozumie się samo przez się, że możnaby też inaczej postąpić, rozważając ustroje ciągłe jedno, dwu lub trójwymiarowe z osobna, przy pomocy tych samych pojęć podstawowych, ale z użyciem różnego aparatu formuł, zależnie od ilości wymiarów i struktury ustroju; możnaby także, — jak to zresztą uczyniłem w jednej z prac dawniejszych⁴⁾, wziąć pod rozwagę zupełnie ogólny przypadek ciała sprężystego i od tegoż wychodząc wykonać przejścia graniczne (niejako w odwrotnym kierunku), prowadzące do ustrojów, w których jeden lub dwa z wymiarów można pominąć, względnie do mas skupionych, połączonych wiązaniami sprężystymi.

³⁾ Porówn. np. Love, *Mathematical theory of Elasticity*, Cambridge, University Press (4-te wydanie) 1927, str. 121 — 123; także treściwy artykuł Encyklopedji Matematycznej (IV. 4, 31) przez Th. Kármána ze współudziałem L. Föppl'a.

⁴⁾ Sul massimo cimento dinamico nei sistemi elastici, *Nuovo Cimento* (5), II, 1901, str. 188—196.

Jak to jednak na podstawie pouczającego przykładu sławnych twierdzeń lorda Rayleigh'a o drganiach ustrojów sprężystych łatwo da się przewidzieć, — droga przez nas obecnie obrana prowadzi w sposób prostszy do zamierzonego celu.

Niech S oznacza jakikolwiek układ materialny, którego położenie ustalić można zapomocą n określających je wielkości niezależnych, a mianowicie spórzędnych: q_1, q_2, \dots, q_n . Sprężystość tego układu objawi się nam przez istnienie takiego szczególnego położenia O — które nazywać będziemy naturalnym, — że w tem położeniu układ nietylko będzie mógł pozostawać w spoczynku bez działania jakichkolwiek sił zewnętrznych, lecz ponadto będzie dążył do powrotu do tego położenia, jeżeli mu udzielimy dostatecznie małych przesunięć. W niczem oczywiście nie uszczuplimy ogólnego charakteru naszych rozważań, przyjmując, że temu naturalnemu położeniu równowagi O odpowiadają wartości spórzędnych

$$q_h = 0, \quad (h = 1, 2, \dots, n),$$

czyli początek układu w przestrzeni konfiguracyjnej.

Ta właśnie istotna okoliczność, że ustrój objawia własną wewnętrzną energję sprężystą, — która przeciwstawia się wszelkiemu wchyłaniu ustroju z położenia O , — da się wyrazić w postaci mechanicznego postulatu, że wewnętrzne siły sprężyste (których naturą bliżej się nie zajmujemy) wykonywają pracę dodatnią (zgodnie z utartą umową) zawsze wtedy, gdy ustrój z jakiegokolwiek położenia K powraca do położenia naturalnego O . Robiąc ponadto nasuwające się tu założenie, że ustrój S jest zachowawczy, otrzymujemy, jako wniosek, że praca powyższa Ω nie zależy od drogi, a więc jest funkcją wyłącznie położenia K , czyli spórzędnych q_h , i to funkcją dodatnią dla wszystkich położen K różnych od O , przyjmującą jedynie w położeniu O : $q_h = 0, (h = 1, 2, \dots, n)$ wartość równą zeru. Inaczej mówiąc, jest Ω dodatnią określoną funkcją q_1, \dots, q_n , posiadającą w O $q_h, \dots = 0$, absolutne minimum = zeru.

Ujemnie wzięte pochodne cząstkowe

$$-\frac{\partial \Omega}{\partial q_h}, \quad h=1, 2, \dots, n,$$

dadzą nam więc, dla każdego zespołu wartości q_h , składowe siły sprężyste, wywołanych w danym ustroju stanem K ; istotnie, podczas przejścia ustroju z położenia $K (q_h, \dots)$ do innego sąsiedniego położenia $K' (q_h + dq_h, \dots)$ siły sprężyste wykonają — zgodnie z założeniami — pracę:

$$\Omega(q_1, \dots) - \Omega(q_1 + dq_1, \dots) = -d\Omega.$$

Praca powyższa jest, jak widać, równa sumie prac od K do O i od O do K' . Ponieważ jednak

$$-d\Omega = -\sum_1^n \frac{\partial \Omega}{\partial q_h} dq_h,$$

skutkiem tego $-\frac{\partial \Omega}{\partial q_h}$ jest w rzeczy samej h -tą

Lagrange'-owską składową siłą sprężystych, c. b. d. o. Ponieważ O jest położeniem równowagi stałej bez działania sił zewnętrznych, więc, zgodnie z przy-

jętymi założeniami, także siły sprężyste $-\frac{\partial \Omega}{\partial q_h}$ muszą zniknąć w tem położeniu. Wynika to także stąd, że Ω ma w O absolutne minimum, więc rozwinięcie Taylor'a w otoczeniu O musi zaczynać się od członów drugiego rzędu. Możemy zresztą, z natury rzeczy, ograniczyć nasze badania do tak regularnej i dostatecznie ograniczonej dziedziny dokoła O , w której czony trzeciego i wyższych rzędów rozwinięcia dla Ω można pominąć.

Wobec tego wolno poprostu położyć:

$$(1) \quad \Omega = \frac{1}{2} \sum_{h,k}^n b_{h,k} q_h q_k,$$

czyli uważać Ω za dodatnią określoną formę kwadratową współrzędnych q , o stałych współczynnikach $b_{h,k}$.

Gdy na ustrój działają siły zewnętrzne, to, w pierwszym przybliżeniu i przy powyższych ograniczeniach, w pobliżu O można uważać Lagrange'owskie współrzędne B_h tych sił za stałe.

Z powodu tej — ścisłej lub przybliżonej — niezmienności B_h , można je traktować jako siły zachowawcze i uważać za pochodne cząstkowe funkcji sił

$$U = \sum_h^n B_h q_h.$$

Te B_h nazywać będziemy obciążeniami, ponieważ w pospolitych zagadnieniach, dotyczących belek, łuków i t. p., B_h wywodzą się bezpośrednio z rzeczywistych obciążeń w zwyczajnym znaczeniu.

3. Przykład elementarny.

Nie będzie chyba bez korzyści dla ilustracji pojęć, którymi tu operujemy, mieć przed oczyma szczególnie prosty przypadek, gdy $n = 1$.

Wyobraźmy więc sobie jedyny punkt materialny, zmuszony przebywać na torze przepisany i połączony z punktem O tego toru połączeniem sprężystem tego rodzaju, że wychylony z O do P nabiera energii sprężystej

$$(1') \quad \Omega = \frac{1}{2} es^2,$$

gdzie e oznacza odnośną stałą sprężystości, a s długość łuku toru OP . To s (którego kierunek dodatni możemy dowolnie ustalić) przedstawia nam tu jedyną Lagrange'owską współrzędną. Za obciążenie należy uważać wtedy jakąś stałą, styczną do toru składową B , tak że:

$$(2') \quad U = Bs.$$

Jeszcze prostszy przykład otrzymamy, gdy za tor obierzemy linię prostą pionową, na której wisi na sprężynie ciężka masa M , mogąc wykonywać tylko drgania pionowe. Posiada ona energję sprężystą (1'), gdzie s oznacza pionowe obniżenie się M od położenia naturalnego O' , które wyznacza nam dolny koniec nieobciążonej sprężyny. Obciążeniem B jest tu właśnie ciężar masy M .

4. Równowaga pod działaniem obciążenia oraz wysilek statyczny.

Biorąc z powrotem pod uwagę ogólny ustrój S , posiadający n stopni swobody, poświęcimy zrazu parę słów sprawom statycznym.

Pod wpływem danych obciążeń B_s , położeniem równowagi będzie nie O , lecz jakieś inne K_s , w którym siły sprężyste zrównoważą te obciążenia.

Konieczne warunki tej równowagi łączy w sobie zasada pracy przygotowanej. Według niej, musi w tym wypadku cała łączna praca przygotowana sił wewnętrznych i zewnętrznych:

$$\delta U - \delta \Omega$$

być równą zeru, skoro ustrój S zostaje wychylony z niewiadomego jeszcze położenia równowagi K_s do dowolnych innych, nieograniczenie bliskich położen K .

Równanie

$$(3) \quad \delta (\Omega - U) = 0$$

daje nam — skutkiem tej właśnie dowolności nieograniczenie małych przyrostów δq_h , — związki:

$$(3') \quad \frac{\partial \Omega}{\partial q_h} = \frac{\partial U}{\partial q_h} = B_h, \quad (h=1,2,\dots,n)$$

i te n linjowych względem q równań określają wartości współrzędnych q , dla szukanego położenia równowagi K_s , zupełnie jednoznacznie. Należy zwrócić tylko uwagę, że wyznacznik układu równań (3'), z powodu (1), jest wyróżnikiem formy kwadratowej Ω , a więc nie może być równy zeru, gdyż forma Ω jest dodatnio określona, a więc nieprzywiedlna.

Warunek równowagi (3) wyraża widocznie, pod względem analitycznym, że funkcja $\Omega - U$ ma w K_s ekstremum. Nasuwa się przypuszczenie, że, podobnie jak Ω ma rzeczywiste minimum w położeniu O , — taka sama okoliczność zajdzie dla $\Omega - U$ w położeniu równowagi K_s , wymuszonym przez odnośne obciążenia B_h . W istocie, skutkiem linjowości U względem q_h , znika $\delta^2 U$ i mamy:

$$(4) \quad \delta^2 (\Omega - U) = \delta^2 \Omega > 0,$$

pod warunkiem, że równocześnie nie wszystkie δq_h są równe zeru. Nierówność powyższa w połączeniu z (3) pociąga za sobą właśnie minimum dla $\Omega - U$.

Podczas równowagi pod wpływem obciążenia w położeniu K_s , ustrój S — zgodnie z definicją Ω — podlega wysilkowi statycznemu równemu Ω_s , przyczem widocznie Ω_s jest wartością, jaką przybiera funkcja Ω w położeniu K_s . Między wartością Ω_s a odpowiednią wartością energii zewnętrznej, czyli ujemnie wziętej funkcji sił: — U_s , zachodzi godny uwagi związek

$$(4) \quad 2\Omega_s - U_s = 0,$$

który z łatwością otrzymuje się z warunku równowagi (3). Pisząc mianowicie w (3) q_h w miejsce δq_h , — co wolno zrobić z powodu dowolności przyrostów δq_h , — otrzymuje się właśnie równ. (4) podług twierdzenia Eulera o funkcjach jednorodnych.

Z powyższego wypływa wniosek, że najmniejszą wartością, jaką różnica $\Omega - U$ wogóle osiągnąć może w danych warunkach obciążenia, jest właśnie wartość: — Ω_s .

5. Wysiłek dynamiczny osiągalny przy danych warunkach początkowych. Definicja górnego kresu Ω_d . Trywialny przypadek, w którym niema obciążenia.

Teraz możemy przystąpić do właściwego przedmiotu niniejszego wykładu, a mianowicie do badania wysiłku sprężystego w stanie dynamicznym. Narazie zajmiemy się wyłącznie takimi stanami ruchu, które, mając za punkt wyjścia dowolny stan początkowy, odbywają się pod wpływem sił sprężystych i obciążeń.

Później dopiero zajmiemy się wpływem sił innego rodzaju, jak opory ruchu lub zaburzenia rytmiczne (siły perjodyczne), przed którymi, jak wiadomo, trzeba się niekiedy szczególnie mieć na baczności. Więcej szczegółowo zajmiemy się pewnym prostszym przypadkiem, w którym udaje nam się uzyskać wyznaczenie jak najciaśniejszych granic.

Chodzi przytem o obciążenie dodatkowe lub też chwilowe zaburzenia, jak impulsy i uderzenia, które mogą wywołać drgania ustroju, bądź to już obciążonego, bądź też pozostającego w stanie normalnym.

Z pośród różnych cech mechanicznych ustroju, jakie możnaby wyznaczyć na podstawie danych warunków początkowych, weźmiemy pod uwagę głównie jedną jedyną, i to najważniejszą, a mianowicie całkowitą energję E , którą nasz ustrój na początku posiada.

Ponieważ narazie zajmujemy się tylko układami zachowawczymi, więc ta całkowita energja E pozostanie podczas ruchu bez zmiany. Energja E naszego ustroju S składa się z trzech części, które są: energja sprężysta, czyli praca odkształcenia Ω ; energja potencjalna (zależna od obciążeń) — U ; energja kinetyczna T , która jest dodatnią określoną formą kwadratową prędkości

$$\dot{q}_h = \frac{dq_h}{dt}, \quad (h = 1, 2 \dots n),$$

a więc wyraża się wzorem

$$(5) \quad T = \frac{1}{2} \sum_{h,k}^n a_{h,k} \dot{q}_h \dot{q}_k,$$

w którym współczynniki $a_{h,k}$ należałoby w ogólności uważać za funkcje współrzędnych q .

Zgodnie z poczynionymi założeniami, zjawiska, które badamy, odbywają się w ograniczonym, dość ciasnym obszarze dokoła naturalnej konfiguracji O ; byłoby więc zupełnie usprawiedliwione uważać $a_{h,k}$ za stałe; my jednak, przynajmniej w ogólnych naszych rozważaniach, nie będziemy potrzebowali takiego ograniczenia.

Ruch ustroju niech będzie określony zapomocą równań Lagrange'a. Naszym celem powinno być właściwie oznaczenie tej największej wartości Ω^* , jaką energja sprężysta Ω z biegiem czasu istotnie osiąga. O ile mamy do czynienia ze skończoną ilością stopni swobody, byłoby to zagadnieniem do rozwiązania, jakkolwiek dość skomplikowanym; wyniki jednak miałyby formę zawiłą i skutkiem tego nieprzydatną, szczególnie w najważniejszych technicznie przypadkach ustrojów ciągłych.

Na szczęście nie jest tak dalece ważne dla celów praktyki poznanie dokładne zależności Ω^* od danych warunków początkowych, lecz raczej jest rzeczą o wiele pożyteczniejszą podać w jak najprostszej i wygodnej formie kraniec, poza który wartość Ω przekroczyć nie może. Rzecz ta udaje się rzeczywiście, i to w sposób nader elementarny, przez oznaczenie maximum względnego Ω , — które oznaczamy przez Ω_d , — spełniającego warunek energetyczny:

$$(6) \quad T + \Omega - U = E.$$

Wówczas jest napewno:

$$\Omega^* \leq \Omega_d,$$

gdyż Ω^* podlega nie tylko warunkowi (6), lecz także ponadto warunkom zgodności z wszystkimi innymi równaniami ruchu.

Pozatem należy zauważyć, że podczas właściwego ruchu ustroju (nie w spoczynku) zachodzi nierówność:

$$(7) \quad E > -\Omega_s,$$

ponieważ T jest z określenia nie ujemne, a $\Omega - U$ posiada, zgodnie z (4), absolutne minimum równe $-\Omega_s$, które osiąga w położeniu równowagi statycznej K_s . Skoro obecnie wykluczamy taki stan równowagi, więc będziemy mieć na początku albo $T > 0$, lub też położeniem ustroju nie będzie K_s .

Samo wyznaczenie tej wartości Ω_d sprowadza się do rozwiązania całkiem zwyczajnego zagadnienia rachunku różniczkowego, które opiewa:

Mając $2n$ zmiennych, a mianowicie: n współrzędnych q_h oraz n prędkości \dot{q}_h — związanych jedynie warunkiem (6), — wyznaczyć względne maximum funkcji Ω , zależnej od samych tylko q_h .

W trywialnym przypadku, gdy niema obciążeń, a więc $U = 0$, rozwiązanie otrzymuje się natychmiast. Wówczas bowiem (6) sprowadza się do

$$T + \Omega = E,$$

gdzie zarówno T , jak i Ω , są ≥ 0 .

Największą wartość Ω_d osiąga tu funkcja Ω , gdy $T = 0$, i mamy wtedy:

$$(8) \quad \Omega_d = E.$$

6. Wyznaczenie Ω_d w przypadku ogólniejszym ($U \neq 0$). Współczynnik bezpieczeństwa.

W sprawie szukanego maximum funkcji Ω zauważymy przedewszystkiem, że wartości argumentów q , \dot{q} nie są ograniczone przez żadne nierówności. Tem samym są wykluczone t. zw. maxima graniczne i z konieczności muszą się spełniać zwykłe warunki maximum względnego. Według znanej reguły Lagrange'a, należy więc położyć:

$$(9) \quad \delta(\Omega + \lambda E) = 0,$$

gdzie λ jest narazie jeszcze nieoznaczonym czynnikiem stałym, pod E zaś należy rozumieć lewą stronę równości (6), a δ przedstawia znak różniczkowy, odpowiadający dowolnym nieograniczonym małym przyrostom argumentów q oraz \dot{q} .

Uwzględniając, że argumenty q występują wyłącznie w T , otrzymujemy zrazu z (9)

$$(10) \quad \lambda \frac{\partial T}{\partial q_h} = 0, \quad (h = 1, 2, 3, \dots, n),$$

a mnożąc powyższe n równań kolejno przez $\frac{1}{2} q_h$ i dodając do siebie, dostajemy dalej:

$$(10') \quad \lambda T = 0.$$

Przypadek $\lambda = 0$ należy wykluczyć, gdyż — zgodnie z (9) — musiałyby wtedy być $\delta\Omega = 0$, a to pociągałoby za sobą bezwzględne ekstremum dla Ω , którym — zgodnie z określeniem (1) funkcji Ω — może być tylko minimum (równe zeru); my zaś tutaj poszukujemy maximum względnego.

Skoro więc musi być $\lambda \neq 0$, więc (10') pociąga za sobą równość $T = 0$. Wyrażenie T jest zaś dodatnią określoną formą kwadratową argumentów \dot{q} , a więc może być równe zeru jedynie pod warunkiem, że wszystkie $\dot{q}_h = 0$, ($h=1, 2, \dots, n$). To zaś jest równoważne znikaniu wszystkich pochodnych cząstkowych $\frac{\partial T}{\partial q_h}$, tak że tem samym wszystkie warunki (10) spełniają się.

Należy tedy w (9) wstawić $T = 0$, a uwzględniając (6) otrzymamy warunek Lagrange'a w postaci:

$$(1 + \lambda) \delta\Omega - \lambda \delta U = 0.$$

W powyższym wyrażeniu wypada teraz przyjąć $U \neq 0$, gdyż przypadek $U = 0$ wyczerpaliśmy już przez rozwiązanie (8). Ponieważ także przyjęcie $1 + \lambda = 0$ pociąga za sobą $\delta U = 0$ i z powodu (2) także $B_h = 0$, ($h = 1, 2, \dots, n$), więc również $U = 0$, przeto wypada teraz przyjąć ponadto

$$1 + \lambda \neq 0.$$

Warunek Lagrange'a (9) można skutkiem tego napisać w postaci

$$(9') \quad \delta\Omega - \mu \delta U = 0,$$

gdzie

$$\mu = \frac{\lambda}{1 + \lambda}$$

jest narazie jeszcze nieokreśloną (jednak, jak widać, od zera różną) stałą, którą należy oznaczyć dodatkowo przy pomocy warunku (6), po podstawieniu wartości, odpowiadających szukanemu maximum względnemu.

Teraz jesteśmy w stanie skorzystać ze znaczenia pojęciowego naszych obliczeń. Wystarczy porównać (9') z (3), by zauważyć, że (9') wskazuje nam właśnie pewne położenie równowagi rozpatrywanego ustroju, a mianowicie to, jakie odpowiada obciążeniu μU . Wprowadzając w równania (3') — linjowe ze względu na q — w miejsce U wyrażenie μU , otrzymujemy dalej:

$$(11) \quad \frac{\partial \Omega}{\partial q_h} = \mu \frac{\partial U}{\partial q_h} = \mu B_h,$$

a stąd wypływa wniosek, że spórzędne, któreśmy mieli wyznaczyć: $q_h^{(d)}$, określające to fikcyjne położenie równowagi, są identyczne z $\mu q_h^{(s)}$, jeżeli $q_h^{(s)}$ są spórzędnymi położenia równowagi K_s (przynależnego obciążeniom B_h), spełniającymi równania (3').

Stąd wynikają prosto związki:

$$(12) \quad \Omega_d = \mu^2 \Omega_s,$$

$$(13) \quad U_d = \mu U_s,$$

gdzie d oznacza stan odpowiadający maximum względnemu dla Ω , a s — odpowiedni stan równowagi statycznej.

Korzystając ze związku:

$$(4) \quad 2\Omega_s = U_s,$$

otrzymujemy z (12) i (13):

$$\Omega_d - U_d = (\mu^2 - 2\mu) \Omega_s.$$

Stałą μ należy tak wyznaczyć, aby wartości, odpowiadające maximum względnemu dla Ω , — a więc wartości $T_d = 0$, (12), (13) — spełniały równanie energii (6). To nam daje, razem z ostatnio otrzymanem równaniem, związek

$$(14) \quad (\mu^2 - 2\mu) \Omega_s = E.$$

Wolno nam tu Ω_s uważać za większe od zera, gdyż wykluczyliśmy teraz przypadek $U = 0$, a więc położenie K_s będzie obecnie różne od O .

Równanie na μ można więc napisać w postaci:

$$(14') \quad (\mu - 1)^2 = 1 + \frac{E}{\Omega_s}.$$

Skutkiem nierówności (7) jest lewa strona (14') większa od zera, a więc równanie (14') posiada dwa rzeczywiste pierwiastki. Jeden z nich:

$$(14'') \quad \mu = 1 + \sqrt{1 + \frac{E}{\Omega_s}},$$

jeżeli drugiemu członowi prawej strony nadamy wartość dodatnią, jest większy od jedności; drugi ma wogóle mniejszą wartość bezwzględną.

Biorąc tedy tę większą wartość na μ (14'') — gdyż druga dałaby nam wogóle mniejsze Ω_d — sprawdzimy, czy rzeczywiście w danych warunkach $\Omega_d = \mu^2 \Omega_s$ posiada właściwości maximum.

Przy tem maximum znaleźliśmy $T_d = 0$, więc równ. (6) daje nam dla odpowiedniej chwili:

$$\Omega_d - U_d = E,$$

a dla każdej innej chwili podczas ruchu mamy

$$T + \Omega - U = E.$$

Odejmując powyższe równania, dostajemy:

$$\Omega_d - \Omega + (U - U_d) = T,$$

Rozwijając formę kwadratową Ω w okolicy zespołu wartości $q_h^{(d)}$, ($h = 1, 2, \dots, n$) na szereg Taylora, możemy napisać:

$$\Omega - \Omega_d = \sum_1^n \left(\frac{\partial \Omega}{\partial q_h} \right)_d (q_h - q_h^{(d)}) + \Omega',$$

gdzie Ω' oznacza formę Ω obliczoną dla $q_h - q_h^{(d)}$ jako argumentów, a więc $\Omega' \geq 0$.

Z powodu (11) można zamiast $\left(\frac{\partial \Omega}{\partial q_h} \right)_d$ wstawić wprost μB_h , tak że suma Σ przejdzie na $\mu(U - U_d)$. Dzielać jeszcze do tego przez μ , mamy:

$$\frac{1}{\mu} (\Omega - \Omega_d) = U - U_d + \frac{\Omega'}{\mu},$$

a dodając to do (15), otrzymujemy:

$$\left(1 - \frac{1}{\mu}\right) (\Omega_d - \Omega) = T + \frac{\Omega'}{\mu}.$$

Prawa strona powyższego wyrażenia jest na pewno nie ujemna; ponieważ $\mu > 1$, więc i czyn-

nik $1 - \frac{1}{\mu}$ jest niewątpliwie dodatni. W tych okolicznościach równanie powyższe pociąga za sobą istotnie związek:

$$\Omega_d - \Omega \geq 0.$$

Znak równości zajdzie tu jedynie, gdy będzie równocześnie $T=0$ oraz $\Omega'=0$, to jest gdy ustrój osiągnie ewentualnie położenie $q_h^{(d)}$ z prędkością równą zeru.

Tem samem dowiedliśmy z całą ścisłością, iż wyrażenie:

$$\Omega_d = \mu^3 \Omega_s$$

posiada wszelkie właściwości górnego krańca dla wysiłku dynamicznego. Mamy też uzasadnione prawo uważać czynnik $\mu^2 (> 1)$, — przez który należy pomnożyć odnośny wysiłek statyczny celem otrzymania górnego krańca wysiłku dynamicznego, — za współczynnik bezpieczeństwa.

(d. n.).

Koszty transportu na drogach wodnych^{*)}

Napisał Inż. M. Rybczyński, Profesor Politechniki Warszawskiej.

5. Przedłużenie kanału lateralnego do ujścia Sanu.

Długość drogi wodnej sztucznej wzrośnie w tym wypadku do 278 km rzeczywistej, a 341 km taryfowej odległości.

Ustalenie właściwej nośności łodzi napotyka tu na większe trudności, wobec zaledwie rozpoczętych robót regulacyjnych i braku danych doświadczalnych.

Miara żeglowności, obliczona wzorem prof. dr. Matakiewicza, daje przy średnim minimum:

$$h = \left(\frac{125}{232 \times 50000^{0,8} \cdot 0,00026^{0,6}} \right)^{1/11} = 1,486 \text{ m} = 1,50 \text{ m},$$

a więc to samo, co można uzyskać na Wiśle powyżej Sanu przy pomocy zbiorników w Rożnowie i w górnym dorzeczu Wisły.

Wpływ jednak zbiorników maleje w dół rzeki, wobec czego konieczna byłaby budowa nowych zbiorników w dorzeczu Sanu, przedewszystkiem w Solinie.

Przyjmując, w braku danych, że zapomocą zbiorników w dorzeczu Sanu utrzyma się podwyższenie głębokości tranzytowej conajmniej o 10 cm przy niskich stanach, oraz dając łodziom zanurzenie jedynie 70% obliczonej średniej głębokości, otrzymamy:

przy absolutnem minimum	0,9 m
„ średnim	1,10 m
w ciągu 8 miesięcy	1,25 m,

zaś przy stanach wyższych wartości mało się różnią od przyjętych poprzednio dla Wisły powyżej Sanu.

Umożliwi to wyzyskanie poprzednio przyjętych typów łodzi w następujących rozmiarach:

dla łodzi 400-tonnowej	95,5%,	czyli ładunek śr. ok.	380 tonn
„ „ 700	91,9%,	„ „ „	640 „
„ „ 1000	86,5%,	„ „ „	860 „

Koszty transportu na 1 tonnę i km wyniosą bez ładunku powrotnego:

	w dół	w górę rzeki
dla łodzi 400-tonnowej	$\frac{291}{L} + 2,25 \text{ gr.}$	$\frac{291}{L} + 2,92 \text{ gr.}$
„ „ 700	$\frac{269}{L} + 1,60 \text{ „}$	$\frac{269}{L} + 1,99 \text{ „}$
„ „ 1000	$\frac{254}{L} + 1,45 \text{ „}$	$\frac{254}{L} + 1,77 \text{ „}$

*) Dokończenie do str. 313 w zesz. 14 z r. b.

Natomiast na kanale, przy pełnym ładunku, koszty transportu dla tych 3-ch typów łodzi nie zmieniają się, zaś przy ładunku dostosowanym do Wisły wyniosą:

	z wodą	przeciw wodzie
dla łodzi 400-tonnowej	$\frac{259}{L} + 1,80 \text{ gr.}$	$\frac{259}{L} + 2,07 \text{ gr.}$
„ „ 700	$\frac{255}{L} + 1,60 \text{ „}$	$\frac{255}{L} + 1,85 \text{ „}$
„ „ 1000	$\frac{296}{L} + 1,58 \text{ „}$	$\frac{296}{L} + 1,84 \text{ „}$

Szukając nośności łodzi dla minimum kosztów, otrzymamy dla kanału lateralnego przeciętną wartość 800 tonn, zaś dla transportów dalszych, sięgających dolnej Wisły, — średnio 900 tonn.

Przyjmując wymiary łodzi 900-tonnowej $70 \times 10 \times 1,60$ m, otrzymuje się średnie jej wyzyskanie 90,6%, t. j. około 810 tonn, zaś koszty transportu

	w dół	w górę rzeki
na rzece	$\frac{252}{L} + 1,48 \text{ gr.}$	$\frac{252}{L} + 1,82 \text{ gr.}$
na kanale przy pełnym ładunku	$\frac{226}{L} + 1,45 \text{ „}$	$\frac{226}{L} + 1,71 \text{ „}$
przy ładunku zmniejszonym do 810 tonn	$\frac{249}{L} + 1,61 \text{ „}$	$\frac{249}{L} + 1,90 \text{ „}$

Koszty transportu na Wiśle wyrównają się z taryfą kolejową w Grudziądzu; na dopływach i bocznych drogach wodnych zwiększenia zasięgu nie będzie, ponieważ trudno przypuścić rozbudowę tych dróg do tak wielkiej nośności łodzi. Gdyby to nastąpiło, wówczas zasięgiem objęty zostałby Niemen przez przebudowany kanał Augustowski.

6. Przedłużenie kanału lateralnego do dolnej Wisły.

Z odrębnym projektem rozbudowy dróg wodnych wystąpił inż. Peszkowski, proponując przedłużenie kanału lateralnego do Wisły dolnej, t. j. do Warszawy, ściślej mówiąc do ujścia Bugu, lub do Bydgoszczy. W pierwszym wypadku długość taryfowa sztucznej drogi wodnej wyniesie 616 km.

Z poprzednich rozważań wynika, że znaczne powiększenie nośności łodzi, bez równoczesnego powiększenia wymiarów kanału, a więc znacznego zwiększenia kosztów inwestycyjnych, nie wywiera wielkiego wpływu na obniżenie kosztów transpor-

tu. To też do obliczenia przyjmuję łódź 750-tonnową, zbliżoną zresztą do projektowanego przez inż. Decjusza normalnego typu dla Wisły dolnej. Po skutecznieniu regulacji na małą wodę, łódź tego typu może być wyzyskana w normalnym roku prawie w 100%.

Stąd wyniosą koszty transportu bez ładunku powrotnego:

$$\begin{array}{l} \text{za wodą} \quad \text{przeciw wodzie} \\ \text{w rzece} \quad \dots \quad \frac{237}{L} + 1,40 \text{ gr.} \quad \frac{237}{L} + 1,73 \text{ gr.} \\ \text{w kanale} \quad \dots \quad \frac{224}{L} + 1,34 \text{ „} \quad \frac{224}{L} + 1,55 \text{ „} \end{array}$$

Zasięg transportu obejmie kanał Bydgoski i Wisłę do granicy państwa, odpadną natomiast, wobec lewobrzeżnej trasy, południowe dopływy Wisły.

Związek pomiędzy kosztami transportu 1 tonno-kilometra a odległością zarówno dla 6 powyższych alternatyw, jak też dla transportu koleją według taryfy E1, przedstawia wykres na rys. 1.

Natomiast przegląd kosztów transportu drogą wodną w 6 powyższych alternatywach oraz koleją żelazną do poszczególnych miejscowości, położonych nad drogami wodnymi, w miejscu ich krzyżowań się z drogami żelaznymi, podaje poniższa tabela:

Zasięg transportu wodnego przyjęto w miejscu, gdzie koszt tego transportu wyrównywa się z taryfą E kolei państwowych, ponieważ miejsca, położone nad drogą wodną, bezwzględnie będą z niej korzystały, a nadto w obliczeniach pominięto ładunki powrotne, które mogą obniżyć koszty o kilkanaście procent, a przez to ułatwić konkurencję z koleją.

6. Porównanie 6 alternatyw.

Dla zorientowania się w znaczeniu wzrostu zasięgu, nie wystarczy porównać ze sobą przestrzeni kraju, objętych zasięgiem, ale trzeba wziąć pod uwagę również i konsumpcję. W tym celu wziąłem za podstawę transporty węgla, ogłoszone w pierwszym zeszycie rocznika statystycznego przewozu towarów za rok 1928.

Z danych, zawartych w tym roczniku, wynika konsumpcja węgla w granicach dykcji Krakowskiej (bez Krakowa) 83 tonn/km², na obszarze dykcji Gdańskiej 70 tonn/km², na obszarze dykcji Warszawskiej (bez Warszawy i Łodzi) około 50 t/km², w dykcji Radomskiej średnio 17 t/km², z czego na wschód od Bugu około 4 t/km², zaś na zachód około 30 t/km², wreszcie na obszarze Dykcji Wileńskiej 4 t/km².

Przyjmując w zależności od gęstości sieci komunikacyjnej szerokość zasięgu wzdłuż rzek od 20

TABELA
kosztów transportu 1 tonny węgla w złotych.

Do punktów węzłowych	Droga transportu wodnego	Koszt transportu wodnego z należnościami ubocznymi						Koleją według taryfy wyjątkowej E
		Łódź 210 t	300 t	320 t	750 t	900 t	750 t	
		Alt. I	II	III	IV	V	VI	
Krakowa	Wisłą względnie kanałem	8,37	7,10	6,45	5,95	6,10	5,95	8,10
Szczucina	j. w.	12,46	10,30	9,19	8,82	—	—	14,00
Sandomierza	„	15,06	12,34	10,90	10,07	10,07	10,07	15,80
Dęblina	„	19,42	15,74	13,84	12,10	12,51	11,66	17,00
Warszawy	„	—	19,08	16,70	14,07	14,30	13,76	17,00
Modlina	„	—	—	17,63	14,67	14,85	14,41	18,00
Płocka	„	—	—	19,60	16,00	16,07	15,59	17,90
Włocławka	„	—	—	—	16,74	16,78	16,25	18,00
Torunia	„	—	—	—	17,63	17,57	17,04	18,60
Brdyujścia	„	—	—	—	18,24	18,13	17,93	18,60
Grudziądz	„	—	—	—	19,25	19,06	18,82	19,20
Tczewa	„	—	—	—	—	—	19,87	19,20
Tarnowa	Wisłą i Dunajcem, względnie kanałem	12,98	11,43	11,10	—	7,21	—	12,90
Pińczowa	Nidą i Wisłą	13,80	12,23	11,87	—	—	—	—
Rozwadowa	Wisłą i Sanem	16,61	13,55	12,00	13,89	13,49	—	17,00
Leżajska	„	—	15,57	14,06	16,17	15,77	—	17,00
Jarosławia	„	—	18,50	17,67	17,65	17,25	—	17,00
Parczewa	Wisłą i kanałem	—	18,83	16,84	14,16	14,66	13,40	18,60
Bugu	„	—	19,37	18,15	15,19	15,74	14,27	19,20
Brześcia	Wisłą, kanałem i Bugiem kanalizowanym	—	—	19,37	16,20	—	15,14	19,20
Pińska	j. w. oraz kanałem królewskim	—	—	—	19,20	—	18,62	19,20
Ostrołęki	kanałem, Wisłą, Bugiem i Narwią	—	—	—	16,67	—	16,51	19,20
Augustowa	j. w. oraz kanałem Augustowskim	—	—	—	20,67	—	20,19	19,20

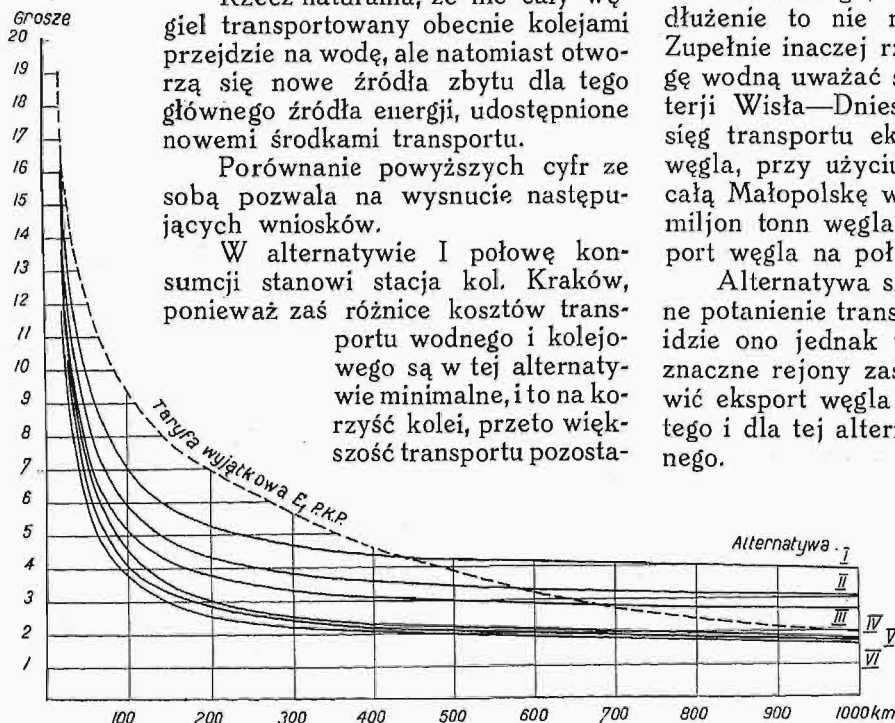
do 50 km i doliczając konsumpcję większych miast, otrzymałem dla poszczególnych alternatyw następujące ilości węgla, konsumowanego na terenie przynależnego do nich zasięgu:

dla alternatywy	I	960 000 ton
" "	II	1 150 000 "
" "	III	2 900 000 "
" "	IV	3 900 000 "
" "	V	4 200 000 "
" "	VI	4 500 000 "

Rzecz naturalna, że nie cały węgiel transportowany obecnie kolejami przejdzie na wodę, ale natomiast otworzą się nowe źródła zbytu dla tego głównego źródła energii, udostępnione nowymi środkami transportu.

Porównanie powyższych cyfr ze sobą pozwala na wysnucie następujących wniosków.

W alternatywie I połowę konsumpcji stanowi stacja kol. Kraków, ponieważ zaś różnice kosztów transportu wodnego i kolejowego są w tej alternatywie minimalne, i to na korzyść kolei, przeto większość transportu pozosta-



Rys. 1.
Koszt przewozu 1 tkm w zależności od odległości przy 6-ciu różnych alternatywach rozbudowy dróg wodnych.

nie przy kolei, nie można zatem przy tej alternatywie spodziewać się znacznego wzrostu transportów wodnych. Oceniam je w pierwszych latach na 500 000 tonn węgla. Również przeniesienie ładowni węgla do Dworów nieznacznie tylko powiększy zasięg, umożliwi jednak objęcie wodą przeważnej części transportów przeznaczonych do Krakowa, a przez to ogólna ilość węgla transportowanego wodą może wzrosnąć do 1 000 000 tonn.

Duże znaczenie może mieć częściowe wyrównanie przepływów zapomocą budowy zbiorników, pozwalające na znacznie lepsze wyzyskanie łodzi, przy niewielkiem zresztą zwiększeniu tonażu. Wobec jednak niewielkiej różnicy kosztów transportu wodą w porównaniu z taryfą kolejową, można liczyć jedynie na część transportów przeznaczonych dla Warszawy. Niewielkie względnie ilości tonażu, jakie mogłyby przejść projektowaną drogą Dęblin—Bug, zapewne nie pozwolą na zrealizowanie tego planu, a stąd ogólna ilość węgla, jaka w pierwszych latach przejdzie na transport wodny, zapewne nie przekroczy 2 000 000 tonn.

Bardzo duży wpływ na potaniecie przewozów miałyby budowa kanału z Górnego Śląska od ujścia Dunajca, przy równoczesnym wyrównaniu przepływów na Dunajcu zapomocą budowy zbiornika w Rożnowie.

Znaczne potaniecie kosztów transportu pozwala na przypuszczenie, że przeważna część węgla z tego zasięgu konsumpcji przejdzie na wodę. Można ją ocenić na 3 500 000 tonn.

Przedłużenie kanału do ujścia Sanu wpłynie na nieznaczne obniżenie kosztów transportu do miejscowości położonych w obszarze dolnej Wisły oraz do miejscowości nad Sanem. Znaczniejszego wzrostu wodnych transportów węgla nie można się spodziewać.

Wobec tego, dla rozwoju węgla Wisłą, przedłużenie to nie ma uzasadnienia ekonomicznego. Zupełnie inaczej rzecz się przedstawi, jeśli tę drogę wodną uważać się będzie za część składową arterji Wisła—Dniestr—Prut, wówczas bowiem zasięg transportu ekonomicznego wodą obejmie dla węgla, przy użyciu transportów łamanych, prawie całą Małopolskę wschodnią, konsumującą przeszło milion tonn węgla, i równocześnie ułatwi się eksport węgla na południowy wschód.

Alternatywa szósta wykazuje wprawdzie pewne potaniecie transportów na dalsze odległości, nie idzie ono jednak tak daleko, aby otworzyć nowe znaczne rejony zasięgu, a w szczególności umożliwić eksport węgla drogą wodną. Nie widzę wobec tego i dla tej alternatywy uzasadnienia ekonomicznego.

Wynika stąd, że należałoby się zatrzymać na alternatywie czwartej, przewidującej budowę kanału do ujścia Dunajca, dającą maximum wzrostu tonażu w stosunku do kosztów budowy. Atoli alternatywa ta wymaga nie tylko budowy zbiornika w Rożnowie i regulacji górnej Wi-

śły na małą wodę, ale równocześnie bierze za podstawę zupełne ukończenie regulacji Wisły środkowej. Prace te trwać będą dziesiątki lat. W międzyczasie należałoby zatem uznać za aktualną alternatywę trzecią, przy której zasięg transportu może powoli wzrastać w miarę postępu robót regulacyjnych.

Z przeprowadzonych obliczeń wynika, że dużym hamulcem w granicach zasięgu przy dalszych transportach staje się obecna taryfa wyjątkowa E1, która przy odległościach ponad 500 km nie podwyższa ceny przewozu. Natomiast korzystny wpływ wywarłoby wprowadzenie taryf łamanych, przy których mógłby w niejednym wypadku opłacić się nawet podwójny przeładunek. Wprowadzenie tych taryf przedstawiałoby znaczne korzyści również dla kolei w postaci odciążenia od taniach przewozów, opłacających stawki niższe od kosztów własnych, lepszego wykorzystania linii o małym ruchu oraz zmniejszenia ruchu na przeciążonych obecnie liniach, przecinających Zagłębie.

Przy obliczaniu ilości węgla nie brano zupełnie pod uwagę węgla eksportowanego, ponieważ stosowane obecnie taryfy eksportowe uniemożliwiają zupełnie konkurencję drogom wodnym. Ale nawet zrównanie taryfy eksportowej z taryfą przewozów wewnętrznych, przy pozostawieniu maksy-

malnej stawki 19 zł. za tonnę przy odległościach ponad 500 km, nie ułatwi konkurencji drogom wodnym, wobec bardzo znacznej różnicy odległości między transportem kolejowym a wodnym w linii Wisły.

Odległość Zagłębie—Gdynia przy użyciu budujących się obecnie linii kolejowych wynosić będzie 550 km, gdy odległość taryfowa Zagłębie — Gdańsk drogą wodną wyniesie około 1 000 km.

Dla eksportu węgla drogą wodną pozostaje więc jedynie trasa kanału węglowego, zmieniona ewentualnie w myśl wniosku inż. Tillingera na drogę wodną doliną Warty.

7. Obecny stan żeglugi na górnej Wiśle.

Już po napisaniu powyższego artykułu, otrzymałem, dzięki uprzejmości Dyrektora dróg wodnych w Krakowie p. Inż. Wiktora Poźniaka, wyniki próbnej eksploatacji kilku typów łodzi o wymiarach dotąd na górnej Wiśle nie używanych.

Przedmiotem badania były:

1. Łódź rządowa 100-tonnowa o wymiarach 31,0×6,5×0,75 m (bez ładunku 0,12), budowana w warsztatach Czerniakowskich według projektu inż. Decjusza, która w czasie od 8 grudnia 1928 do 14 września 1929 r. wykonała 6 jazd z Jaworzna i Chełmka na Przemszy do Bielan pod Krakowem, przewożąc w sumie 434 tonn węgla i wykonywając 36 890 tkm. Wyzyskanie średnie łodzi wyniosło 72%.

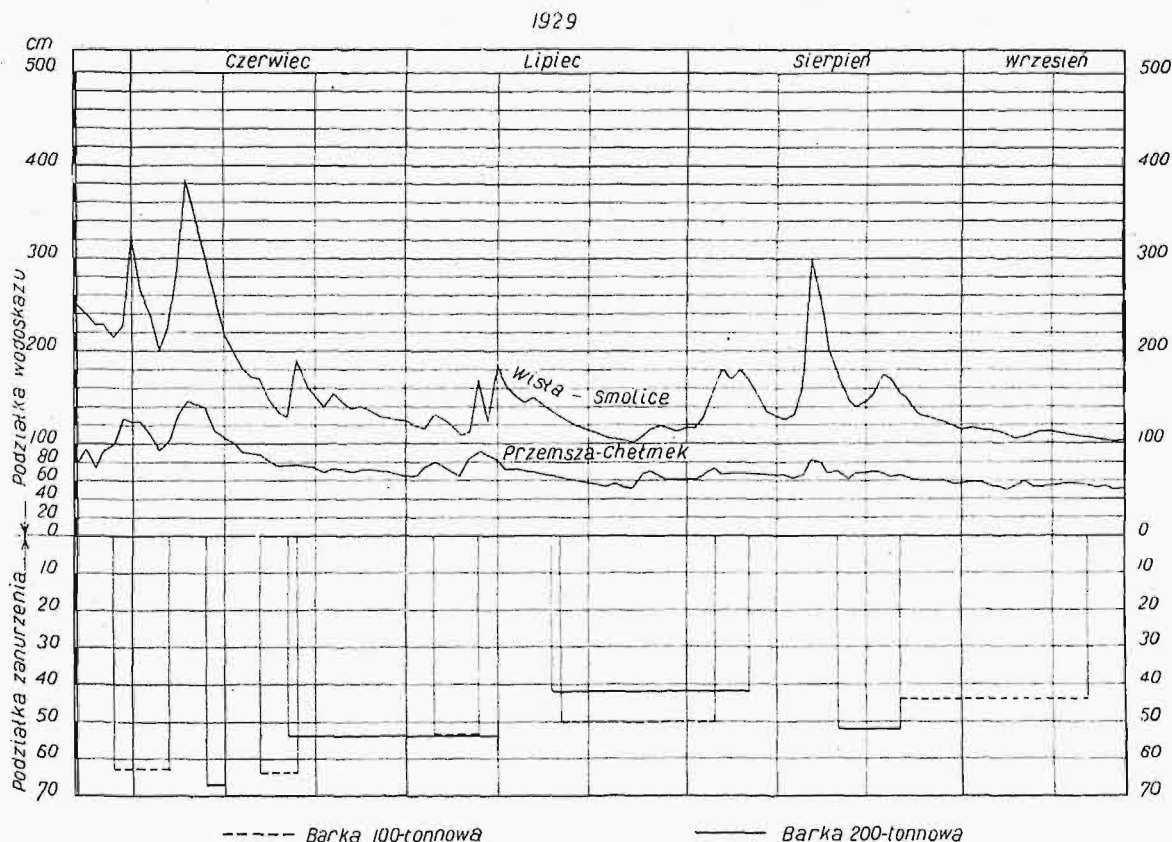
wykonała 22 jazd w Chełmka na Przemszy do Bielan i Krakowa, przewożąc 1490,5 tonn węgla i wykonywając 128 249 tkm. Wyzyskanie średnie łodzi wyniosło 40%.

3. Łódź rządowa 200-tonnowa o wymiarach 45,0×8,2×0,85 (bez ładunku 0,1), budowana w warsztatach Czerniakowskich, która w czasie od 8 czerwca 1929 do 24 sierpnia 1929 r. wykonała 4 jazdy z Chełmka na Przemszy do Bielan pod Krakowem, przewożąc 558 tonn węgla i wykonywając 47 430 tkm. Wyzyskanie średnie łodzi wyniosło 70%.

4. Łódź Sapoka 300-tonnowa o wymiarach 44,2×7,0×1,20 (bez ładunku 0,15), budowana na Śląsku, która w czasie od 7 sierpnia 1926 do 19 marca 1927 r. wykonała 8 jazd z Niwki i Jaworzna na Przemszy do Bielan, Krakowa i Nowego Korczyna, przewożąc 1 176 tonn węgla i wykonywając 141 645 tkm. Wyzyskanie średnie łodzi wyniosło 50%.

Załączony wykres (rys. 2) przedstawia czas jazdy oraz zanurzenie dwóch łodzi rządowych, przy równoczesnym przedstawieniu zmian stanów wody na Przemszy i Wiśle według wodoskazów w Chełmku i Smolicach (poniżej ujścia Skawy).

Na podstawie tego rodzaju wykresów, sporządzonych dla wszystkich typów łodzi, można dojść do związku, jaki zachodzi pomiędzy stanem wody a zanurzeniem, względnie załadowaniem łodzi. W tym celu należy odrzucić wszystkie jazdy, które



Rys. 2.

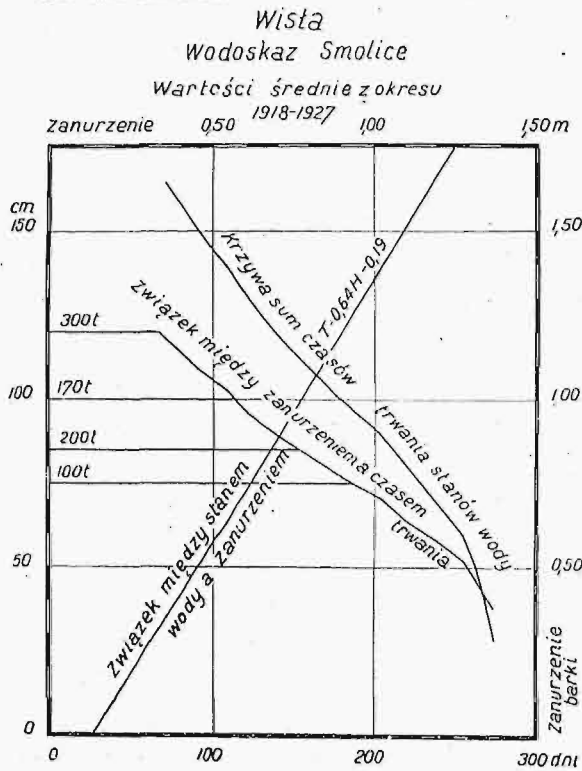
Krzywe zmian stanów wody oraz zanurzenie i czas jazdy barki 100-tonnowej i 200-tonnowej.

2. Łódź tow. „Pszczyna” 170-tonnowa o wymiarach 30,1×8,2×1,0 m (bez ładunku 0,17), która w czasie od 4 czerwca 1928 do 13 grudnia 1929 r.

trwają nadmierną ilość dni, i przyjąc za podstawę tylko przewozy o normalnym czasie jazdy, szukając najniższego stanu wodoskazu, jaki w czasie od-

nośnej jazdy istniał na wodokazie w Chełmku, względnie w Smolicach.

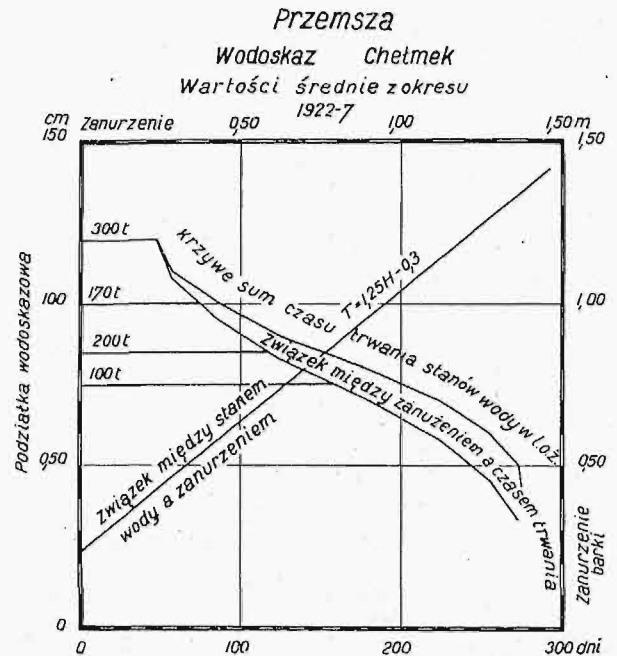
Związek ten wynosi dla Chełmka: $T=1,25H-0,3$,
zaś dla Smolic: $T=0,64H-0,19$.



Rys. 3a.

Związki pomiędzy obserwacjami wodokazowymi a zanurzeniem łodzi.

Wzory te wykazują bezwzględną przewagę łodzi 200-tonnowej nad innymi typami, potwierdzają zatem w zupełności poprzednie moje obliczenia co do ekonomiczności łodzi. Również wykazują one, że już dziś, mimo nieukończonych regulacji Wisły na małą wodę, może skutecznie z nią konkurować łódź 300-tonnowa, przy odległościach transportu od



Rys. 3b.

Mając z drugiej strony do dyspozycji krzywe sum czasów trwania stanów wody na powyższych wodokazach, można wykreślić krzywe, określające, przez jaki okres czasu w przeciętnym roku może pewien typ łodzi kursować z danym zanurzeniem. Wykresy te uskuteczono dla wszystkich czterech typów łodzi na rys. 3.

Przyjmując za podstawę koszty łodzi, holowników, koszty ruchu, oprocentowanie i amortyzację według poprzednich obliczeń, w założeniu jednak, że holowanie odbywa się przy jeździe w dół i w górę, że ruch odbywa się ciągle, że zapomocą mechanicznych urządzeń przeładunkowych skróci się do minimum czas postoju łodzi oraz że łodzie wracają w górę próżno, otrzymamy następujące wzory, określające koszt transportu jednej tonny na odległość jednego kilometra:

Dla łodzi 100-tonnowej	$\frac{412}{L} + 4,76$	} w groszach przy ładowaniu na Przemszy
" " Pszczyńskiej	$\frac{490}{L} + 5,13$	
" " 200-tonnowej	$\frac{379}{L} + 4,00$	
" " Sapoka	$\frac{416}{L} + 3,71$	
" " 100-tonnowej	$\frac{404}{L} + 4,67$	} przy ładowaniu na Wiśle
" " Pszczyńskiej	$\frac{447}{L} + 4,68$	
" " 200-tonnowej	$\frac{351}{L} + 3,70$	
" " Sapoka	$\frac{371}{L} + 3,31$	

100 km oraz przy ładowaniu węgla na Wiśle, np. w Dworach pod Oświęcimiem. I w tym kierunku zatem obliczenia moje znalazły potwierdzenie w wykonanych doświadczeniach.

Jak się przedstawia zatem obecna możliwość konkurencji drogi wodnej z koleją, poucza następująca tabela, obliczona na tej podstawie, że zainicjowana regulacja Wisły górnej nie zostanie ukończona, utrzymywana będzie przy pomocy pogłębiarek przy stanach niskich poniżej Krakowa taka sama głębokość, jaka już dziś istnieje bez sztucznego pogłębiania powyżej Krakowa. Przypuszczam, że w najbliższych kilku latach rzecz ta, przynajmniej do Sandomierza, będzie do zrealizowania. Koszty transportu koleją obliczono według taryfy ulgowej E1, obowiązującej od października 1929.

Łódź	Ładowanie na Przemszy			Ładowanie na Wiśle				Kolej	
	100 t	170 t	200 t	100 t	170 t	200 t	300 t		
km	w z ł o t y c h								
50	6,50	7,46	5,79	6,02	6,38	6,81	5,36	5,37	6,00
100	8,88	10,03	7,79	7,87	8,71	9,15	7,21	7,02	9,30
200	13,64	15,16	11,79	11,58	13,38	13,83	10,91	10,33	13,80
300	18,40	20,29	15,79	15,29	18,05	18,51	14,61	13,64	16,80
400	23,16	25,42	19,79	19,00	22,72	23,19	18,31	16,95	18,00

W tabelce tej nie uwzględniono różnic w odległościach, jakie istnieją przy transporcie do tych samych punktów koleją lub drogą wodną, a które wychodzą na korzyść w jednym wypadku kolei, w innym znow — drodze wodnej.

Wynika z tego, że nawet przy obecnym stanie Wisły, przy odpowiednim doborze typu łodzi i przy istnieniu urządzeń mechanicznych dla naładunku i

wyładunku, może się transport węgla drogą wodną opłacić do wszystkich miejscowości, położonych bliżej lub w tej samej odległości od drogi wodnej, w jakiej znajdują się one od drogi kolejowej. Opłacalność ta będzie się przesuwać od Krakowa w dół, o ile tylko, czy to w drodze regulacji, czy też zwięk-

szonej pracy pogłębiarek, utrzymane zostaną te same warunki żeglowności, jakie znajdują się już dziś powyżej Krakowa.

Wniesiony do Sejmu projekt ustawy o regulacji Wisły pozwala przypuszczać, że nastąpi to w niezbyt długim przeciągu czasu.

Wystawa „Najmniejsze Mieszkanie”.

Napisał Stefan Sienicki, Inż.-architekt.

W dniu 23 marca r. b. została zamknięta wystawa „Najmniejsze mieszkanie”, zorganizowana w Warszawie przez Polskie Towarzystwo Reformy Mieszkaniowej przy współudziale Stowarzyszenia „Praesens” i Warszawskiej Spółdzielni Mieszkaniowej.

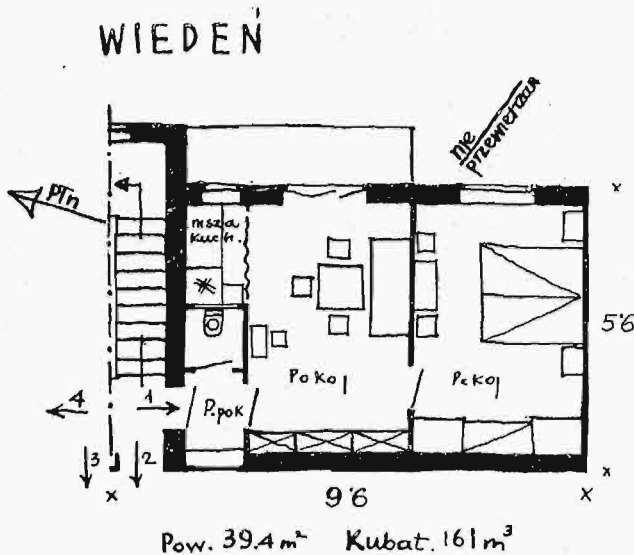
kania — w planie, jego urządzeniach, meblach, sprzętach i t. p.

Dużo braków i niedociągnięć rzucało się w oczy, wśród zwiedzających słyszało się uwagi na temat nieprzystosowania mebli i sprzętów do małych mieszkań lub na temat nieracjonalnie zaprojektowanych urządzeń, lecz nie powinno to być zarzutem dla organizatorów.

Przeciwnie, chodziło o to, by pokazać szerszemu ogółowi ludzi, jakie są dzisiejsze wymagania, jak trudno im sprostać i jak wiele jest w tym kierunku do zrobienia w nich samych i dla nich.

Cel wystawy został osiągnięty — publiczność wykazała duże zainteresowanie dla spraw małego mieszkania i jego racjonalizacji i wykazała tym, co się temi zagadnieniami zajmują, więc architektom i przedstawicielom przemysłu, — że oczekuje od nich przystosowania się do nowych, zmienionych warunków życia.

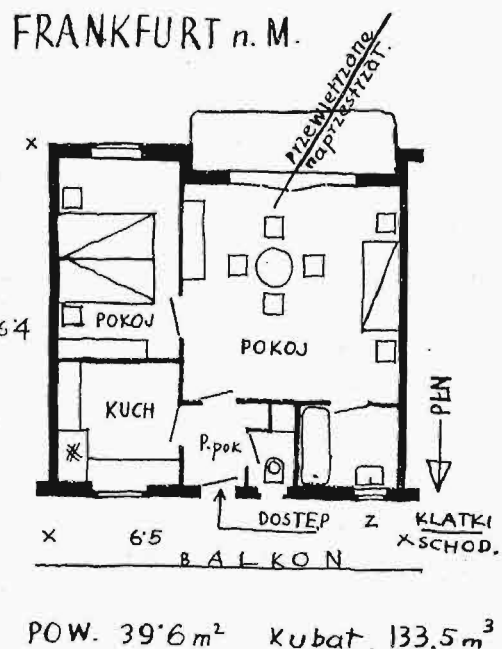
Z punktu widzenia fachowca, zwiedzającego wystawę, — nasuwały się cały szereg uwag. Więc sama nazwa wystawy, zresztą zapożyczona z wystawy zorganizowanej we Frankfurcie podczas II Międzynarodowego Kongresu Architektury współczesnej — nie oddaje w zupełności treści zagadnienia. Nie chodzi o „najmniejsze mieszkanie”, — gdyż nie jest dążnością pragnącego je mieć, by by-



Rys. 1. Plan małego mieszkania w bloku wielomieszkaniowym (Wiedeń.)

Wbrew tradycjom wystaw, których organizacja rozkłada się na długie miesiące, wystawa N. M. została zorganizowana w ciągu dwóch miesięcy. Czas został zastąpiony przez inicjatywę. Na dobro organizatorów wystawy z p. ławnikiem Toeplitzem na czele należy zapisać, że nie stanowiło dla nich przeszkody ani miejsce wystawy, odległy Żoliborz, ani konieczność jej rozpraszania na poszczególne lokale, ani wreszcie przewidywany brak zainteresowania ze strony publiczności, która mogła wystawę prosto przeoczyć. Organizatorów spotkała niespodzianka. Wystawa była tłumnie zwiedzana, na liczne prośby tych, którzy jej nie zdążyli zwiedzić, lub tych, którzy chcieli zwiedzić powtórnie, została o tydzień przedłużona i po zamknięciu wykazała się liczbą 30 000 zwiedzających.

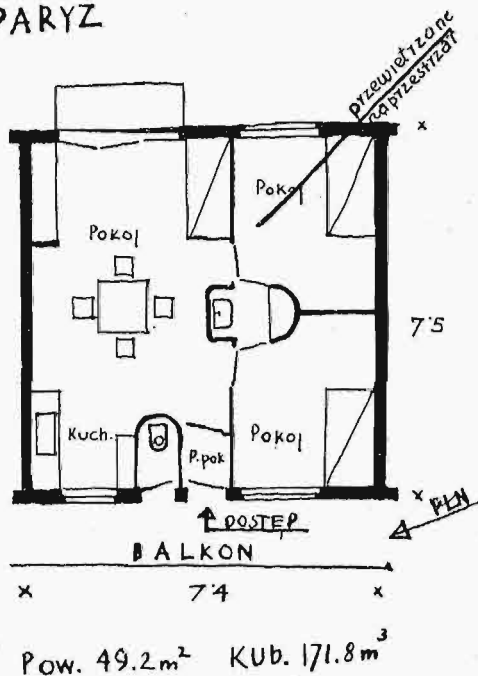
Jednak to powodzenie nie może być przypisane wyłącznie wartości samej wystawy, — jest ono raczej wykładnikiem aktualności tematu, który potrafił zainteresować najszersze sfery publiczności. Dla publiczności zwiedzającej, wystawa była pokazem przede wszystkim modernizacji miesz-



Rys. 2. Plan małego mieszkania we Frankfurcie n/M.

ło ono najmniejsze, — lecz o mieszkanie, odpowiadające najmniejszemu (ze względów finansowych) wymaganiom rodziny, złożonej z pewnej liczby o-

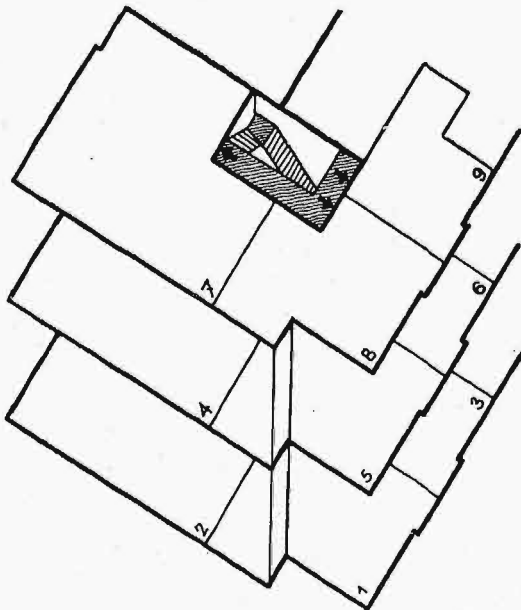
PARYŻ



Rys. 3. Małe mieszkanie wedł. projektu francuskiego (Paryż).

sób. Mieszkanie to więc musi stosować się do ilości członków rodziny, zmieniać swój plan, powierzchnię i urządzenia. Nazwa niemiecka „die Wohnung für das Existenzminimum“ lepiej tę treść zagadnienia podkreślała. Raczej więc ogólniejsza nazwa: „Małe mieszkania“ odpowiadałaby zakresowi tego tematu.

Wystawa zgromadziła w kilkunastu lokalach rozrzuconych po blokach, które w najbliższym cza-



Rys. 4. Dostęp z klatki schodowej do 3 mieszkań.

w dziale B — materiały budowlane, które przy użyciu nowoczesnej konstrukcji powinny być wprowadzone w celu jej polepszenia lub potanienia, w dziale C i D — całkowite urządzenia wewnątrz i wystawę urządzeń i sprzętów dla małych mieszkań.

W dziale A zebrane zostały plany małych mieszkań, wykonanych w kraju i zagranicą. Niezmiernie interesujący materiał planów, przedstawiony był w celu łatwiejszego porównania na jednej wielkości planszach — z zaznaczeniem cech charakterystycznych: powierzchni mieszkania, kubatury i powierzchni otworów okiennych.

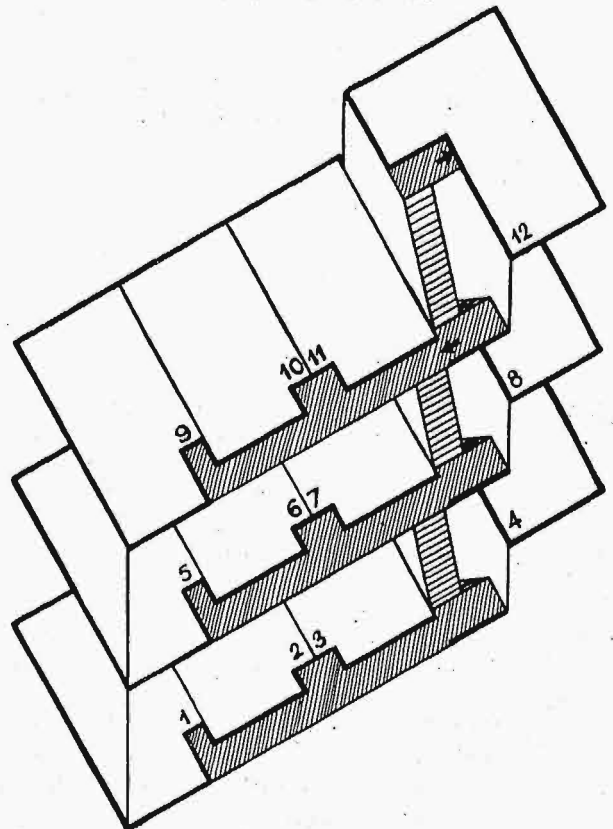
Była to ruchoma wystawa, na którą złożyła się większa część przeszłorocznej wystawy we Frankfurcie.

Nasuwały się tu ciekawe porównania różnych dążeń w sposobie rozwiązania zagadnienia małego mieszkania, charakterystycznych dla danego kraju lub miasta.

Naczelna zasada: przewietrzanie na przestrzał mieszkania była prawie we wszystkich projektach przeprowadzona. Wyjątek stanowiły bloki wielomieszkańowe gminy Wiednia, które zasadę tę ze względów oszczędnościowych przekreśliły (rys. 1).

Najbardziej ekonomiczne plany, przy zachowaniu zasady powyższej, przestawiły Niemcy. W całym szeregu planów zauważyć można było racjonalnie zaprojektowane ubikacje podrzędne — często oświetlone światłem bezpośrednim — i bardzo racjonalnie przeprowadzoną konstrukcję (rys. 2).

Natomiast najbardziej indywidualne i często dalekie od ekonomii plany były typowe dla Fran-



Rys. 5. Dostęp z balkonów.

Bloki C i D Warszawskiej Spółdzielni Mieszkaniowej na Żoliborzu.

sie miały być oddane lokatorom, — w szczyłym zakresie to wszystko, co się tyczy małego mieszkania. Więc w dziale A — plany małych mieszkań,

cji (rys. 3). Ogólnie przeważała zasada bloków wielorodzinnych — z mieszkaniami 1, 1½, 2, najwyżej do 3 izb mieszkalnych.

Charakterystyczne dla większości planów były dojścia do mieszkań z zewnętrznych balkonów, do których prowadziły klatki schodowe. Zasada ta pozwalała na przeprowadzenie dostępu do 3 — 4 i więcej mieszkań z jednej klatki schodowej — nie wykluczając jednocześnie przewietrzania na przestrzał. Zresztą jeden z planów — domu wybudowanego



Rys. 6.

Wnętrza małego mieszkania według projektu arch. Brukalskich.

wanego przed wojną — z podobnymi dojściami przypominał, że zasada ta nie jest nowością, lecz nie spotkała się wówczas z uznaniem. Inne rozwiązania dawały przeważnie 2 do 3-ch mieszkań dostępnych z podestu klatki schodowej, co przy utrzymaniu zasady przewietrzania musiało się wyrazić w podrożeniu kubatury budynku.

Bloki C i D, wybudowane przez Warszawską Spółdzielnię Mieszkaniową, ilustrowały zwiedzającym te dwie zasady. Blok C został projektowany przez arch. Bruno Zborowskiego w myśl zasady dostępu do wszystkich mieszkań z podestów klatki schodowej (rys. 4) — przyczem w narożnikach bloku otrzymano dostęp z klatki schodowej do trzech mieszkań.

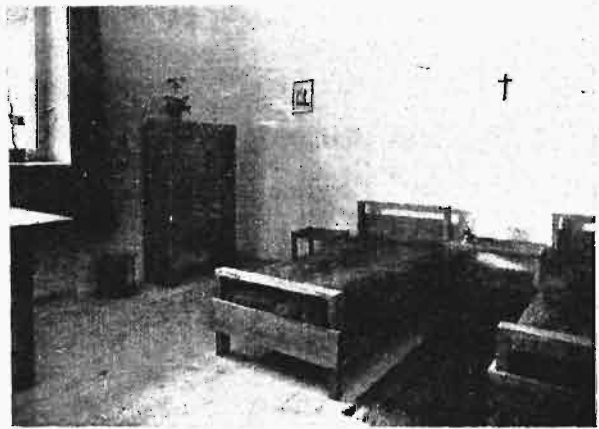
Blok D został zaprojektowany przez arch. Barbarę i Stanisława Brukalskich z dojściami zewnętrznymi z balkonów (rys. 5). Jedna klatka obsługuje tu cztery mieszkania.

Plany mieszkań, zarówno w bloku C, jak i D, zostały pomyślane ekonomicznie, z rozdziałem części mieszkalnej — większej — od sypialnej — mniejszej, ze zmniejszeniem do niezbędnych wymiarów kuchni, z jej racjonalnym zaprojektowaniem.

Przytem racjonalnie umieszczone okna, ich podłużny kształt, wspólne parapety, zastosowanie szwedzkiej konstrukcji — stworzyły wnętrza nowoczesne, pozwalające na racjonalne ustawienie niezbędnych mebli i sprzętów.

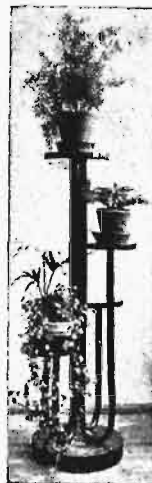
Zastrzeżenia jednak w blokach C i D nasuwała strona wykonawcza. Prostość form podkreślała braki wykonania. Niedomykające się, a tak racjonalne konstrukcyjnie okna szwedzkie łatwo mogły zrazić każdego nie fachowca, który winę gotówby był przypisać samej konstrukcji, stolarka gładkich drzwi, szaf we wnękach lub kuchniach i t. p., wreszcie cały szereg usterek wykończenia — nasuwał przykre refleksje, jak usterki te zmieniają formę i zamierzenia projektującego.

W bloku C i D zostały wystawione meble i sprzęty, które w większości mieszkań miały stanowić całkowite ich urządzenie. Prawie żadna z firm wystawiających nie mogła przedstawić mebli celowych dla wnętrz małych mieszkań. Dobra wola firm, biorących udział w wystawie, nie wystarczyła, by pokryć zasadniczy brak naszego rynku urzą-



Rys. 7.

dzeń wnętrz — brak typów, brak normalizacji, posunięta do niemożliwych granic indywidualizację mebli. Przed przemysłem meblarskim, który należy rozumieć w bardzo szerokich granicach wszelkich mebli i sprzętów, zarówno drewnianych, jak metalowych i t. p., stoi szeroka droga stworzenia typów znormalizowanych, — droga, na którą zaczynają dopiero wstępować niektóre firmy, pragnące sprostać wymaganiom „swej” klienteli. Podkreślam to słowo „swej” klienteli, gdyż jest ono charakterystyczne: nie wystarczy liczyć się z klientelą własną, należy tworzyć estetyczne i ekonomiczne typy, dostępne dla szerokich sfer i raczej zyskiwać sobie zainteresowanie nowych klientów.



Rys. 8.



Rys. 9.

Tanie meble znormalizowane firmy Thonet.

Jedynie meble przedstawione przez arch. Brukalskich formą swą odpowiadały pojęciu o urządzeniu małego mieszkania (rys. 6 i 7); również od-

powiadały warunkom małego mieszkania meble firmy Thonet-Mundus, wystawione w dwóch wnętrzach: mieszkania 3-pokojowego i 2-izbowego (rys. 8 i 9).

Inne firmy wystawiły pokoje i osobne meble, zasługujące na uwagę, lecz zupełnie nie odpowiadające wnętrzom, w których zostały umieszczone.

I z nich jednak należy dodatnio wyróżnić meble, które swą formą przynajmniej przystosowały się do wnętrz nowoczesnych; więc niektóre meble „Meko”, wnętrza p. Pfeffera, niektóre meble metalowe firmy Jarnuszkiewicz. Natomiast wyjątkowo niestosowne do wnętrz były meble z firmy Schütz, zarówno w pokojach, jak i kuchniach, które

swą przestronnością, traktowaniem pseudoluksusowym, z rzezbami, ozdobami i t. p. przekreślały skromny i użytkowy charakter wnętrz.

Powyżej podane charakterystyczne wypadki u-wypuklają, jak wielkie żądania należy postawić przemysłowi, aby chciał i zdążył przystosować się do nowych wymagań. Świadczy to, że przemysł powinien nawiązać bliższy kontakt z projektującymi architektami, by stworzyć kierunek, któryby podkreślał, a nie przekreślał wnętrze siedziby dzisiejszego człowieka. Jednocześnie przeprowadzona typizacja i częściowa normalizacja sprzętów i mebli pozwoliłaby na równoczesne potaniecie produkcji i rozszerzenie jej na masy ludności, pragnącej lepiej urządzać się i mieszkać.

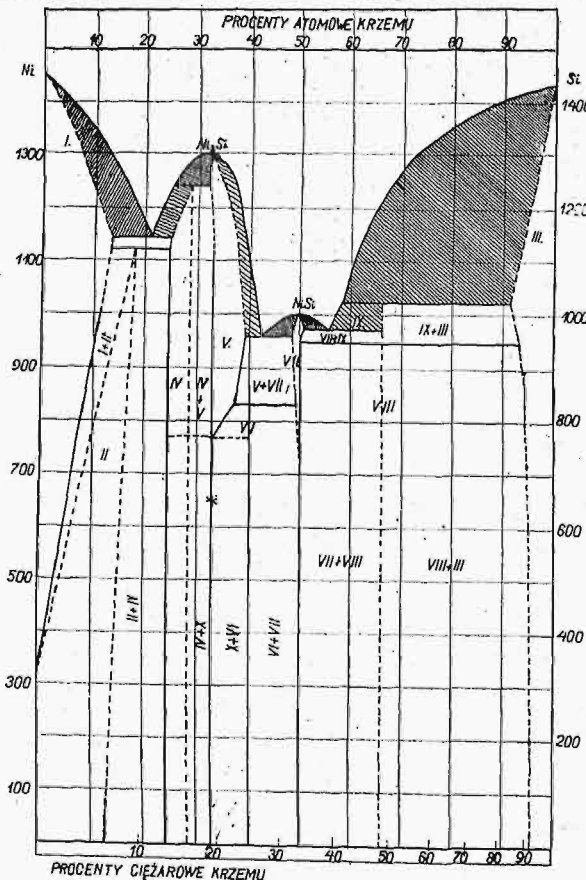
Nakrzemowywanie niklu.²⁾

Napisał M. Dubowicki, Inż. metalurg.

1. Teoretyczne rozważania nad układem Ni-Si.

Wiadomości z literatury o układzie Ni-Si są bardzo skąpe. Rys. 1 przedstawia układ, opracowany przez Guertlera i Tammana (1906). Wykres ten posiada dwa maxima, odpowiadające swym składem chemicznym związkom Ni_2Si i $NiSi$. Krzem tworzy z nikiem β roz-

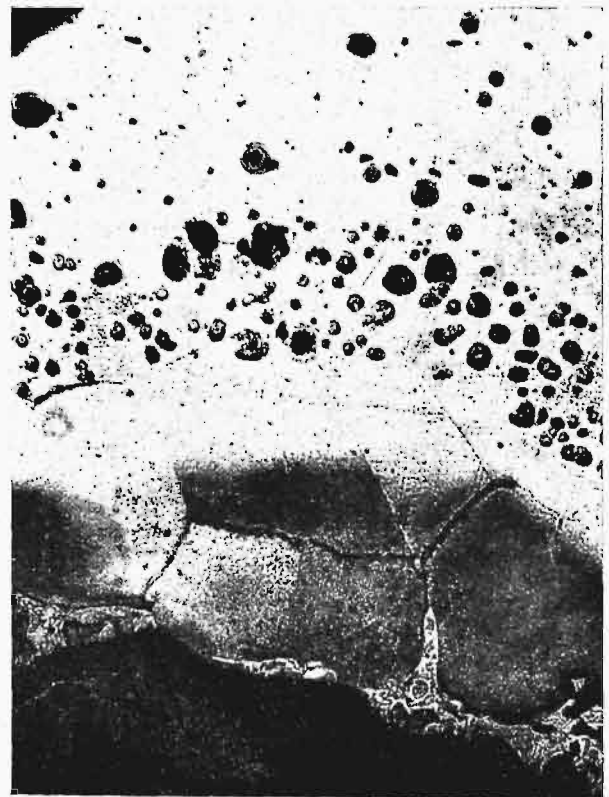
atom. krzemu przy temperaturze $1153^{\circ}C$; przy większej zawartości krzemu w roztworze, wydzieła się eutektyka między kryształami roztworu stałego Si w niku o składzie granicznym, a związkiem chemicznym Ni_2Si . Koncentrację eutektyczną przyjęto według Guertlera i Tammana dla 20% atom. krzemu. W miarę oziębiania roztworu stałego w β -Ni, następuje przemiana w kryształy mieszane α -Ni. Podług nowszych badań Wevera, Z. Jeffriesa



Rys. 1.

twory stałe o granicznej rozpuszczalności 13%

²⁾ Artykuł niniejszy jest dalszym ciągiem pracy, ogłoszonej p. t. „Nakrzemowywanie żelaza” w zesz. 12 i 13 z r. b.



Fot. 8.

i R. Archera (podobnie jak A. Westgrena dla żelaza $\alpha \rightarrow \beta$), odmiana alotropowa niklu β , znaleziona przy wyższych temperaturach, jest indentyczna z odmianą α -Ni; w temperaturze 350° zachodzi tyl-



Fot. 9.



Fot. 10.

ko przemiana magnetyczna, podczas której nikiel traci ferromagnetyzm i w temperaturach wyższych posiada tylko własności paramagnetyczne, przy czym nie zachodzi żadna zmiana w układzie geometrycznym siatki przestrzennej. To samo potwierdzają badania rentgenograficzne. Dlatego uważam, że w układzie Ni-Si należałoby wprowadzić pewne poprawki, które podam w przyszłości. Również wskazuje na to analogja między Fe-Si, Co-Si a Ni-Si. Na podstawie układu Ni-Si wnioskujemy, że nikiel, nakrzemowany w temp. 1000° — 1300°, następnie zwolna chłodzony do temperatur zwyczajnych, może składać się z podobnych warstw, jak żelazo nakrzemowane, a mianowicie:

1) Eutektycznej pomiędzy roztworem stałym, o zawartości granicznej (13% atom.) krzemu w niklu a związkiem chemicznym (Ni₃Si); temperatura topienia tej eutektyki wynosi około 1145°.

2) Z warstwy podeutektycznej, w której na tle mieszaniny eutektycznej są wtopione ziarna granicznego roztworu stałego krzemu w α-Ni.

3) Z warstwy kryształów mieszanych roztworu stałego krzemu w α-Ni i kryształów czystego α-Ni.

4) Z czystych kryształów α-Ni.

2. Badania własne.

Nie jest mi wiadomem z literatury, by były dokonywane próby nakrzemowywania niklu. Przy badaniach nad nakrzemowaniem niklu posługiwałem się temi samymi środkami cementującymi (krzemem metalicznym, stopem żelazo-krzem i mieszaniną krzemu metalicznego z chlorkiem amonowym), w tej samej atmosferze, tą samą metodą



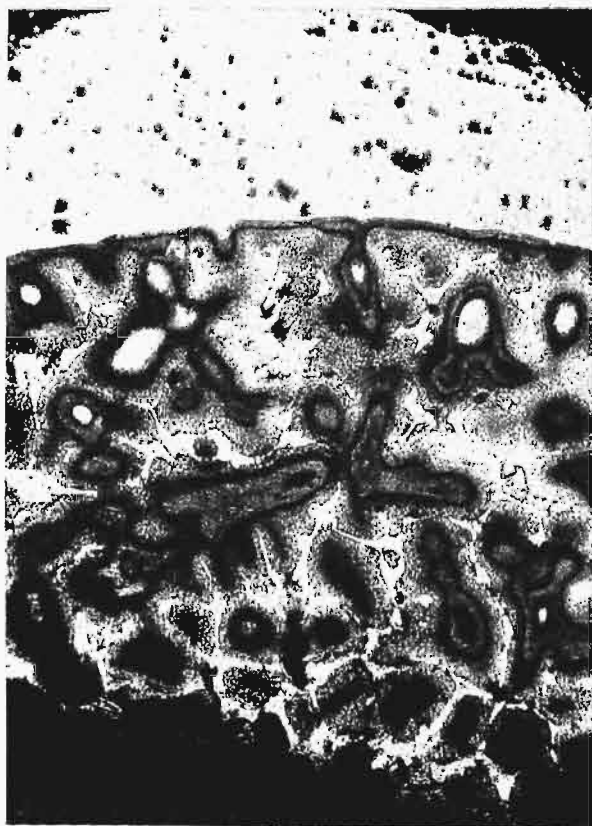
Fot. 11.

i tym samym aparatem, co przy próbach nakrzemowywania żelaza^{*)}). Na próbki do ba-

^{*)} Przegl. Techn. 1930, zesz. 12 i 13.

dań użyty był nikiel o składzie chemicznym: C = 0,18%, Si = 0,13%, Cu = 0,37%, Fe = 0,24%, Mn = 0,49%; była to płyta anodowa; nikiel był bardzo porowaty. Nakrzemowany nikiel można było zauważyć już bez wytrawiania po czterogodzinnym nakrzemowaniu przy temperaturze 1100°, gdyż zjawiała się w kilku miejscach próbki bardzo cieniutka warstewka nowego składnika strukturalnego, który odróżniał się od reszty swoim kolorem i twardością; ten nowy składnik był to roztwór stały krzemu w niklu, posiadał kolor żółtawy, a przy polerowaniu wytwarzał relief. Sfotografowanie tego składnika nie udało się, gdyż kontrast był za mały i granice niewyraźne. Dlatego wynikła trudność znalezienia odpowiedniego czynnika, któryby wyraźnie oddzielał warstwę nakrzemowaną niklu od całości. Z różnych odczynników okazał się najodpowiedniejszym stężony kwas solny (1,19) z 15% bromu. Odczynnik ten nieco plami, lecz lepszego i opowiedniejszego nazwie nie udało się znaleźć.

Często można było spostrzec, że brzeg próbki jest wyżłobiony, co objaśnia się kruchością nakrzemowanej warstwy niklu, odrywającej się częściowo podczas przyrządzania szlifu. Za tem przemawia jeszcze jeden fakt, że często spotykałem część oderwanej powierzchni w szelaku, którym zalewałem otwór w próbce. Również nadsiarczan amonowy wytrawia dość wyraźnie eutektykę pomiędzy roztworem stałym krzemu w niklu a związkiem chemicznym Ni_3Si . Sam nikiel posiada dużo por, co widać na fotografiach.



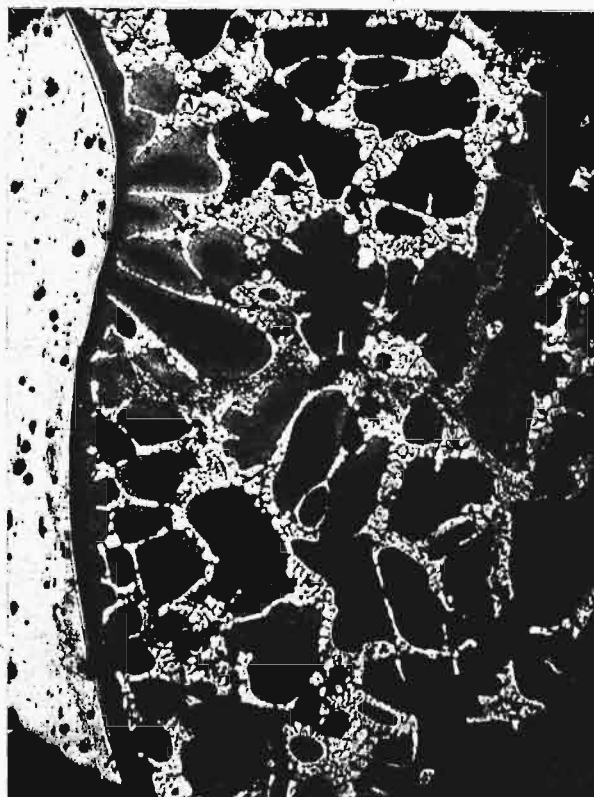
Fot. 12.

Fotografia Nr. 8 (pow. 175 \times , wytr. Br+HCl) przedstawia wyraźny obraz nakrzemowywania niklu krzemem metalicznym przy temp. 1200° przez

4 godz. w próżni; widać bardzo ładne kryształy roztworu stałego krzemu w niklu, zaś na środku są dwa kryształy zrosnięte, tworzące bliźniaki. Po między kryształami i na krawędzi próbki wydzielila się eutektyka, która wciska się w postaci żyłek do wnętrza metalu. Cementacja niklu krzemem nawet w próżni nie zachodziła równomiernie, przy 4-godzinnym procesie.

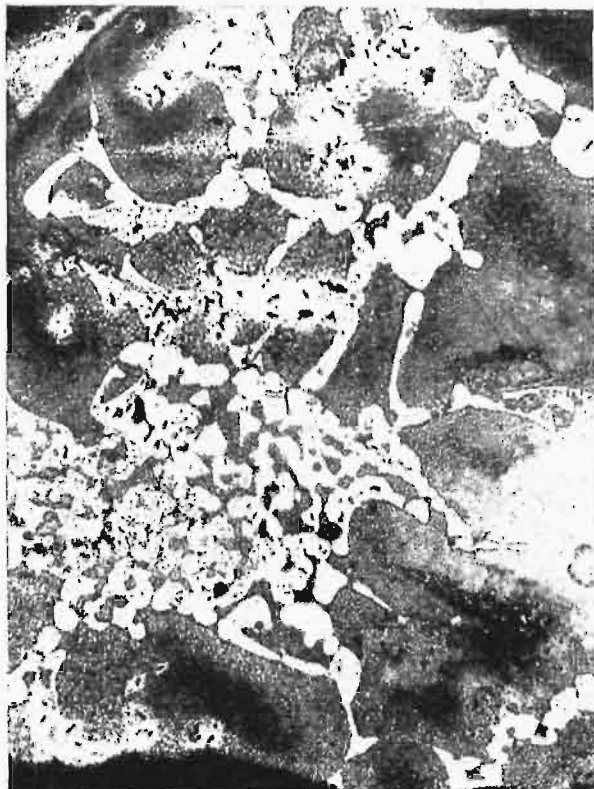
Ta sama próbka niklu, nakrzemowanego krzemem metalicznym przy 1200° przez 4 godziny w próżni, dała w innym miejscu bardzo szeroki zakres roztworów stałych, na którego tle wydzielila się eutektyka, co przedstawia fot. 9 (pow. 175 \times , wytr. Br + HCl). Jeszcze większy stopień nakrzemowania obrazuje fotogr. 10 (pow. 60 \times , wytr. $(NH_4)_2S_2O_8$) niklu nakrzemowanego krzemem metalicznym przy temperaturze 1100° przez 16 godz. w próżni. Warstwa nakrzemowana jest niejednostajnej grubości: w jednych miejscach zaszła dyfuzja głęboko, w innych warstwa zwęza się, tworząc rodzaj arkad, którymi był pokryty cały brzeg próbki nakrzemowanej; przypuszczam, że w pewnych miejscach próbki cementacja była utrudniona z powodu utworzenia się skupień krzemionki, stojącej na przeszkodzie do przenikania krzemu w nikiel. Fotogr. 11 (pow. 175 \times , wytr. $(NH_4)_2S_2O_8$) przedstawia to samo miejsce, co fotografia 10. Widać wyraźniej budowę samej eutektyki na tle roztworów granicznych. Dłużej prowadzony proces lub w wyższych temperaturach zwiększa w bardzo małym stopniu grubość warstwy nakrzemowanej w niklu, natomiast zwiększa ilość eutektyki.

Przy użyciu, jako środka cementującego, sto-



Fot. 13.

pu żelazo-krzem, zachodzi nakrzemowywanie energiczniej niż przy użyciu krzemu metalicznego. Fotogr. 12 (pow. 175 \times , wytr. Br+HCl), obrazująca



Fot. 14.

wynik krzemowania stopem Fe-Si przy 1300° przez ½ godz. w atmosferze azotu, przedstawia eutektykę na tle roztworów stałych. Fotogr. 13 (pow. 60×, wytr. Br+HCl) przedstawia próbkę niklu, nakrzemowanego stopem żelazo-krzemu przy temp. 1200 przez ½ godz. w próżni. Wykazuje ona bardzo ładną eutektykę; podobną otrzymał Guertler i Tammann przy stapianiu stopu niklu z krzemem dla 20,2% atom. Si. Szczegół fot. 13 przedstawia w większym powiększeniu fotogr. 14 (pow. 175×, wytr. (NH₄)₂S₂O₈), gdzie widać budowę eutektyki na tle roztworów stałych granicznych. Fotografia 15 (pow. 360×, wytr. Br+HCl) wykonana ze szlifów próbki niklu, nakrzemowanego stopem żelazo-krzemem przy temperaturze 1050° przez 72 godz. w próżni, wykazuje również budowę eutektyki, która wydzieliła się na tle roztworów stałych krzemu w niklu.

Wpływ temperatury, czasu i użycie odpowiedniego środka cementującego na głębokość i twardość warstwy nakrzemowanej podają załączone tablice: 42, 43, 44. Porównując je z odpowiednimi tablicami dla żelaza, widzimy, że szybkość dyfuzji

TABELA 42.

Wpływ temperatury na wynik nakrzemowania niklu krzemem metalicznym w próżni w jednakowym czasie (4 godz.).

Nr badania	Temperatura i czas trwania	Głębokość max. nakrzemowania w mm	Twardość max. w stanie wyżarzonym według Brinella w kg/mm ²
—	Nienakrzemowany	—	78
1	1000° — 4 godz.	—	78
26	1050° — „	0,12	87
2	1100° — „	0,2	92
4	1200° — „	0,29	109

TABELA 43.

Wpływ czasu trwania procesu na wynik nakrzemowania niklu krzemem metalicznym w próżni przy stałej temperaturze 1100°.

Nr badania	Temperatura i czas trwania	Głębokość max. nakrzemowania w mm	Twardość max. w stanie wyżarzonym według Brinella w kg/mm ²
2	1100° — 4 godz.	0,2	92
5 i 6	„ — 16 „	0,35	127
22	„ — 96 „	0,40	163

TABELA 44.

Wpływ środków cementujących (Si, Fe-Si i Si + NH₄Cl) na głębokość i twardość nakrzemowanego niklu przy 1100° — 4 godz., przy 1050° — 72 godz. i przy 1000° — 96 godz.

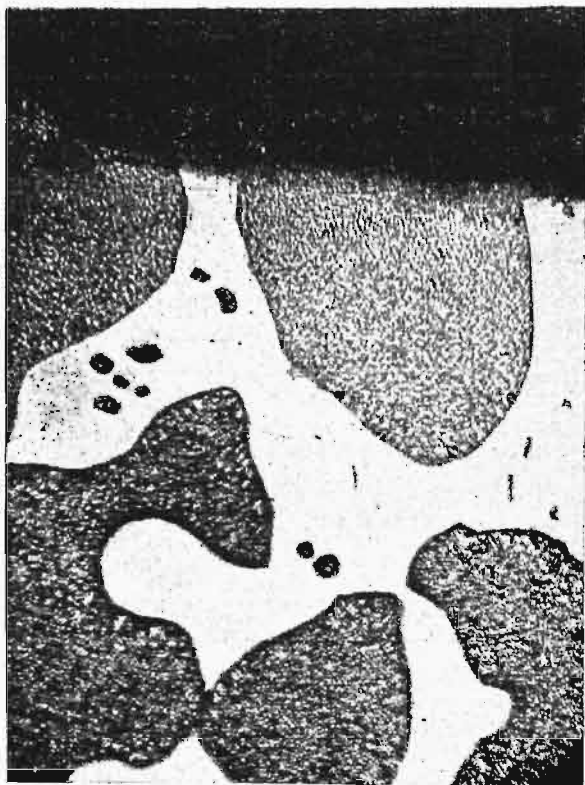
Nr badania	Środek cementujący	Temperatura i czas	Max. głębokość nakrzemowania w mm	Twardość max. w stanie wyżarzonym według Brinella w kg/mm ²
2	Si	1100° — 2 godz.	0,2	87
27	Fe - Si	„ „	0,23	95,5
20	Si + NH ₄ Cl	„ „	0,27	95,5
17	Si	1050° — 72 godz.	0,16	102
23	Fe - Si	„ „	0,30	127
21	Si + NH ₄ Cl	„ „	0,55	133
18	Si	1000° — 96 godz.	0,17	85
24	Fe - Si	„ „	0,28	86,7
28	Si + NH ₄ Cl	„ „	0,3	90

krzemu w nikiel w ciągu 4 godz. przy temp. ponad 1000° C jest nieco większa niż dla żelaza; natomiast proces prowadzony dłużej lub przy wyższych temperaturach nieznacznie zwiększa grubość warstwy nakrzemowanej, zwiększa się natomiast ilość eutektyki, która znów, zmniejszając spójność pomiędzy kryształami roztworu stałego, zwiększa kruchość warstwy nakrzemowanej. Zauważono przytem, że grubość warstwy nakrzemowanego niklu jest w ogólności mniejsza niż dla żelaza, co wyjaśniam na podstawie układu Ni-Si i Fe-Si tem, że zakres granicznej rozpuszczalności krzemu w niklu jest mniejszy niż w żelazie. Wzrost twardości nakrzemowanego niklu jest większy niż żelaza. W przeprowadzonych badaniach wzrost twardości nakrzemowanego niklu wynosił najwięcej (ponad 100%) przy użyciu, jako środka cementującego, stopu żelazo-krzemowego przy temp. 1100° — 1200°. Dla przykładu przytoczę kilka danych liczbowych twardości w tabeli 45.

TABELA Nr. 45.

Nr. badania	Środek cementujący	Temperatura i czas	Atmosfera	Twardość max. w stanie wyżarzonym w/g. Brinella w kg/mm ²
13	Fe - Si	1200° — ½ g.	próżnia	174
12	Fe - Si	1300° — ½ g.	azot	152
25	Fe - Si	1050° — 4 g.	próżnia	152
21	Si + NH ₄ Cl	1050° — 72 g.	próżnia	133
14	Si + NH ₄ Cl	1000° — 16 g.	powietrze	95,5

Wyniki badań przeprowadzonych nad nakrzemowywaniem niklu zapomocą Si, Fe-Si i Si+NH₄Cl w zakresie temperatur od 1000° do 1300° przy 4 godz. do 96 godz. w atmosferze powietrza, azotu, a głównie próżni są następujące:



Fot. 15.

1) Proces nakrzemowywania niklu, podobnie jak żelaza, może odbywać się w atmosferze powietrza, bez wolnego dopływu, przy użyciu odpowiedniego środka cementującego, lepiej w atmosferze obojętnej azotu, a najlepiej w próżni. Przyczyną tego jest (o czym już wspominałem) powinowactwo krzemu do tlenu. W atmosferze powietrza zachodzi najlepiej proces nakrzemowywania przy użyciu, jako środka cementującego, mieszaniny krzemu metalicznego z chlorkiem amonowym.

2) Proces nakrzemowywania niklu, przy użyciu tych samych środków cementujących co w żelazie, rozpoczyna się prawie w tych samych lub w nieco wyższych temperaturach niż dla żelaza. Nakrzemowywanie niklu w zbyt wysokich temperaturach (powyżej 1100° C) powoduje wielką prężność par niklu, przez co ulatniający się nikiel metaliczny pokrywa próbkę żelaza i termoelement. Powyżej 1100° C tworzy się także łatwotopliwa eutektyka.

3) Proces nakrzemowywania niklu odbywa się szybciej w tych samych warunkach (przy użyciu tego samego środka cementującego, w tej samej at-

mosferze, temperaturze i czasie) niż przebieg nakrzemowywania żelaza.

4) Pierwszą oznaką procesu nakrzemowywania niklu jest tworzenie się roztworu stałego krzemu w niklu aż do ilości określonej jego zawartością graniczną w danej temperaturze; gdy intensywność procesu zwiększa się, otrzymujemy na tle warstwy roztworów stałych pewną ilość eutektyki w zależności od temperatury, czasu i środka cementującego, co przewiduje również wykres termiczny układu Ni-Si. Zwiększenie czasu i temperatury procesu nakrzemowywania niklu nie powiększa w takim stopniu grubości warstwy nakrzemowywanej, jak to można było zauważyć przy nakrzemowywaniu żelaza. Uważam, że wpływa tu zakres granicznej rozpuszczalności krzemu w niklu, który jest mniejszy niż krzemu w żelazie. Wzrost eutektyki zmniejsza spójność kryształów roztworu stałego, a wraz z tem zwiększa kruchość.

5) Przenikanie krzemu do niklu powoduje wzrost twardości ponad 100% (znacznie większy niż w żelazie). Atomy krzemu o większej objętości, wchodząc w siatkę przestrzenną atomów Fe i Ni, o mniejszej objętości, przyczyniają się do większego zakłócenia w siatce przestrzennej niklu, a tem samym większe zmiany własności fizycznych, mechanicznych i chemicznych tak poszczególnych kryształów, posiadających taką zniekształconą siatkę przestrzenną, jak i całego stopu. Największy wzrost twardości zauważono w naszych badaniach przy użyciu jako środka cementującego stopu żelazo-krzemu. Ze zwiększeniem się twardości zwiększa się kruchość warstwy nakrzemowanej, która jest znacznie kruchojsza niż w żelazie.

6) Nakrzemowywanie niklu może mieć raczej znaczenie teoretyczne, niż praktyczne. Racjonalne i uzasadnione nakrzemowywanie niklu w praktyce mogłoby być takie, by unikać tworzenia się na obwodzie warstw eutektycznych i podeutektycznych, a otrzymywać tylko roztwory stałe krzemu w niklu. Jednak wątpię, by nakrzemowywanie niklu miało znaczenie praktyczne.

Słuszniejszym wydaje się mi nakrzemowywanie stali niklowej; wiadomo bowiem, że stale zawierające nikiel (a także i chrom) posiadają, oprócz drobnego ziarna, największą spójność, największą ciągliwość i udarność. Przez nakrzemowywanie stali niklowej pogorszyłyby się nieco wyżej wspomniane własności, natomiast wzrosłaby twardość, co zabezpieczałoby stal niklową od przedkiego ścierania.

Sprostowanie.

W art. p. t. „III Zjazd Przemysłowców Budowlanych”, w zeszyt 15 z r. b. na str. 341, w szpalcie prawej, w wierszu 26 od góry zamiast 1,20 powinno być 20; na str. 341, w szpalcie prawej, w 34-m wierszu od góry zamiast manganu powinno być *magnezu*; na str. 342, w szpalcie lewej, w wierszu 32-m od góry zamiast masterol powinno być „*masteval*”.

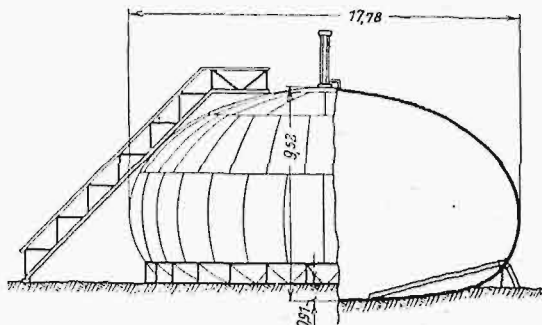
PRZEGLĄD PISM TECHNICZNYCH.

BUDOWNICTWO.

Zbiorniki do gazów i cieczy o kształcie sferoidalnym.

W Chicago ustalono w wyniku szeregu prób nowy typ zbiornika z blach stalowych, któryby mógł być użyty do magazynowania cieczy lub gazów.

Zbiornik przypomina wypełniony pęcherz, leżący na uginającym się podłożu (rys. 1).



Rys. 1. Zbiornik sferoidalny.

Kształt zbiornika obliczono na całkowite wypełnienie ropą, na ciśnienie wewnętrzne gazu i na kombinowane wypełnienie go częściowo cieczą i częściowo gazem.

Ściany z cienkich blach stalowych powinny mieć możliwość jednostajnego naprężenia na całej powierzchni; przysiężano unikać usztywnień przestrzennych.

Ciśnienie gazu dąży do nadania zbiornikowi postaci kuli, natomiast obciążenie cieczą stara się go rozplaszczyc.

Przy dużych zbiornikach konieczne jest podparcie ścian w kluczu. (B a u t e c h n i k, 1930, zes. 3).

ELEKTROTECHNIKA.

Prostowniki na duże natężenia prądu.

W zakresie wysokich napięć prostowniki rtęciowe dość dawno już współzawodniczą zwycięsko z przetwornicami wirującymi. Stało się to dzięki takim zaletom, jak pewność ruchu, duży współczynnik sprawności, przeciążalność. Jednak, jeżeli chodzi o prostowniki na duże natężenia prądu, to tu napotymano na znaczne trudności; w celu ich przezwyciężenia, musiały być dokładnie zbadane zjawiska, zachodzące w łuku świetlnym prostownika rtęciowego.

Do r. 1926 granicą, której nie umiano przy budowie prostowników przekroczyć, było natężenie 1000 A dla prostownika o sześciu anodach i 2000 A dla prostownika o dwunastu anodach.

Duża przeciążalność prostowników (wyzyskana w znacznej mierze przy zastosowaniu ich do zasilania prądem berlińskiej kolei miejskiej i obwodowej*) pozwalała przypuszczać, że da się osiągnąć — przez wprowadzenie potrzebnych udoskonaleń w budowie prostowników — możliwość przetwarzania prądów o wielkich natężeniach.

Przedewszystkiem chodziło o odprowadzenie znacznych ilości ciepła, powstających na katodzie, w łuku świetlnym i na anodzie (ilość ta w prostownikach na 10 000 A odpowiada energii do 30 kW).

W prostownikach o natężeniach prądu do 2000 A powierzchnia naczyń prostownika wystarczała do ochłodzenia parującej na katodzie rtęci. Już dla prostowników 4000 A i więcej zachodzi konieczność stosowania chłodzenia wewnętrzznego. Ma to pewne strony ujemne, mianowicie osady

i zanieczyszczenia, pochodzące z wody chłodzącej, bardzo są trudne do usunięcia. Trzeba zatem stosować bądź wodę, nie mającą skłonności do tworzenia osadów, albo też przynajmniej stosować wodę w obiegu zamkniętym.

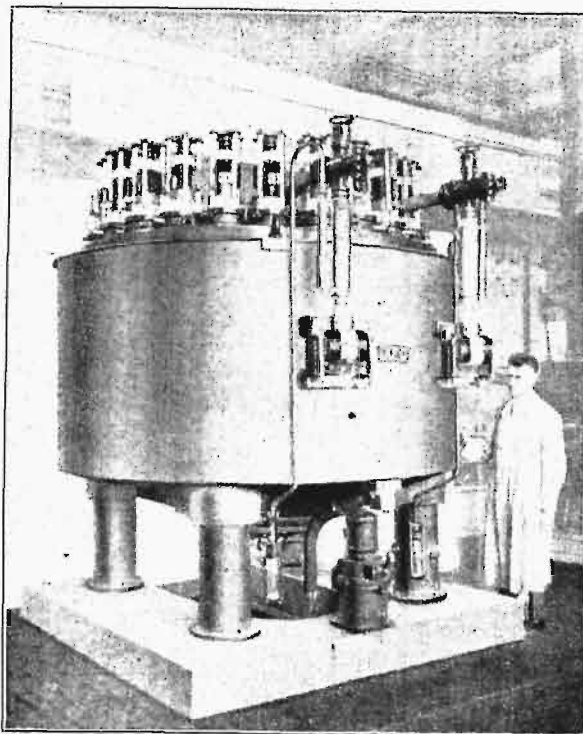
Urządzenie do chłodzenia bywa wykonywane tak, aby łatwo było je wymieniać, ze względu na korozję i zanieczyszczenia.

Wielkie natężenia prądu wymagają dużej średnicy katody; izolator porcelanowy dla tak dużej katody łatwo pęka przy nagraniu; stosuje się tu pierścień żelazny, emaljowany, wewnątrz chłodzony wodą; pierścień ten jest powleczony — z wyjątkiem strony zwróconej do łuku świetlnego — gumą wulkanizowaną, która w połączeniu z warstwą emalii stanowi dobrą izolację.

Cały zespół części, stanowiących katodę prostownika, a więc samą katodę, pierścień izolujący, część górną chłodzoną, daje się łatwo w całości demontować, i może być wywieziony na wózek bez ruszania prostownika z miejsca.

Poza zagadnieniem odprowadzania ciepła, ważną jest sprawa przeciwdziałania powstawaniu częściowych wyładowań i prądów w żelazie. Przyczyniają się one bowiem do zanieczyszczenia wnętrza prostownika. Firma A. E. G. stosuje tu opatentowany przez siebie pierścień filtrujący nad katodą, którego celem jest oczyszczanie powrotnego strumienia rtęci z rozpylonego żelaza i t. p.

Budowa prostowników na wielkie natężenia prądu wymaga uprzednich długotrwałych doświadczeń, studjów i badań, zwłaszcza dotyczących powstawania zjawiska, znanego pod nazwą „zapalania powrotnego”.



Rys. 1. Prostownik na 10 000 A, 650 V.

Niezmiernie ważną jest rzeczą przestrzeganie ogromnej czystości przy montażu prostownika, należyte kierowanie parą rtęci, szybkie neutralizowanie śladów wyładowań w rurce ochronnej anody.

Na rys. 1 widzimy prostownik na 10 000 A, 650 V, wykonany przez A. E. G.

Prostowniki na duże natężenia prądu, powyżej 4000 A,

*) Przegl. Techn., 1930, str. 258.

znajdują zastosowanie głównie na kolejach elektrycznych, zasilanych prądem stałym, oraz w sieciach miejskich i przemysłowych prądu stałego.

W najnowszych czasach dziedziną, w której prostowniki zaczynają współzawodniczyć z przetwornicami wirującymi, jest elektrochemia. Praca wszelkiego rodzaju urządzeń do elektrolizy wymaga prądów o natężeniach 6000 do 40 000 A, i to w zakresie napięć, przy których prostowniki wykazują najlepszą sprawność. Szybki rozwój prostowników na duże natężenia prądu pozwala przypuszczać, że znajdą w tej dziedzinie szerokie zastosowanie. (A. E. G. Mittel, 1930, marzec).

METALOZNAWSTWO.

Laboratoryjne badania stali sprężynowej.

Na wiosennym zebraniu Iron and Steel Institute złożyli G. A. Hankins i G. W. Ford sprawozdanie ze swych doświadczeń, do których użyli następujących tworzyw:

	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr
Stal chromowa 1.	0,6	0,26	0,62	0,036	0,036	—	0,56%
" " 2.	0,45	0,12	0,69	0,014	0,01	—	1,14%
Stal niklowo-chromowa	0,36	0,29	0,5	0,023	0,02	3,42	0,6%
Stal węglista 1.	0,6	0,21	0,77	0,012	0,007	0,08	0,09%
" " 2.	0,46	0,09	0,51	0,026	0,037	0,03	—%

W zestawieniu wyników (p. tab. poniższą) uwzględnili także dane ze swych prac poprzednich¹⁾.

Stali węglistych nie można uważać za odpowiedzialny materiał sprężynowy, gdyż grozi tu niebezpieczeństwo występowania rys hartowniczych. Wykluczając je z rozważań, dochodzimy do wniosku, że różnice są niewielkie, i sami autorzy przyznają, że zawiedli się, obierając za miarę dobroci sprężyny wytrzymałość na zmęczenie przez przegięcie. Sprężyny gotowe mają warstwę zewnętrzną odwęgloną, a zatem słabszą, odciski zendry, zagłębienia i drobne rysy powierzchniowe powstałe przy walcowaniu działają, jak karby, osłabiając najbardziej narażone warstwy zewnętrzne.

Stal	Hartowana		Grupa 1. B = 350			Grupa 2. B = 410			Grupa 3. B = 470		
	przy	w	Wytrzymałość na zmęczenie, kg/mm ²	Granica proporcji, kg/mm ²	Praca uderzenia, kgm	Wytrzym. na zmęcz., kg/mm ²	Granica proporcji, kg/mm ²	Praca uderzenia, kgm	Wytrzym. na zmęcz., kg/mm ²	Granica proporcji, kg/mm ²	Praca uderzenia, kgm
0,6% C	950 ^o	oleju	±59,85	83,48	2,6	±64,57	92,92	1,8	±75,7	107,1	0,3
0,6% C	800 ^o	wodzie	±58,27	—	3,7	±61,43	—	1,7	±72,45	—	1,1
0,8% C	900 ^o	oleju	±61,46	58,27	1,7	—	—	—	—	—	—
0,46% C	810 ^o	wodzie	±56,7	63,0	2,3	±56,75	69,3	0,4	—	—	—
Cr 1	800 ^o	oleju	±59,85	75,6	3,2	±66,15	107,1	1,9	±74,03	119,7	0,7
Cr 1	820 ^o	"	±59,85	75,6	6,9	±64,57	97,65	2,3	±78,75	110,3	1,7
Cr—Va	850 ^o	"	±64,57	78,75	6,2	±67,73	99,22	3,2	±69,3	110,3	1,8
Mn—Si	950 ^o	"	±61,43	80,32	2,3	±72,45	96,08	1,7	±75,6	107,1	1,2
Mn—Si	870 ^o	wodzie	±61,43	85,1	2,6	±72,45	110,3	1,9	±78,75	130,7	1,5
Cr—Ni	820 ^o	oleju	±64,57	83,48	4,1	±69,3	93,07	2,1	±78,75	94,5	0,7

Dlatego jest zrozumiałe, że pręty w stanie surowym były mniej wytrzymałe, niż polerowane. Tak np. otrzymano:

	hartowana	odpuszczana	surowa	polerowana
Stal Mn—Si przy 950 ^o w oleju	27 kg/mm ²	27 kg/mm ²	27 kg/mm ²	46 kg/mm ²
" Cr—Va " 850 ^o " " "	32 kg/mm ²	32 kg/mm ²	32 kg/mm ²	42,5 kg/mm ²

Z przykładu tego widać, że ze względu na odwęglenie z powierzchni, wady zewnętrzne, rysy hartownicze i wrażliwość na przegrzanie przy hartowaniu, trudno na próbkach polerowanych otrzymać wyniki, z którychby mogła praktyka bez zastrzeżeń korzystać. (St. u. E. 49 (1929) str. 1090).

¹⁾ St. u. E. 47 (1927) str. 192.

K—d.

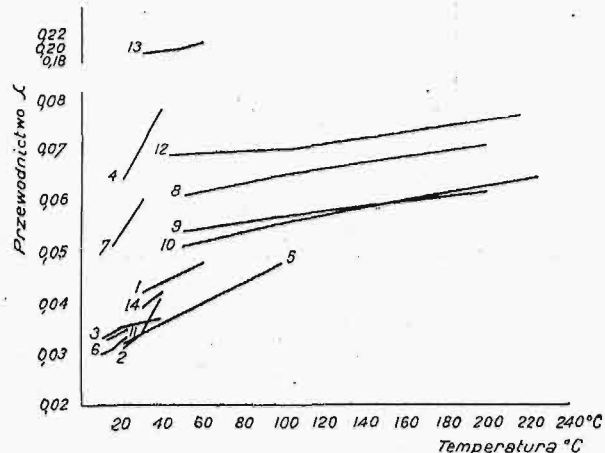
TECHNIKA CIEPLNA.

Badania materiałów izolacyjnych.

Dział przemysłu nieorganicznego Chem. Inst. Badawczego w Warszawie podjął badania własności izolacyjnych materiałów ciepłochronnych. W tym celu, po dokonaniu szeregu prób, zdecydował się użyć do badań aparatu Poensgena, wprowadzając doń stopniowo szereg ulepszeń.

Autorzy cytowanego artykułu opisują ustrój aparatu — pierwowzoru i dokonane w nim zmiany.

W toku prac stwierdzono istnienie pewnych zależności między grubością warstwy badanego materiału izolacyjnego a obliczonym λ dla danego aparatu.



Rys. 1. Przewodność rozm. materiałów izolacyjnych w zależności od temperatury.

Oznaczenia:	Waga 1 m ³	Waga 1 m ³
1. Płyty izolacyjne korkowe	237 kg	8. Termisol 580 kg
2. Kamień korkowy	—	9. Cegła infuzorytowa 401 "
3. Korek ekspandowany 130 "	—	10. Thermos 350 "
4. Masa okrzemkowo-azbest. 635 "	—	11. Korek smolowany na paku 187 "
5. Wełna szklana 400 "	—	12. Masa magnez. azbest. 680 "
6. Korek smolowany na asf. 400 "	—	13. Gazobeton 960 "
7. Masteval 400 "	—	14. Płyty torlowe — "

Dokonano pomiarów własności szeregu materiałów izolacyjnych i budowlanych pochodzenia krajowego, ujmując ich wyniki w załączony wykres (rys. 1).

Opracowano wreszcie projekt małego, możliwie najprostszego aparatu do orientacyjnych pomiarów materiałów izolacyjnych przez uprzednie wycechowanie aparatu materiałami izolacyjnymi o znanym λ . Jest to miedziana kostka o pojemności 1 litr, wypełniona lodem, pokryta warstwą materiału badanego (2 cm) i osłonięta znów kostką z 1 mm-ej blachy aluminiowej. Stan równowagi temperatur ustala się po 30—60 min i trwa 2—3 godz. Pomiaru temperatury dokonywa się zapomocą termometrów, z których jeden (kontrolny) umieszcza się wewnątrz kostki, drugi — w środku okładziny, trzeci — nazewnątrz kostki. (Przem. Chem. 1930, zesz. 4, str. 73—83).