

PRZEGLĄD TECHNICZNY

TYGODNIK POŚWIĘCONY SPRAWOM TECHNIKI I PRZEMYSŁU.

TREŚĆ:

Napreżenia ciał stałych w postaci widzialnej, (c. d.) nap. A. Messager, czł. Inst., prof.
Sposób zastosowania łuków trójprzegubowych do budowy mostów obrotowych i zalety tego ustroju, (dok.) nap. prof. inż. A. Pzenicki.
Laboratorium Maszyn Politechniki Warszawskiej, nap. prof. B. Stefański.
Przebieg pism technicznych: Zastosowanie lekkich stopów do budowy tłoków silników spalinowych. — Przemysł metalurgiczny we Włoszech. — Most wiszący na Hudsonie w Bear Mountain, N. Y. — Poglądarka „Ronaldshay”.
Ze Stowarzyszeń Technicznych.
Kongresy i Zjazdy.

SOMMAIRE:

Les tensions intérieures rendues visibles (suite), par A. Messager, Membre de l'Institut, Professeur.
Méthodes d'adaptation des arcs à trois rotules aux ponts mobiles et leurs avantages (suite et fin), par A. Pzenicki, Prof. à l'École Polyt. de Varsovie.
Laboratoire des machines et chaudières à l'École Polytechnique de Varsovie, par B. Stefański, Professeur.
Revue documentaire: L'emploi des alliages légers pour les pistons de moteurs à explosion. — L'industrie métallurgique en Italie. — Pont suspendu sur l'Hudson à Bear Mountain. — La dragueuse „Ronaldshay”.
Sociétés Techniques.
Congrès Techniques.

Napreżenia ciał stałych w postaci widzialnej.

Napisał A. Messager, członek Instytutu Francji,
profesor Szkoły Drogi i mostów, oraz Conservatoire des Arts et Métiers w Paryżu.
(Ciąg datczy do str. 526 w Nr 47 r. b.)

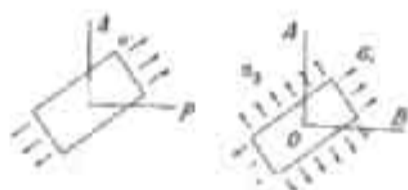
Wartość naprężeń. Mierzenie ich różnicy. Mając określone kierunki naprężeń głównych, dodatnich lub ujemnych, musimy wyznaczyć ich wielkość.

Wertheim wskazał następujący sposób wyznaczenia różnicy naprężeń głównych.

Kawałek szkła, umieszczony ukośnie między skrzyżowanymi niokolami, poddajemy jednostajnemu ciągnięciu σ_1 w jednym kierunku (rys. 8). Jak wiadomo, zjawia się światło, i zazwyczaj, światło kolorowe. Zmieniając wielkość naprężeń, otrzymujemy różne barwy. Jeżeli sporządzimy tablicę naprężeń i odpowiadających im barw, to będziemy mogli podług kolorów zaobserwowanych ocenić wartość naprężeń.

Faktem jest, że jeżeli pewnemu naprężeniu σ_1 wywołanemu w pewnym kierunku, towarzyszy jeszcze inne naprężenie σ_2 tej samej wielkości i znaku, w kierunku prostym, to wówczas

otrzymujemy ciemność. Jeżeli to drugie naprężenie tworzy tylko część pierwszego, występują takie same zabarwienia, jakie odpowiadają jednokierunkowemu naprężeniu o wielkości $\sigma = \sigma_1 - \sigma_2$. Zabarczenie jest niezależne od kąta nachylenia naprężeń głównych do kierunków głównych przyrządu, a zależy tylko od różnicy naprężeń głównych. Stwierdzono również, że jeżeli zmienia się grubość szkła przy niezmiennym naprężeniu, to zgodnie z teorią, zabarczenie zależy od



Rys. 8. Próbka rozciągnięta ukośnie.
Rys. 9. Próbka rozciągnięta w dwóch kierunkach prostych.

tylko linie izochromatyczne. O ile pojawiają się jeszcze czarne linie, lub punkty, są to miejsca w których wszystkie naprężenia główne są równe i przez to nie mają określonego kierunku (środek i punkty sąsiednie na rys. 10). W szczególnym wypadku te naprężenia główne mogą być równe zeru. Byłyby to więc punkty obojętne (wierzchołki na rys. 10).

Porównyując rysunki 10 i 11, można sobie zdać sprawę z bardzo charakterystycznych linii izostatycznych w każdym z tych punktów osobliwych.

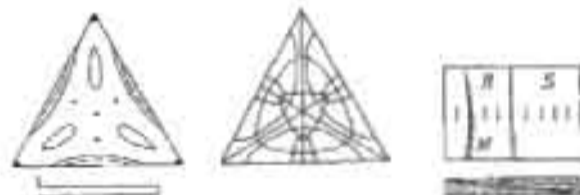
Różnicę naprężeń głównych można wyznaczyć doświadczalnie z jeszcze większą dokładnością sposobem kompensacji, stosując t. zw. „metodę zerową”. Nakładając na płytkę szklaną w której panują dwa naprężenia główne σ_1 i σ_2 , przy czym $\sigma_1 > \sigma_2$, drugą płytkę, jednostajnie rozciągniętą, o grubości e' , której naprężenie dające się zmierzyć bezpośrednio jest równoległe do σ_2 , otrzymujemy ciemność gdy spełnia się warunek:

$$e(\sigma_1 - \sigma_2) - e'\sigma = 0.$$

Stosując tę metodę, umieszczamy więc przed badaną próbką prostokątnością szklaną, równoległe do jednego

czarnych izoklin. Można je usunąć różnymi sposobami. Najpierw nasuwa się sposób, polegający na szybkim wirowaniu aparatu polaryzacyjnego: izokliny, dzięki szybkiemu ruchowi, znikają dla obserwatora, podczas gdy linie izochromatyczne zajmują położenie stałe. Atoli, przy tym sposobie, drgania aparatu mogą zamazać obraz fotograficzny linii izochromatycznych.

Dogodniejszym jest umieszczenie z w. płytki ćwierćfalowej nachylonej do osi przyrządu pod kątem 45° . (Jest to płytka krystaliczna, zwykle z miki, o takiej grubości, że wytwarza ona różnicę faz, wynoszącą $\frac{1}{4}$ fali przenoszonych drgań). Otrzymujemy przytem światło kołowo spolaryzowane. Analizator, zaopatrzone od przodu w taką samą płytkę, nosi nazwę analizatora kołowego. Układ powyższy daje takie same zabarwienia, nie wytwarzając izoklin. Pozostają tedy



Rys. 10. Szkło hartowane. Linie izochromatyczne.
Rys. 11. Szkło hartowane. Linie izostatyczne.
Rys. 12. Kompensator Babinet'a.

* Kolejność barw, jak w pierścieniach Newton'a w świetle odbitem, mianowicie: czarna, mleczno-biała, brązowa, niebieska, bezbarwna, żółta, purpurowa-zielona, żółta, czerwona, zielona i t. d. Zazwyczaj kolor zielony powtarza się 6 razy, zanim osiągnąmy różnicę naprężeń zbyt wielką, aby wywołać zabarwienie.

Obserwując próbkę szklaną, na którą działają siły dostatecznie słabe, widzimy tylko kolor czarny i biały. Wystarczy to do wyznaczenia izoklin. Przy proporcjonalnym zwiększaniu sił, izokliny zachowują swe położenie, natomiast krzywe kolorowe przesuwają się.

ze znanych kierunków głównych próbki, i zapomocą ciężaru lub wycechowanej sprężyny poddajemy go siłom rozciągającym lub ściskającym, aż do osiągnięcia ciemności. W chwili tej zachodzi kompensacja i otrzymujemy $\sigma_1 - \sigma_2$, mierzywszy uprzednio wszystkie pozostałe wielkości, wchodzące w ostatnie równanie, co jest łatwe do skutecznienia.

Zamiast kompensatora z rozciąganego szkła, który wprawdzie daje najdokładniejsze wyniki, lecz zajmuje dużo miejsca, można użyć kompensatora Jamin'a lub Babinet'a, zorientowanego równoległe do osi głównych. Niestety, grubość kwarcu nie wytwarza w różnych promieniowaniach świetlnych, przechodzących równoległe do osi, różnicy fazy ściśle proporcjonalnej do tej, którą wytwarza szkło, poddane naprężeniu. Otrzymamy zatem tylko niepełną kompensację, jeżeli $e(\sigma_1 - \sigma_2)$ jest wielkie. Dla wartości nie przewyższających np. 30 kg/cm^2 , wyniki są bardzo zadawalające. Kwarc jest równoważny ze szkłem, poddanym naprężeniom głównym o stałej różnicy. Zamiast zmieniać naprężenie (szkła), stosujemy zmienną grubość płytki kwarcowej.

Kompensator Babinet'a, naprz., można wycechować wykreślając linię zerową w punktach, dających linię czarną, między skrzyżowanymi nielami. Jest to linia jednakowych grubości obu klinów kwarcowych, stanowiących kompensator Babinet'a. Z jednej strony linii zerowej, w jednakowych odstępach, wykreślmy kreski równoległe. Niechaj one odpowiadają np. pewnemu ciągnięciu, wywołanemu w przekroju kawałka szkła równoległym do kreszek. Oznaczmy tą stronę, jako „rozciąganie” i przy każdej kresce podamy liczbę odpowiadającą wartości $e(\sigma_1 - \sigma_2)$. Drugą stronę wycechujemy w ten sam sposób i oznaczmy jako „ściskanie”.

Jeżeli kompensator, ustawiony równoległe do jednego z głównych ciągnięć w punkcie M szkła, wytwarza ciemność, pokrywając punkt M kreską, oznaczoną liczbą n po stronie „rozciągania”, powiemy, że w punkcie M szkła, w przekroju równoległym do kreszek, panuje naprężenie σ_1 większe, niż w kierunku prostopadłym, tak iż:

$$(\sigma_1 - \sigma_2) e = n.$$

Wartość naprężeń. Mierzenie ich sumy. Mając różnicę naprężeń, trzeba dla znalezienia ich oddzielnych wartości znać jeszcze inną funkcję naprężeń. Najprostszą jest ich suma. Kiedy ciało podlega ciągnięciu σ_1 , grubość jego zmniejsza się o $e \frac{\eta}{E} \sigma_1$ (gdzie E modułem Young'a, a η liczbą Poisson'a). Jeżeli zachodzi jeszcze rozciąganie σ_2 w kierunku prostopadłym, grubość zmniejsza się jeszcze o $e \frac{\eta}{E} \sigma_2$, tak że pod wpływem obu naprężeń głównych σ_1 i σ_2 ciało traci na grubości:

$$d = \frac{e}{E} \eta (\sigma_1 + \sigma_2).$$

Dla otrzymania $\sigma_1 + \sigma_2$ wystarczy zatem zmierzyć d . Różnicę tę, rzędu mikrona, można zmierzyć przez zastosowanie przyrządu dźwigniowego z lusterkiem. Jest to sposób przyjęty przez Coker'a, profesora University College w Londynie. Można także zużytkować prążki interferencyjne. Tym sposobem posługiwał się chętnie autor. Przyrząd, zwany latometrem, pozwala z łatwością wykonać ten pomiar przez nakładanie się prążków interferencyjnych. W tym przyrządzie mierzy się zmianę grubości zapomocą odpowiednio wycechowanego kompensatora Perot'a i Fabry'ego.

Wartość metody doświadczalnej. Gdyby otrzymane wyniki były ważne tylko dla jednego materiału, to i wtedy miałyby poważne znaczenie, aczkolwiek nieco ograniczone. Na szczęście M. Lévy zauważył (*Comptes Rendus*, mai 1908)⁴⁾, że naprężenia w dwuwymiarowych zadaniach teorii sprężystości w bardzo wielu wypadkach nie zależą od współczynników sprężystości. Rzeczywiście, zagadnienia te są określone przez trzy układy równań:

1) Równania równowagi wewnętrznej, które nie zależą od współczynników sprężystości.

2) Równanie wyrażające nierozłączność elementów dwuwymiarowych (*conditio compatibilitatis*, warunek współistnienia)

$$\Delta(\sigma_x + \sigma_y) = 0.$$

$$\left(\Delta = \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2}\right), \sigma_x \text{ i } \sigma_y \text{ są składowymi naprężeń normalnych w kierunkach osi } OX \text{ i } OY.$$

3) Warunki krańcowe.

Jeżeli równania te nie zawierają stałych sprężystości, to rozwiązanie jest od nich niezależne. Taki przypadek zachodzi np. gdy na ciało płaskie (tarczę), ograniczone konturem zamkniętym, działają dane siły wzdłuż tego konturu.

Michell wykazał (*Proceedings of the London Math. Soc.*, 1899 str. 100), że naprężenia w ciałach izotropowych, z próżniami (pustymi miejscami) wewnątrz, nie zależą od współczynników sprężystości, o ile niema sił masowych i o ile rzut sił powierzchniowych, działających na każdą powierzchnię ograniczającą miejsce puste, na dowolną prostą jest zerem.

Dowodzenie podane przez niego jest dość trudne. Daleko krótsze i elementarniejsze dowodzenie zawierają bardzo proste wzory, podane przez Flamant'a (*C. R.* 20, juin 1892 i *Ann. des Ponts et Ch.*, juillet, str. 258), które głoszą że:

1) Jeżeli w punkcie O tarczy sprężystej (o płaszczyźnie XZ) działa w kierunku OZ siła skupiona zrównoważona na konturze tarczy siłami, które się wszędzie znoszą z naprężeniami głównymi o kierunkach zbiegających się w O , to te naprężenia są wprost proporcjonalne względem \cos kąta ich nachylenia do osi OZ i odwrotnie proporcjonalne względem odległości od O . (Poniżej zobaczymy, jak można do tego dojść metodą optyczną). Naprężenia te są niezależne od stałych sprężystości.

2) Odpowiadające przesunięcia u i v w kierunku osi X i Z wyrażają, przy oznaczeniu przez dF siły skupionej, następujące wzory:

$$u = - \frac{dF}{2\pi\mu e} \left(\frac{\lambda + 2\mu}{3\lambda + 2\mu} \arctg \frac{x}{z} - \frac{xz}{r^2} \right)$$

$$v = \frac{dF}{4\pi\mu e} \left(-4 \frac{\lambda + \mu}{3\lambda + 2\mu} \log r + \frac{z^2}{r^2} \right)$$

[Tutaj oznaczają λ i μ stałe sprężystości Lamè'go, które z modułem Young'a E i liczbą Poisson'a η są związane wzorami:

$$\lambda = \frac{E\eta}{(1+\eta)(1-2\eta)}; \mu = \frac{E}{2(1+\eta)}; \frac{\lambda + 2\mu}{3\lambda + 2\mu} = \frac{1-\eta}{1+\eta};$$

$$\frac{4(\lambda + \mu)}{3\lambda + 2\mu} = \frac{2}{1+\eta}.$$

Nadto jest $r^2 = x^2 + z^2$].

Ponieważ funkcja \arctg nie jest jednowartościową, lecz wzrasta o 2π przy każdym obrocie około początku układu, widzimy, że wzory powyższe mogą być stosowane tylko do ciała, które naprzykład, posiada nieskończenie wąską szczelinę, łączącą początek układu z konturem zewnętrznym.

Rzeczywiście, za każdym razem przy obracaniu w kierunku dodatnim, poczynając od pewnego punktu szczeliny i powracając do nieskończenie bliskiego punktu, położonego z drugiej strony szczeliny, u wzrasta o wielkość równą:

$$- \frac{dF}{\mu e} \frac{\lambda + 2\mu}{3\lambda + 2\mu}.$$

A zatem jeden brzeg szczeliny przesuwa się równoległe względem drugiego w kierunku prostopadłym do siły dF .

Aby utrzymać obydwie strony szczeliny w zetknięciu, o ile zachodzi nietylko samo przesunięcie względne, należy przyłożyć do nich naprężenia równe funkcji przesunięcia względnego, które samo jest funkcją współczynników sprężystości. Warunkiem koniecznym i dostatecznym, aby współczynniki sprężystości nie wchodziły w grę, jest przeto: przesunięcia względne brzegów szczeliny mają być równe zeru.

Twierdzimy, że w przypadkach Michell'a można traktować równowagę, jako wytworzoną przez sumę rozwiązań typu Flamant'a.

⁴⁾ Maurice Lévy nie dał dowodu tego warunku. Dostarczył go później autor niniejszego artykułu w *Annales des Ponts et Chaussées*, 1913, IV, p. 139. Można doń dojść w sposób prostszy, opierając się na zależnościach między naprężeniami, podanych przez Beltrami'ego. Wystarczy je dodać. Warunek ten nie zależy od współczynników sprężystości.

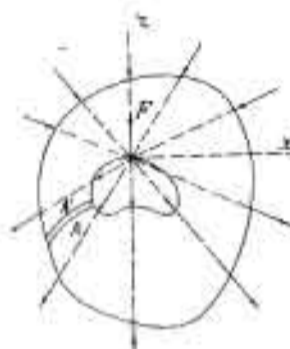
Rzeczywiście, jeżeli rozważana tarcza nie zawiera miejsc pustych, i w m punktach konturu działa 2 m sił $X_1, X_2, X_3, \dots, X_m$ i $Z_1, Z_2, Z_3, \dots, Z_m$ skierowanych odpowiednio wzdłuż osi X i Z , to na to aby zachodziły naprężenia Flamant'a, musi się w punkcie a spełniać np. dla kierunku osi Z równanie:

$$AX_1 + BX_2 + \dots + MX_m + A'Z_1 + B'Z_2 + \dots + M'Z_m = Z_a$$

gdzie Z_a jest składową, wymaganą przez warunki zadania. Otrzymamy 2 m równań o 2 m niewiadomych $X_1, X_2, \dots, X_m, Z_1, Z_2, \dots, Z_m$. Ten układ równań posiada zawsze rozwiązanie przy dowolnie wielkim m . Jeżeli więc m jest nieskończenie wielkie, to i wtedy będzie istniało rozwiązanie.

(To dostarcza metody przybliżonego rozwiązywania wszelkich dwuwymiarowych zagadnień teorii sprężystości przy założeniu, że m i n są liczbami skończonymi. Metoda ta daje jak zobaczymy, prawie ściśle wartości dla wszystkich punktów, których odległość od konturu jest większa, niż odległość między dwoma punktami przyłożenia sił).

Przypuśćmy, że badane ciało posiada otwór, połączony szczeliną z konturem zewnętrznym, i że na obwodzie tego otworu działają jakieś siły. Przyłożymy do obwodu otworu, szczeliny i konturu zewnętrznego odpowiadające każdej z sił — naprężenia Flamant'a, któreby tą siłą równoważyły (rys. 13).



Rys. 13. Zrównoważenie siły zewnętrznej przez naprężenia Flamant'a

Każdą z sił możemy rozłożyć na dwie składowe X i Z w kierunku osi. Jeżeli $\sum Z = 0$, to rzut na oś X przesunięcia jednej strony szczeliny względem drugiej równa się zeru. Jeżeli $\sum X = 0$, to rzut tego samego przesunięcia na oś Z równa się zeru. Obydwie więc strony szczeliny nie przesuną się względem siebie. Możemy skleić obydwa brzegi szczeliny, i wyniki zostaną bez zmiany. (Siły wewnątrz otworu mogą nawet dać moment, byleby sumy rzutów na dwie osi prostopadłe były zerami. Można byłoby usunąć szczelinę, nie wywołując żadnych zmian).

Powyżej wyklucziliśmy siły masowe. Atoli każda z nich może być zastąpiona siłą powierzchniową rozmieszczoną na obwodzie nieskończenie małego otworu. O ileby rzut tych sił nie był zerem, musiałoby istnieć przesunięcie jednej strony szczeliny względem drugiej, prostopadłe do kierunku siły wypadkowej.

Mamy zatem wzory niezależne od współczynników sprężystości, w wypadkach wskazanych przez Michell'a i tylko w tych wypadkach.

Kiedy chodzi o ciała wydłużone, osadzone na stałych podporach, warunki podporowe zależą od współczynników sprężystości. Jeżeli jednak ciało jest dostatecznie długie a cienkie, to można pominąć wyraz opatrzonej liczbą Poisson'a. Tak się zwykle postępuje w teorii wytrzymałości materiałów. Warunek podporowy przybiera w naszym przypadku postać:

$$\frac{1}{E} (A - B) = 0 \text{ lub } A - B = 0.$$

Jest on niezależny od współczynników sprężystości. Taki przypadek zachodzi np. w łuku bezprzegubowym.

II. ZASTOSOWANIA.

Szybkie rozprzestrzenianie się siły wewnątrz ciała.

Niejednokrotnie usiłowano dowieść, że siła działająca na kontur ciała, rozprzestrzeni się szybko w jego masie w ten sposób, że prawidła „wytrzymałości materiałów”, w przypadku słupów obciążonych na obu podstawach, są stosowane dopiero w pewnej niewielkiej odległości od miejsca przyłożenia sił zewnętrznych.

Teoretycznie nie zdołano wyznaczyć wartości tej odległości.

Kilka następujących przykładów pozwoli stwierdzić, że odległość ta jest mniejsza od największego boku podstawy.

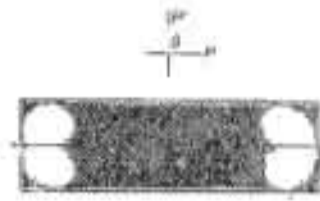
1. Słup ściskany osiowo.

Skoro siły ściskające są rozłożone jednostajnie na obu podstawach, to bardzo łatwo dowieść, że wszystkie przekroje

poprzeczne doznają ciśnienia o tej samej stałej wartości, a naprężenia w przekrojach podłużnych są równe zeru.

Zastąpimy teraz ciśnienia, działające na podstawy, wypadkowymi siłami skupionymi. Wówczas, jak zgodnie twierdzą wszyscy autorowie, w pewnej odległości od podstaw będzie rozkład naprężeń taki sam jak poprzednio, o ile badana próbka jest dość długa. Jak wielka jest ta odległość?

Weźmy najpierw prostopadłościan ze szkła. Umieścimy go między skrzyżowane nikielki w ten sposób, aby jeden



Rys. 14.

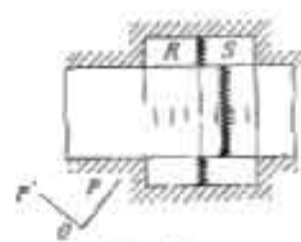
Prostopadłościan ściskany wzdłuż osi.

z kierunków głównych aparatu był równoległy do krawędzi bocznych. Zobaczymy obraz, jak na rys. 14. Obszar jednostajnie zaciemniony jest zawarty między pewnymi dwiema płaszczyznami, równoległymi do podstaw i odległymi od nich mniej więcej o połowę największego boku podstawy. W tym obszarze zatem kierunki główne będą równo-

ległe do krawędzi bocznych prostopadłościanu. Warunki zaś równowagi elementu, ograniczonego płaszczyznami równoległymi do sześciu ścian prostopadłościanu, wymagają, aby siły, działające na ściany przeciwległe, były jednakowe, o ile działają tylko siły normalne. Naprężenie (ciśnienie), we wszystkich przekrojach poprzecznych włókien równoległych do krawędzi bocznych, pozostaje więc stałym, w całym zaciemnionym obszarze, a naprężenia w przekrojach podłużnych są zerami.

Obróćmy teraz aparat polaryzacyjny tak, aby kierunki główne — które, jako grające równoważne role, oznaczamy przez OP i OP' , — nie były równoległe do krawędzi prostopadłościanu, ale tworzyły z nimi kąt np. 45° . Obszar który poprzednio był ciemny, teraz się rozjaśni. Nałożymy na badaną próbkę w tym obszarze kompensator Babinet'a. Prostą obojętną (tą, która ani przyspiesza, ani opóźnia fazy i która odpowiada wyżarzonymu szkłu) skierujemy prostopadłe do sił zewnętrznych. Otrzymamy obraz, przedstawiony na rysunku 15.

Obojętna linia kompensatora, która jest widoczna jako linie czarna nazewnątrz próbki, przesunie się równoległe



Rys. 15. Kompensator Babinet'a, nałożony na próbkę ściskaną wzdłuż osi.

we wspólnej części kompensatora i prostopadłościanu w stronę oznaczoną, jako „ściskanie”. We wszystkich więc punktach tej linii panuje to samo ciśnienie. Obraz się nie zmieni, o ile kompensator będzie się przesunął w obszarze, który był ciemny na rys. 14. Ciśnienie jest więc równomierne we wszystkich przekrojach tego obszaru, prostopadłych do krawędzi.

Jeżeli siły są dostatecznie wielkie, to występują zabarwienia jednostajne dla tego całego obszaru. Skupienie (w środku podstawy) sił, któreśmy poprzednio rozkładali równomiernie w jej płaszczyźnie, zmąciło równomierny rozkład naprężeń tylko w pewnej odległości od podstaw, bynajmniej nie przekraczającej połowy największego boku podstawy. Przy innym skupieniu siły, na przykład w dwóch punktach, symetrycznych względem osi, dziedzina zmacona będzie jeszcze mniejsza.

Oto pierwszy ścisły wynik tej metody.

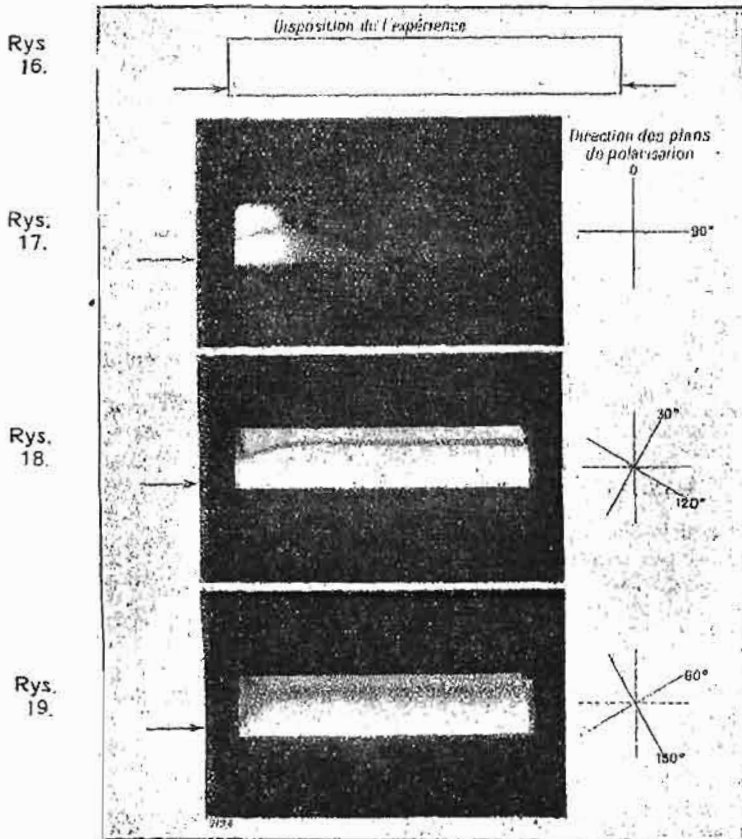
2. Słup ściskany mimośrodowo.

Ustawiamy aparat polaryzacyjny tak, aby płaszczyzny główne były równoległe do ścian prostopadłościanu. Otrzymamy zaciemnienie w całym obszarze środkowym, mającym granice w pewnej odległości od podstaw, mniejszej od największego boku podstawy (rys. 17).

Kierunki główne są więc w tym obszarze te same, co i poprzednio, a naprężenia poprzeczne są również zerami.

Obróćmy płaszczyzny główne aparatu. Cały ten obszar teraz się rozjaśni. Jeżeli jednak mimośród siły ściskającej

jest większy niż $\frac{1}{6}$ szerokości próbki, pozostanie wąskie pasemko ciemne, którego położenie nie zależy od kąta ustawienia aparatu (rys. 18 i 19). Ponieważ pasmo to jest niemiennie, więc punkty jego posiadają własność, że wszystkie kierunki są kierunkami głównymi, a wszystkie naprężenia są jednakowe. Ale naprężenia w kierunku równoległym są równe zeru, a więc i wszystkie naprężenia w tych punktach, są



Rys. 16, 17, 18 i 19.

Prostopadłościem ściskany mimośrodowo. Obrót płaszczyzn polaryzacji.

równe zeru. Jest to linja obojętna, w ścisłym znaczeniu tego słowa.

Jeżeli obrócimy płaszczyznę polaryzacji o kąt 45° i nałożymy na badaną próbkę kompensator Babinet'a w tym samym położeniu co poprzednio, otrzymamy rys. 20. Linja CC' wskazuje w punkcie C podłużne rozciąganie, a w punkcie C' ściskanie. Naprężenia zmieniają się linjowo, ponieważ CC' jest linią prostą. Czarne linie zewnętrzne przecinają się z linią CC' na linii obojętnej. Pochylenie CC' wzrasta wraz ze wzrostem siły zewnętrznej.

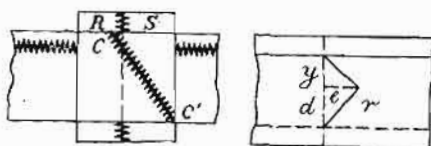
Można przesuwac kompensator, i linja CC' będzie się przesuwała wraz z nim, dopóki punkty C i C' pozostają w obszarze, który był ciemny na rys. 17. Potwierdza się to, co głosi „wytrzymałość materiałów”, mianowicie, że położenie linii obojętnej określa się wzorem:

$$\frac{A}{P} - \frac{My}{I} = 0,$$

albo
$$\frac{P}{A} \left(1 - \frac{d \cdot y}{r^2} \right) = 0,$$

skąd
$$d \cdot y = r^2.$$

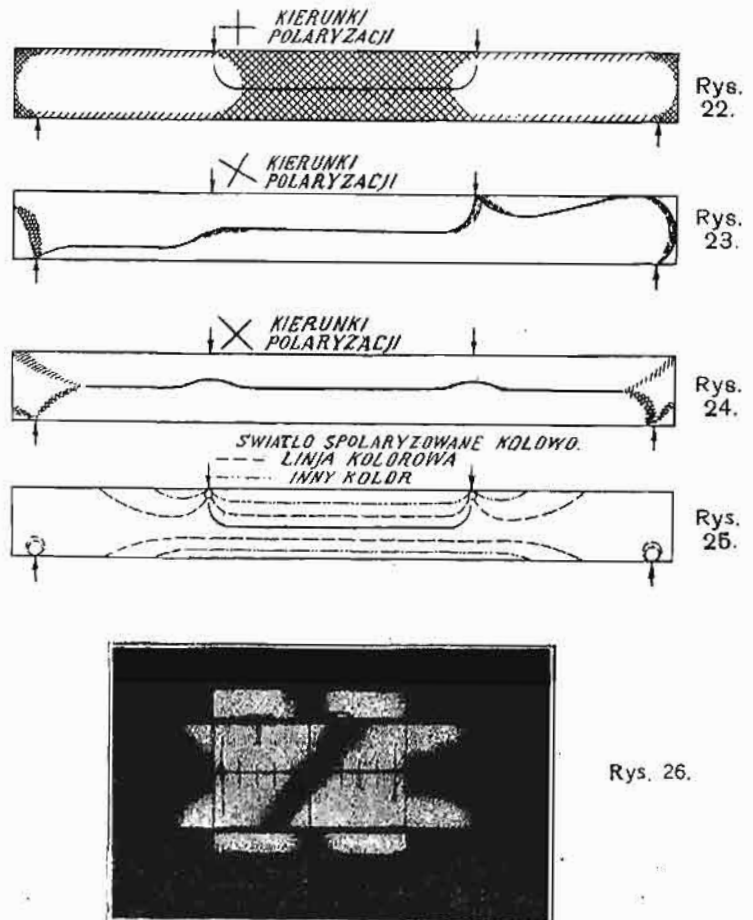
Stąd też wypływa zwykła konstrukcja, określająca położenie linii obojętnej zapomocą kąta prostego w zależności od ramienia bezwładności i punktu przyłożenia wypadkowej (rys. 21).



Rys. 20. Rys. 21.

Rys. 20. Kompensator Babinet'a, nałożony na próbkę, ściskaną mimośrodowo.
Rys. 21. Konstrukcja linii obojętnej.

Jeżeli siły zewnętrzne są dostatecznie wielkie, otrzymujemy linie izochromatyczne, symetryczne względem linii obojętnej, i proste w całym obszarze, który był ciemny przy pierwotnym położeniu przyrządu (t. j. przy kierunkach głównych, równoległych do krawędzi prostopadłościanu).



Rys. 22 do 26. Prostopadłościan zginany.

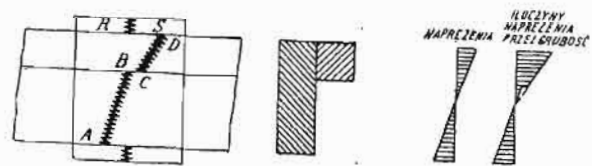
Wszystkie te znane wyniki otrzymujemy w miejscach, odległych od podstaw co najwyżej o szerokość próbki. Zmęczenie zachodzi tylko w odległości mniejszej od tej szerokości.

3. Prostopadłościan zginany.

Weźmy prostopadłościan szklany, obu końcami swobodnie podparty, dajmy na to w położeniu poziomem, i obciążony dwoma jednakowymi ciężarami w równej odległości. Aparat polaryzacyjny, o płaszczyznach głównych ustawionych poziomo i pionowo, daje obraz jak na rys. 22.

Rozpatrując tylko czarny obszar środkowy, widzimy, że jest on zakończony po obu końcach jakby łukami kół, styczniemi do sił obciążających. Obróćmy płaszczyznę polaryzacji i nałożmy kompensator Babinet'a, ustawiając pionowo jego linię obojętną. Otrzymujemy rys. 26, gdzie linia naprężeń rozciągających i ściskających jest linią prostą. Punkt przecięcia się linii obojętnej kompensatora, prostej pochyłonej i osi obojętnej próbki leży na osi środkowej. Pochylenie jest proporcjonalne do wielkości ciężaru.

Odnajdujemy dobrze znany wykres naprężeń w różnych częściach przekroju, podawany we wszystkich podręcznikach wytrzymałości materiałów. Proporcjonalność naprężeń do odległości od osi obojętnej nie jest przeto ani hipotezą, ani najprostszym dopuszczalnym przybliżeniem. Jest ona faktem doświadczalnym.



Rys. 27 i 28. Kątownik zginany. Część środkowa.

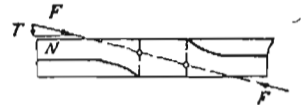
W całym obszarze środkowym panuje to samo prawo, z wyjątkiem kąta, wpisanego w próbkę pod punktem obciążonym, które stanowi dziedzinę zmęconą.

Jeżeli powtórzymy doświadczenie z próbką w kształcie kątownika, wyniki przedstawiają się jak na rys. 27 i 28. Proste *AB* i *CD* przecinają się w środku ciężkości przekroju.

Doświadczenie ujawnia iloczyn grubości przez naprężenie, wskutek czego prosta jest załamana w miejscu, w którym grubość się zmienia.

4. Prostokątów poddany działaniu sił ukośnych.

Wypadek, kiedy na próbkę badaną działają siły ukośne, przyłożone w jej końcach, może być rozpatrywany, jako nałożenie naprężeń, odpowiadających równomiernemu rozciąganiu lub ścisaniu, i naprężeń, występujących przy zginaniu.



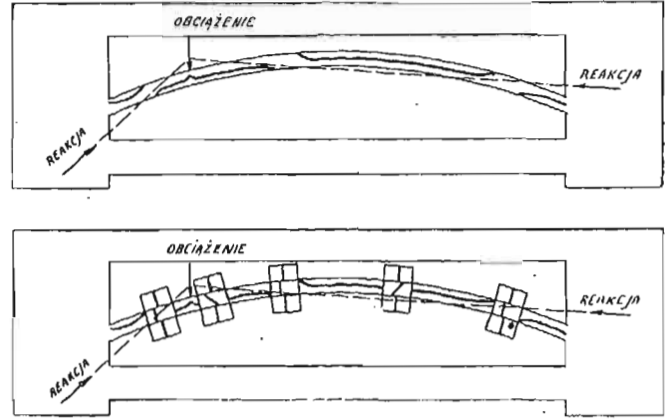
Rys. 29. Prostokątów pod wpływem sił ukośnych. Światło kołowo spolaryzowane.

Zboczenia od teorii wytrzymałości materiałów zachodzą tylko w przekrojach, położonych w pobliżu końców, podobnie jak w wypadkach poprzednich. Można zauważyć, że w przekroju, w którym naprężenie staje się zerem u brzegu, wypadkowa przechodzi po stronie przeciwległej przez punkt odległy od konturu o $\frac{1}{3}$ szerokości próbki i że przechodzi również przez punkt, jednakowo odległy od punktów przecięcia się linii obojętnych z konturem. Skorzystamy z tej uwagi w przykładzie następnym.

5. Badanie łuku. Sprawdzenie wzorów Bresse'a.

Badanie optyczne, zastosowane do szklanego modelu łuku kołowego bezprzegubowego, pozwoliły sprawdzić wzory

Bresse'a, dotyczące się takich łuków. Aczkolwiek wzory te oparte są na hipotezie o linjowym rozkładzie naprężeń w krzywych prętach, błędy popełnione przy ich stosowaniu nie przekraczają 1%, jak to stwierdziły doświadczenia nad szklanym modelem, pokazanym na rysunku 30 i 31.



Rys. 30 i 31. Łuk bezprzegubowy, obciążony w jednym punkcie.

Rysunki te dają pojęcie o wynikach, ujawnionych przy pomocy światła spolaryzowanego kołowo. Obciążenie jest oznaczone strzałką, a kierunki reakcji — linjami kreskowymi. Reakcje można wyznaczyć wprost z rys. 30. Małe prostokąty na rys. 31 oznaczają poszczególne położenia kompensatora Babinet'a.

Zmącenia występują tylko pod punktem obciążonym i u przyczółków.

(d. n.)

Sposób zastosowania łuków trójprzegubowych do budowy mostów obrotowych i zalety tego ustroju.

Napisał prof. inż. A. Pszenicki.

(Dokończenie do str. 527 w № 47, z r. b.)

Waga zdejmowanych części przeciwwag.

Wartość ta określa się z warunku, aby przy obciążeniu skrzydła przeciwwagowego (jeżeli ustrój jest taki, że jazda odbywa się po tem skrzydle) ciężarem ruchomym, środek ciężkości skrzydła jednakże znajdował się między przegubem podporowym i kluczowym, aby w ten sposób przy najbardziej niedogodnych obciążeniach dźwigarów powstawał pewien minimalny, jednakże dostateczny nacisk w kluczu jednego skrzydła na drugie, aby była zabezpieczona pewna stateczność łuku (spółczynnik stateczności 1,2 — 1,5) względem samootwierania się mostu. Przesunięcie się środka ciężkości skrzydeł ku kluczowi winno ponadto zadość czynić warunkowi, aby wytworzył się dostateczny moment obrotowy około przegubu podporowego, któryby był w stanie przewyciężyć moment wszelkich tarć całego układu (tarcie koło przegubu podporowego, tarcie zawieszonych na osiach przeciwwag, tarcie w osiach odciągów i t. p.). Znaczne przesunięcie środka ciężkości jest również niewskazane ze względu na to, że może się wtedy wytwarzać dosyć duży rozpór pod wpływem ciężaru stałego, który może niekorzystnie wpłynąć na wymiary filarów lub przyczółków i na naprężenia w nich.

Dlatego też długość skrzydeł przeciwwagowych, po których może przesuwać się ciężar ruchomy, winna być o ile możliwości nie duża.

Jeżeli skrzydła przeciwwagowe są wyzyskane jako wsporniki łuku do podtrzymania pomostu, połączenie części ruchomej z częścią stałą mostu winno być wykonane zapomocą wolnych beleczek łączących. Belecзки te powinny być połączone przegibnie z częścią stałą mostu i wolno wsparte na ogonach dźwigarów obrotowych. Długość tych beleczek winna być taka, aby przy zmianach temperatury od $+40^{\circ}\text{C}$ do -40°C nie wytwarzały się duże spadki lub wzniesienia,

wskutek opuszczania się lub podnoszenia dźwigarów w kluczu. Dla mostów drogowych wystarczy, gdy długość ta wynosi około 1 m. W mostach kolejowych jazdy po tych skrzydłach lepiej jest nie robić i wtedy połączenie części stałej z ruchomą może być wykonane nad przegubem podporowym.

Powyższe dane wskazują w ogólnych zarysach, w jaki sposób można zastosować łuk trójprzegubowy do mostów ruchomych obracalnych, o osi stałej, poziomej.

Nie zatrzymując się dłużej na poszczególnych wypadkach rozwiązania tego zadania zgodnie z ogólnymi zasadami, gdyż rozwiązania w poszczególnych wypadkach mogą być modyfikowane (most Pałacowy ma jedno rozwiązanie, w moście kolejowym na Newie, na linii Piotrogród-Rybińsk, dałem nieco odmienne, w szkicowych zaś projektach mostów Giełdowego i Samsonowskiego na Newie w Petersburgu projektowałem jeszcze nieco inne), wskażę tutaj, jakie zalety, a nawet przewagę, ma system trójprzegubowy, w porównaniu z systemem dotychczas stosowanym, belkowo-wspornikowym.

Przewaga ta występuje tak pod względem ekonomicznym, jak również pod względem technicznym.

Pod względem ekonomicznym dlatego, że daje dużą oszczędność na materiale, przeto jest znacznie tańszy; pod względem zaś technicznym, układ łukowy jest znacznie sztywniejszy od układu belkowo-wspornikowego.

Dla wykazania tej przewagi, tak pod jednym, jak pod drugim względem, podaję tutaj porównanie tych dwóch układów, zestawione na podstawie dość ścisłych obliczeń.

Dla systemu mostu obrotowego trójprzegubowego, jako wykonanego w moście Pałacowym, mieliśmy wszystkie dane co do wagi, kosztów, ugięć i t. p. Pozostało przeto przeprowadzić obliczenie tegoż mostu w założeniu ustroju belkowo-wspornikowego. Kształt dźwigarów (elementy geometryczne) przyjęto te same, co i w układzie łukowym. Obliczenie dźwi-

garów wykonane było ściśle na podstawie tych samych warunków technicznych. Po określeniu wszystkich sił w prętach, wyznaczono ich przekroje, przytem dążono do tego, aby naprężenia w prętach były o ile możności takie same, jak w układzie łukowym.

Ponieważ dla układu łukowego spólczynnik ustrojowy (stosunek rzeczywistej wagi dźwigarów do wagi otrzymanej na zasadzie znalezionych przekrojów) był obliczony, przeto, mając ten spólczynnik φ i teoretyczną wagę dźwigarów belkowo-wspornikowych, mogliśmy rzeczywistą wagę dźwigarów belkowych otrzymać z najzupełniej dostateczną ścisłością. Waga pomostu i tężników w obu wypadkach przyjęta była jednakowa, jako niezależna od układu dźwigarów.

Teoretyczna waga dźwigara łukowego wynosiła 38,66 t; rzeczywista — 50,93 t; spólczynnik ustrojowy

$$\varphi = \frac{50,93}{38,66} = 1,317.$$

Teoretyczna waga dźwigara belkowego wypadła 55,78 t, rzeczywista zaś $55,78 \times 1,317 = 73,46$ t. Różnica wagi w pierwszym i drugim wypadku $73,46 - 50,93 = 22,53$ t, co stanowi $\frac{22,58}{50,93} \cong 44,2\%$. Ponieważ całkowita waga wszystkich

dźwigarów przeszła obrotowego dla układu łukowego równała się 682,13 t, różnica wagi jednego i drugiego układu wynosi $682,13 \times 0,442 = 301,5$ t.

Co się tyczy wagi przeciwwag, to ta dla układu belkowego zwiększyła się tylko o 3 t na jeden dźwigar, jakkolwiek bowiem waga dźwigaru wzrosła o 44%, lecz odległość środka ciężkości od osi obrotu nieco się zmniejszyła, ponieważ zwiększyły się przeważnie przekroje prętów ogonowych i w pobliżu podpory dodatniej. Środek ciężkości dla układu łukowego wypadł na odległości 10,522 m, zaś dla układu belkowego — na odległości 9,000 m od osi obrotu.

Ugięcie teoretyczne w kluczu przy obciążeniu ruchomem dla systemu łukowego otrzymano 23 mm (rzeczywiste przy obciążeniu próbnym mostu wyniosło 21 mm), dla systemu zaś belkowego ugięcie to sięgało 74 mm.

Projektując zatem układ belkowy i zakładając przytem nawet nieco mniejsze naprężenia dopuszczalne w prętach niż w układzie łukowym, przy wadze o 44% większej, ugięcie wpada 3,2 razy większe.

Ugięcie stanowiło $\frac{74}{29300} = \frac{1}{396}$ część długości skrzydła podnoszonego. Według zaś warunków technicznych ugięcie to dla układu belkowego nie powinno było przekraczać $\frac{29300}{500} = 58,6$ mm.

Aby zatem uczynić zadość temu warunkowi, trzeba byłoby zmniejszyć ugięcie o $74 - 58,6 = 15,4$ mm, co stanowi $\frac{15,4}{74} = 20,8\%$.

Dla zmniejszenia ugięcia o 20,8%, naogół trzeba byłoby zwiększyć oczywiście wagę dźwigarów odpowiednio, a wtedy ogólne zwiększenie wagi otrzymalibyśmy o

$$1,442 \times 0,208 + 44,2 \cong 74\%, \text{ czyli } 683,13 \times 0,74 \cong 506,0 \text{ t,}$$

$$\text{przy zwiększeniu przeciwwag o około } 30\%, \text{ czyli o } 2010 \times 0,3 = 603 \text{ t.}$$

Całkowite zwiększenie wagi skrzydeł wynosiłoby więc $506 + 603 = 1109$ t, co przy całkowitej wadze skrzydeł z przeciwwagami, równej dla mostu Pałacowego układu łukowego 3253 t, stanowi $\frac{110900}{3253} = 34\%$.

Zwiększenie ogólne wagi skrzydeł pociąga za sobą naturalnie zwiększenie ram podporowych oraz mechanizmów tak obrotowych, jak też podklinowania.

Jeżeli założyć, że zwiększenie to wyniesie tylko 20%, to mając na względzie ceny jednostkowe dla mostu Pałacowego, otrzymuje się zwiększenie kosztów mostu, przy zasto-

sowaniu systemu belkowo-wspornikowego zamiast łukowego, o 300,000 rb. złotych.

Tak więc, przez zastosowanie wskazanego wyżej systemu łukowego w moście Pałacowym, otrzymano oszczędność $\frac{300000 \times 100}{4\,400\,000} = 6,8\%$ całkowitej wartości mostu, przytem sztywność mostu otrzymano $\frac{58,6}{23,0} = 2,55$ razy większą niż

przy zastosowaniu układu belkowego. Aby jednak jeszcze lepiej uwydatnić różnicę, jaka zachodzi przy zastosowaniu jednego i drugiego układu, przytoczę inne porównanie, biorąc za podstawę most Ochteński na Newie w Piotrogradzie.

Otwór części obrotowej tego mostu, systemu belkowego, równa się 43,3 m. Most ten co do obciążeń i dopuszczalnych naprężeń jest projektowany na zasadzie tych samych warunków technicznych, co i most Pałacowy, tylko parcie wiatru na skrzydło otwarte założone było 40 kg/m², gdy tymczasem dla mostu Pałacowego parcie to było zadane 100 kg/m². Ostatni warunek wpływa oczywiście głównie na mechanizmy obrotowe, które wskutek tego w moście Pałacowym musiały być projektowane znacznie mocniejsze, a więc cięższe i droższe, niż w moście Ochteńskim, oraz na ramy podporowe i zakotwienia.

Waga żelaza w dźwigarach, pomoście razem z łożyskami dodatnimi i ujemnymi w moście Ochteńskim

wynosi	997,8 t
Waga mechanizmów	283,1 "
" przeciwwag (żeliwo i ołów).	1104,3 "

Szerokość mostu Ochteńskiego 23,5 m, szerokość mostu Pałacowego 27,7 m, czyli o 4,3 m większa.

Długość dwóch skrzydeł mostu Pałacowego jest o 13,16 m większa, niż w moście Ochteńskim.

Jeżeli założymy, że waga dźwigarów z pomostem wzrosnie tylko proporcjonalnie do powierzchni skrzydeł, co jest słuszne tylko w stosunku do zwiększenia szerokości skrzydeł, lecz nie ich rozpiętości, to otrzymamy wagę, przechodząc do rozpiętości mostu Pałacowego

$$\frac{997,8 \times 56,46 \times 27,8}{23,5 \times 43,3} = 1539,1 \text{ t,}$$

gdy tymczasem waga tych samych części w moście Pałacowym równa się tylko 903,7 t. Biorąc zaś pod uwagę słupy podporowe, ważące 284,9 t otrzymamy jednakże różnicę $1539,1 - (903,7 + 284,9) = 350,5$ t.

Jeżeliby waga mechanizmów zwiększyła się również tylko proporcjonalnie do powierzchni skrzydeł, to byłaby ona

$$\text{równą } \frac{283,1 \times 56,46 \times 27,8}{43,3 \times 23,5} = 437,5 \text{ t.}$$

Ponieważ zaś waga mechanizmów w moście Pałacowym wynosi 380,6 t, przeto, nie uwzględniając nawet większego 2,5 razy parcia wiatru, otrzymujemy różnicę w wadze mechanizmów o 56,9 t.

Waga przeciwwag. Biorąc pod uwagę zwiększenie się wagi skrzydła wskutek jego wydłużenia i poszerzenia i mając na uwadze, że ramię dla podtrzymania przeciwwagi równa się 5,45 m, otrzymamy całkowitą wagę przeciwwagi 2887,5 t, co w porównaniu z mostem Pałacowym daje zwiększenie o $2887,5 - 2010 = 877,5$ t.

Różnice te przewartościowane na ruble w złocie dają tą samą różnicę około 300 000 rb. zł.

W powyższym projekcie mostu Pałacowego otrzymano dość dużą różnicę bezwzględną kosztów w porównaniu z systemem belkowym, gdyż most Pałacowy pod względem rozpiętości części ruchomej może być zaliczony do największych mostów, szczególnie jeżeli weźmiemy pod uwagę, że pole jednego skrzydła zwodzonego wynosi 876 m² ¹⁾.

¹⁾ Pole podstawy kesonu pod filarem części ruchomej równało się 554 m², głębokość opuszczania 28 m. Wobec tego kesony filarów mostu średnicowego na Wiśle pod Warszawą, o podstawie 182 m², winny być zaliczone do małych.

TABELA B.

Nazwa części ustroju	Waga poszczególnych części w t	
	Most belkowy	Most łukowy
1) Dzwigary, pomost, łożniki	383,9	148,6
2) Słupy podporowe i mostek łączący	—	81,2
3) Mechanizmy obrotowe i podkłonowania:		
a) Stal łana	33,3	46,4
b) Stal kuta	34,6	12,2
4) Drobne części (kotwy, poręcze, odciągł)	18,0	43,3
5) Przeciwwagi:		
a) Żeliwo w odlewach z form	265,4	—
b) Żeliwo lane z wielkich pieców, kształt dowolny	—	268,0
c) Pudła przeciwwag	—	57,5
d) Beton	—	36,0
Razem: Żelaza	401,9	330,6
Stali	67,9	58,6
Żeliwa	265,4	268,0
Betonu	—	36,0

Nieco mniejsza różnica zachodzi przy porównaniu mostów wąskich, kolejowych.

Dla wykazania tej różnicy i otrzymanej oszczędności, przytoczę tutaj jeszcze dane porównawcze co do dwóch mostów: mostu łukowego trójprzegubowego kolejowego na rzece Newie na kolei Petersburg-Wołchow i mostu belkowego systemu Ralla na linii łącznikowej kolei finlandzkich z kolejami rosyjskimi, również na Newie. Rozpiętości obu mostów są jednakowe, oba projektowane były na podstawie jednakowych warunków technicznych, przeto wyniki najzupełniej nadają się do porównania.

Wszystkie dane są umieszczone w tabeli B.

Przy cenie żelaza po 275 rb. za tonnę, mechanizmów — po 916 rb. za t, żeliwa z wielkich pieców, dowolnego kształtu, po 65 rb. za t, żeliwa w odlewach według modeli, z dodatkiem ołowiu dla zalania spoin, po 150 rb. za t i betonu po rb. 9 za t, koszty jednego i drugiego mostu wynoszą:

Most łukowy 162 337 rb.

„ belkowy 212 529 „

A zatem most belkowy jest o 31% droższy od mostu łukowego.

Stosowanie układu łukowego w mostach obrotowych dokoła osi poziomej daje bezwzględnie znaczną oszczędność, szczególnie przy mostach o dużej rozpiętości. Dlatego też dla dużych rozpiętości powinno się stosować układ łukowy, a nie belkowo-wspornikowy.

Laboratorium Maszyn Politechniki Warszawskiej.

Napisał prof. B. Stefanowski.

Laboratoria, w których wykonywane są doświadczenia i badania z silnikami oraz maszynami, jakkolwiek mają za sobą już długi, kilka dziesiątków lat liczący okres, bogaty w dorobek naukowy i techniczny, należą do nowszych typów instytucji, związanych z wyższymi uczelniami technicznymi. Zakłady te, zwane różnie, zazwyczaj laboratoriami maszyn, mechaniki stosowanej, mechanicznej inżynierji, silników i t. p., służą do ilustracji praw i zasad przetwarzania energii w urządzeniach technicznych oraz do badania właściwości różnych silników i maszyn roboczych, jak pomp, sprężarek, wentylatorów i t. p.¹⁾

Wobec ujawniającej się obecnie w nauczaniu w politechnikach tendencji zmniejszenia dotychczasowej jednostronności kształcenia w kierunku konstrukcyjnym, rola laboratoriów w politechnikach wzrosła, a student coraz równomierniej dzieli czas między laboratorja i kreślarnie. Do jednego z zasadniczych, podstawowych na wydziałach mechanicznych należy laboratorium maszyn.

Przy przejściu przez polskie władze akademickie gmachów Politechniki Warszawskiej i rozpoczęciu normalnej pracy, powstała konieczność utworzenia zakładu, odpowiadającego powyżej określonym celom, gdyż za czasów rządów rosyjskich instytutu takiego Politechnika Warszawska nie posiadała. Istniała wprawdzie t. zw. centralna stacja oświetlenia i ogrzewania, używana periodycznie przez rosjan do

pokazów pomiarów kotłowych, lecz nie była to nawet pracownia szkolna. „Stacja” ta składała się z zaprojektowanej i wykonanej dosyć celowo przez firmy Fitzner i Gamper w Sosnowcu oraz Borman i Szwede w Warszawie części kotłowej oraz z nieodpowiednio wybudowanej i urządzonej przez rosjan części maszynowej. Ta druga część została zdekompletowana przez bezcelową podczas wojny ewakuację

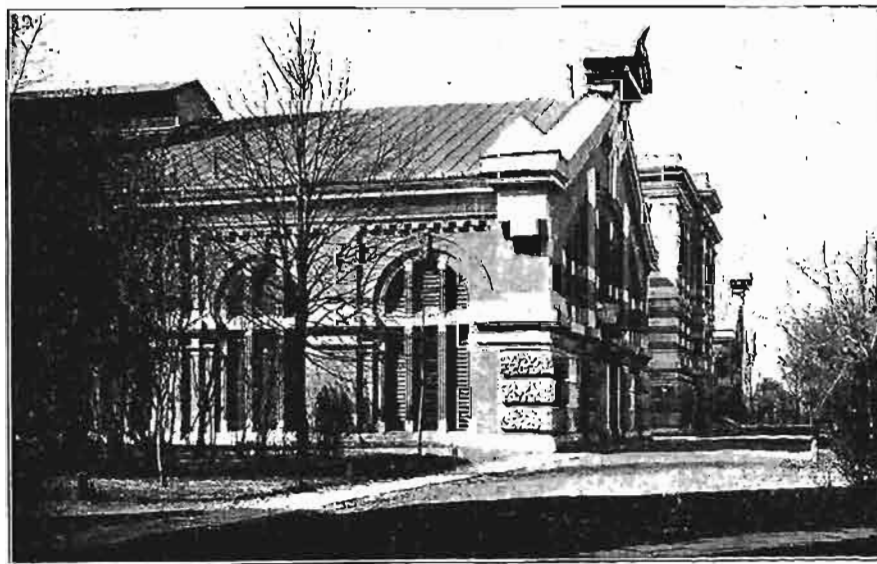
urządzeń, które następnie uległy w Rosji zupełnemu niemal zniszczeniu.

Wobec stanu Skarbu, należało zrezygnować z myśli budowy dla Zakładu gmachu, odpowiadającego współczesnym potrzebom naukowym i pedagogicznym wydziału mechanicznego, a wyzyskać istniejące pomieszczenia i przystosować te i owe urządzenia techniczne, pozostawione przez rosjan, przynajmniej do prac studenckich.

W myśl tych założeń, uzyskane zostało jako pomieszczenie dla laboratorium ma-

szyn: kotłownia, stacja centralna oświetlenia, lokal dawnego laboratorium ceramicznego, przerobionego na składy mąki i mięsa wojsk niemieckich, oraz murowany skład węgla.

Kotłownia wymagała tylko gruntownych napraw po tylofetniem wysoce niedbałym a forsownym prowadzeniu jej przez władze wojskowe, oraz przeróbek, związanych z jej przyszłymi celami doświadczalnymi; pozatem należało ustawić nowy kocioł parowy, pozwalający produkować parę przegrzaną. Wszystko to zostało wykonane w okresie 1919-23,

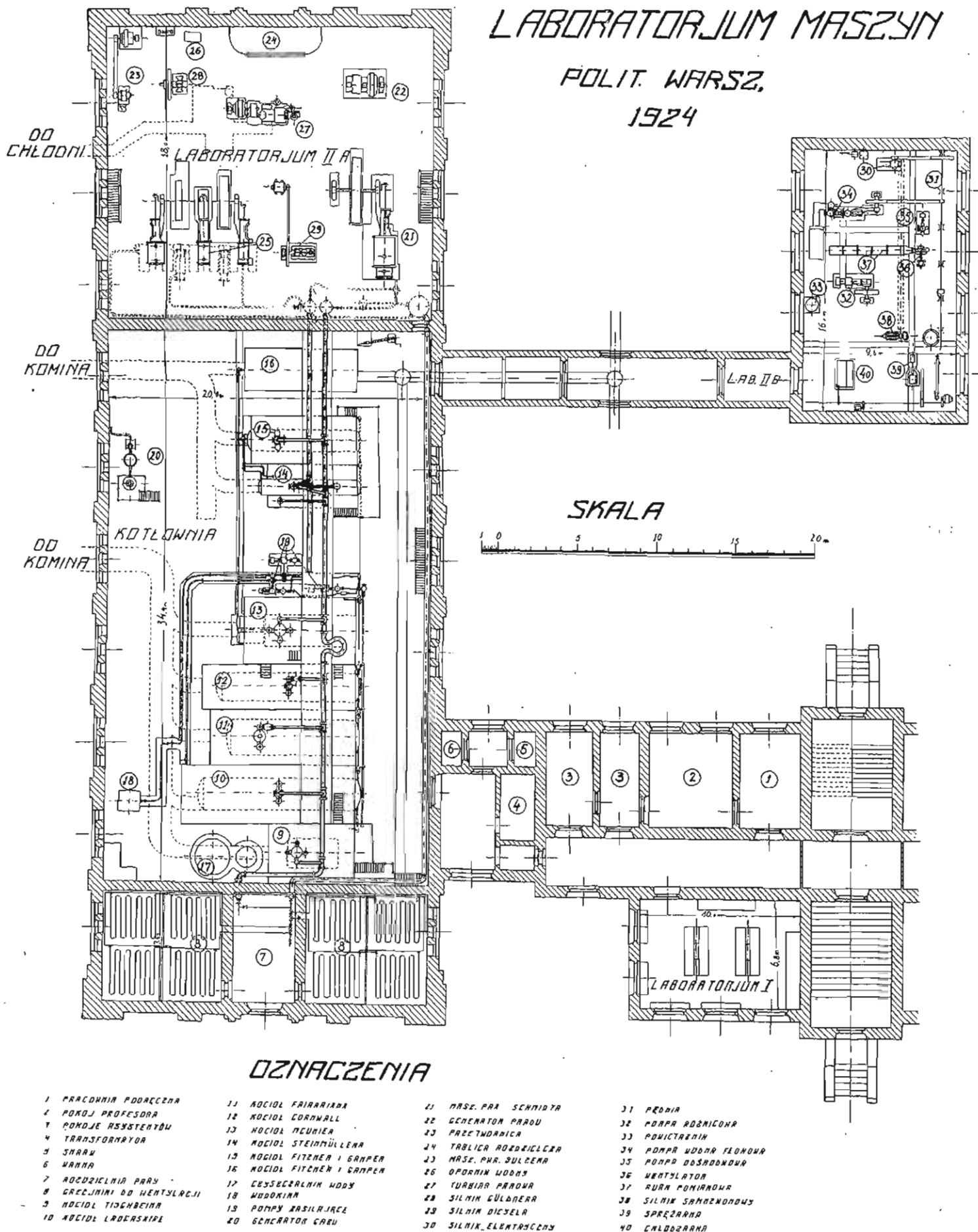


Rys. 1. Włdok laboratorjum.

pozostaje zaś jeszcze na dalszy okres sprawa elektryfikacji pomp zasilających, sztucznego ciągu i t. d.

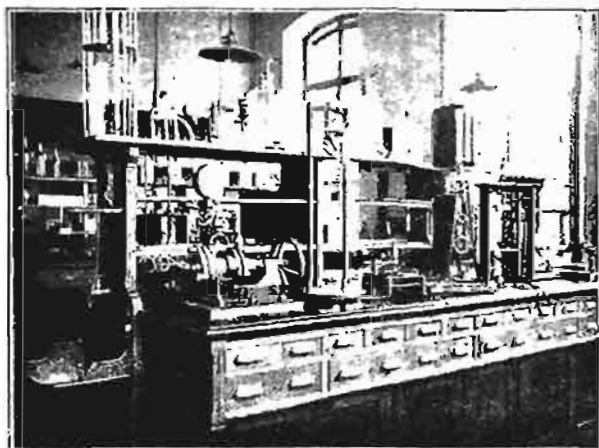
Maszynownia, wybudowana wysoce wadliwie, bez liczenia się już nietylko z potrzebami pracowni szkolnej, czy naukowej, ale nawet zwykłego ruchu technicznego elektrowni, posiadała tylko jedną maszynę nadającą się do doświadczeń, mianowicie 120 KM silnik parowy tłokowy B-ci Sulzer, jednak zdemontowany i bez możliwości obciążenia go. Należało więc ten, zresztą bardzo cenny, obiekt doprowadzić do stanu uży-

walności i umożliwić jego obciążenie elektryczne, maszyna bowiem zbudowaną została, na żądanie zamawiających, z hamulcem ciernym, który oczywiście, przy tak znacznej mocy, swej roli nie mógł należycie wypełnić, pozatem postarać się o inne typy silników cieplnych. W następstwie tego, w dziale silników zostały ustawione: silnik gazowy, silnik Diesela, urządzenie do kondensacji pary z chłodnią kominową oraz przystosowano zamówioną do oświetlenia gmachów turbinę parową do celów laboratoryjnych.



Rys. 2. Plan laboratorium maszyn Politechniki Warszawskiej.

Pozatem w sąsiedniej węglarce zostały w ścianach wybite otwory i wstawione okna, zmieniony dach i ściany, z materiału uzyskanego z rozbiórki b. soboru na placu Saskim, doprowadzono wodę, parę i elektryczność i t. p. Tak uzys-



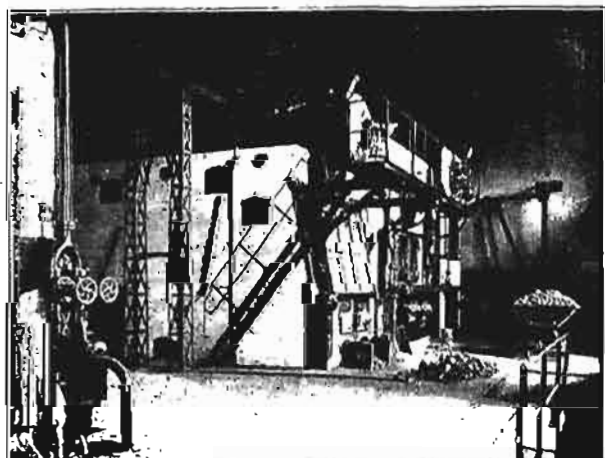
Rys. 3. Widok laboratorium I.

kane pomieszczenie zostało przeznaczone na mniejsze maszyny. Zostały tam zmontowane i przystosowane do celów nauczania: pompa tłokowa i odśrodkowa, wentylator, sprężarka powietrza, silnik samochodowy i chłodzarka amoniakalna.



Rys. 4. Widok kotłowni.

Wreszcie pomieszczenie służące dotąd wojskom okupacyjnym za skład produktów spożywczych, odwach i t. p. zostało przystosowane jako pracownia fizyczno-chemiczna, do rozwiązywania bieżących zagadnień z związku z dokony-



Rys. 4a. Widok kotłowni.

wanymi badaniami maszyn, więc do przeprowadzania analizy technicznej gazów przemysłowych i spalin, do badania paliw, wody, smarów i t. p. oraz do wzorcowania używanych do pomiarów przyrządów. W ten też pomieszczeniu urządzone pokoje do pracy dla personelu nauczającego.

W ten sposób udało się stworzyć tymczasowe warunki pracy, w oczekiwaniu na niedługą może chwilę, gdy stan Skarbu pozwoli na wzniesienie budynku, odpowiadającego potrzebom nauki. Wówczas nie będzie tej ciągłej walki

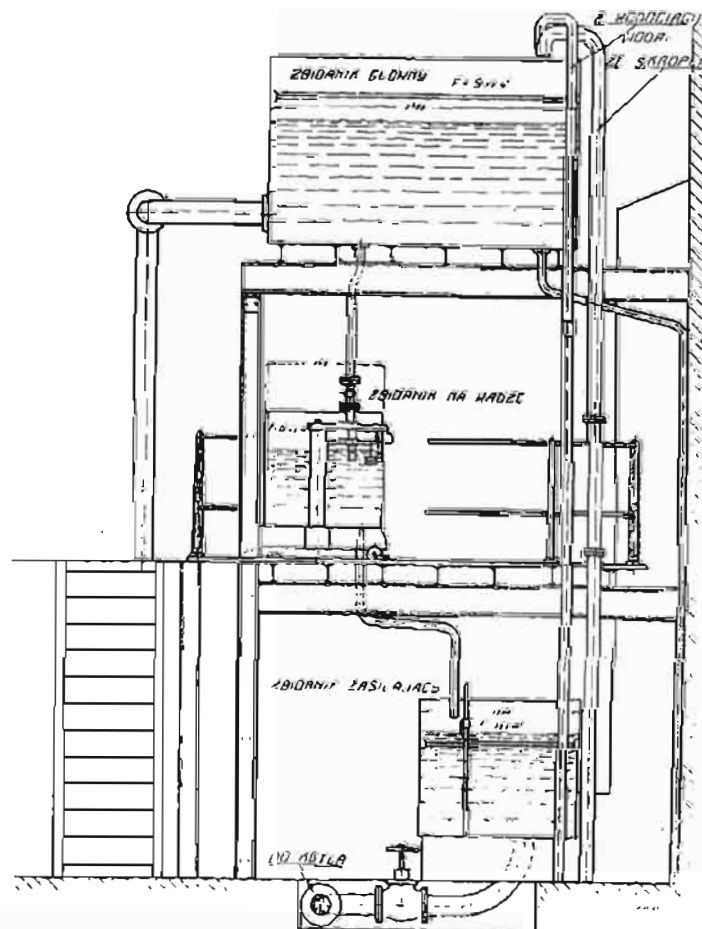


Rys. 3a. Widok laboratorium I.

z brakiem miejsca i materiału, z zasadniczymi wadami pomieszczeń i układów urządzeń, których w istniejących warunkach nie dało się inaczej przystosować, a wszystko to razem pochłania dzisiaj niepotrzebnie bardzo wiele energii i pracy personelu.

Jak widać z rys. 2 laboratorium składa się z czterech części: pierwszej (laboratorium I), położonej przy wejściu głównym do pawilonu mechanicznego (rys. 1) obok, oddzielona przedsiönkiem, znajduje się na innym już poziomie ko-

*LABORATORJUM MASZYN POLITECHNIKI WARSZ
URZĄDZENIE DO POMIARU WODY ZASILAJACEJ KOTŁY*

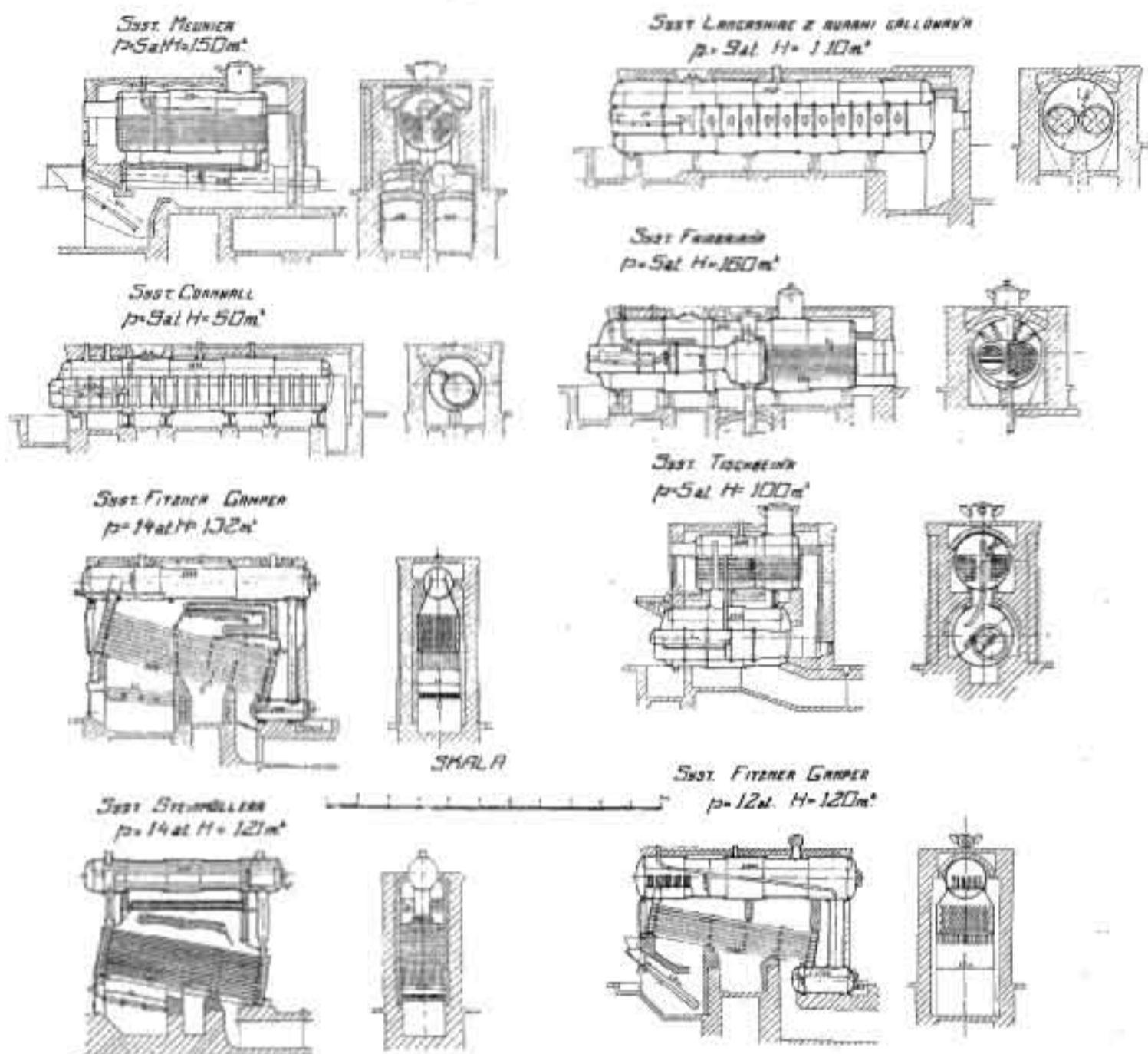


Rys. 5. Urządzenie do pomiaru wody.

łównia z maszynownią (laboratorium II A), wreszcie, połączona z nią krytym chodnikiem, w osobnym budynku mieści się druga maszynownia (laboratorium II B).

Laboratorium I, jak już wspomniałem, przeznaczone jest do pomiarów fizycznych i chemiczno-technicznych, jako

KOTŁY LABORATORIUM MASZYN POLITECHNIKI WARSZAWSKIEJ



Ryt. 6. Typy kotłów ustawionych w Laboratorium Maszyn.

pomocniczych przy badaniach maszyn oraz przy wzorcowaniu przyrządów pomiarowych. Dokonywane więc jest tutaj oznaczanie wartości opalowej gazów przemysłowych oraz lekkich materiałów pędnych, jak benzyna, benzol, nafta, spirytus i t. p. przy pomocy kalorymetru Junkersa, oznaczanie wartości opalowej paliwa stałego i ciężkich olejów przez spalanie w bombach kalorymetrycznych oraz w piecu analitycznym i przez analizę produktów spalania. Ponadto oznaczają się tutaj zawartość wilgoci i popiołu w węglu lub torfie, zawartość części lotnych i t. p. Gazy przemysłowe badane są tutaj, co do swego składu, metodą Hempela oraz przy pomocy aparatów bardziej przystosowanych do celów przemysłowych, jak np. aparat fabryki w Deutz; obok tego przeprowadza się analizę spalin z kotłów i silników spalinowych przy pomocy aparatów Orsata. W szczytym, elementarnym zakresie potrzeb cieplnej i mechanicznej kontroli ruchu, wykonywane jest tu również badanie wody kotłowej na twardość i alkaliczność oraz smarów na ich fizyczne własności.

Taki dobór zakresu prac studenckich w laboratorium i ma na celu nie tyle osiągnięcie przez pracujących umiejętności wykonawczych w tych dziedzinach, co przede wszystkim zrozumienie zjawisk i pojęć, z którymi w dalszych pracach w szkole, a później w zawodowym życiu, jako mechanicy, stykać się będą.

Kotłownia laboratorium, co do ilości kotłów, jest jedną

z większych kotłowni w Warszawie, obejmuje bowiem 8 kotłów różnych systemów, zestawionych na rys. 6. Kotły słownią dwie grupy: niskoprężne, na ciśnienie do 6 at, dostarczające parę do ogrzewania wszystkich gmachów Politechniki, i średnioprężne, opłomkowe, dostarczające parę o ciśnieniu do 14 at do silników parowych. Powierzchnia ogrzewana pięciu kotłów niskoprężnych wynosi razem 565 m². Para wytwarzana przez te kotły zostaje dostarczona przez podziemne, przechodnie kanały betonowe, służące jednocześnie do sztucznej wentylacji, do poszczególnych gmachów; tam para skrapla się w grzejnikach i jako woda o temperaturze niższej od 100° ścieka do zbiornika, położonego pod poziomem kotłowni, skąd za pośrednictwem elektrycznej pompy odśrodkowej dostaje się do zbiornika rozdzielczego, a stamtąd — przez parowe pompy zasilające — do kotłów. Powierzchnia ogrzewana trzech kotłów wysokoprężnych wynosi 368 m², a para dostarczana przez nie służy bądź do zasilania silników parowych, dostarczających prądu do użytku politechniki, bądź do badań ¹⁾.

Układ przewodów i pomp zasilających został tak do-

¹⁾ Zapotrzebowanie ciepła wynosi do bezpośredniego ogrzewania pawilonu głównego 1 550 000 kal./h, chemicznego 960 000 kal./h, elektro- i elektrotechnicznego 690 000 kal./h, mechanicznego 380 000, do ogrzania 220 000 m³/h powietrza wentylacyjnego — 600 000 kal., razem więc ze stratami w przewodach zapotrzebowanie ciepła wynosi 6 800 000 kal./h.

brany, że obok normalnego zasilania kotłów możliwe jest odrębne zasilanie badanego kotła przez urządzenie pomiarowe, pozwalające wagowo oznaczać ilość wtłaczanej do kotła wody. Urządzenie to, przedstawione na rys. 5, polega na tem, że woda, dopływająca z górnego zbiornika głównego do małego zbiornika dolnego, połączonego w okresie pomiarów z pompą zasilającą, jest ważona w innym małym zbiorniczku, umieszczonym na wadze. Jeżeli poziom w zbiorniku dolnym jest na początku i na końcu ten sam, ilość zważonej wody została wtłoczona do kotła. Pozatem woda przepływająca do obu grup kotłów mierzona jest dla kontroli rozchodu pary w wodomiarach Schmidta i Eckarta.

Paleniska, które w okresie powojennym braku opału ulegały ciągłym przebudowom i przystosowywaniu się do chwilowej podaży tego lub innego rodzaju paliwa, obecnie są już wszystkie przystosowane do węgla kamiennego. Palenisko kotła systemu Tischbeina może być opalane paliwem płynnym.

Generatory pary uzupełnia generator gazu wodnoczadowego z koksu lub antracytu w ilości 20—25 m³/h. Urządzenie to zbudowane zostało przez firmę Dowson Economic Gas & Power Company w Londynie.

(d. c. n.).

PRZEGLĄD PISM TECHNICZNYCH.

SILNIKI SPALINOWE.

Zastosowanie lekkich stopów do budowy tłoków silników spalinowych¹⁾.

P. Dumanois, w nocie złożonej przez p. Rateau do Akademii Umiejętności w Paryżu, rozpatruje powyższe zagadnienie, zaznaczając, iż tłoki aluminiowe są, jak wiadomo, korzystne, zarówno pod względem mechanicznym (waga części znajdujących się w ruchu okresowo-zmiennym), jak też cieplnym (przewodność). Zastosowanie magnezy do tego celu zdaje się być także korzystnym, gdyż metal ten posiada ciężar gatunkowy stanowiący 0,675 c. g. aluminium. Wobec jednak mniejszej przewodności (79% przew. Al), metal ten wymaga wykonania tłoka cieńszego o 79% niż tłokaluminijowy, o tem samym działaniu cieplnym. Przy tym ostatnim bowiem temperatura denka tłoka sięga już temperatury topienia ołowiu (327°C) w niektórych silnikach lotniczych.

Z drugiej strony, jeśli stop nadaje się do zastosowania na tłok do danego silnika, nie znaczy to, że będzie się on nadawał do drugiego, geometrycznie podobnego, lecz o wymiarach innych, zmienionych w stosunku λ. Należy bowiem brać pod uwagę, że ilość ciepła rozwijanego w cylindrze jest proporcjonalna do jego objętości, zaś ciepło promieniujące pozostaje w stosunku prostym do powierzchni cylindra, więc stosunek obu rodzajów ciepła wynosi też λ. Stąd wynika, że im bardziej wzrasta średnica wewn. cylindra, tem bardziej dobrym przewodnikiem ciepła winien być metal użyty do wykonania denka tłoka; zastosowanie zatem tłoków magnezjowych może być korzystne w silnikach o małej średnicy cylindrów, zarówno ze względów mechanicznych, jak cieplnych, gdyż wobec dużej powierzchni promieniującej w stosunku do ilości rozwijanego przy spalaniu ciepła, powstaje potrzeba pewnego hamowania odpływu ciepła przez tłok, bez obawy o nadmierny wzrost temperatury wewnątrz cylindra. Odwrotnie jest, gdy mamy cylinder o dużej średnicy.

Żeby oznaczyć z góry możliwość zastosowania danego stopu, autor proponuje wzór $\frac{F}{CD}$, gdzie F jest to moc silnika, proporcjonalna do ilości rozwijanego ciepła, zaś CD — iloczyn suwu tłoka przez średnicę cyl.—proporcjonalny do powierzchni promieniującej. Wzór ten wskazuje stopień trudności chłodzenia denka tłoka. Na podstawie tego wzoru, dochodzi autor do wniosku, iż w obecnych silnikach lotniczych chłodzonych wodą, o cylindrach stalowych, gdy wartość $\frac{F}{CD}$ przekroczy 16 nie należy stosować tłoków ze stopu o przewodności mniejszej, niż przewodność aluminium.

HUTNICTWO.

Przemysł metalurgiczny we Włoszech²⁾

Liczby poniższe charakteryzują znany fakt nadzwyczaj szybkiego rozwoju przemysłu metalurgicznego we Włoszech w latach ostatnich. W chwili wybuchu wojny, Włochy mogły produkować rocznie: 420 000 t surówki, oraz 930 000 t stali.

W czasie wojny, w tempie gorączkowym, zwiększa się wytwórczość krajowa i czynione są kroki ku najdoskonalszemu

wykorzystaniu zasobów energii, szczególnie wodnej. Wytwórczość stali z pieców elektrycznych wzrasta z 2000 t w r. 1913 do 74 000 t w r. 1918. Jednocześnie w roku 1917 osiągnięta zostaje najwyższa wytwórczość stali—1 304 000 t.

W roku 1920 przemysł metalurgiczny zatrudnia przeszło 50 000 robotników w 100 hutach, liczących ogółem: 6 wielkich pieców koksowych; 8 wielkich pieców na węglu drzewnym; 20 pieców elektrycznych (surówka syntetyczna); 107 pieców martenowskich; 4 gruszki małe i 96 pieców elektrycznych (stal).

Od roku 1920 zwiększa się liczba pieców martenowskich do pokaźnej liczby 170, zaś pieców elektrycznych Włochy liczą obecnie 173—o wydajności ogólnej 400 000 t stali rocznie, czyli w ciągu ostatnich 10 lat wydajność stali wytwarzanej w piecach elektrycznych wzrosła 200-krotnie.

INŻYNIERJA.

Most wiszący na Hudsonie w Bear Mountain, N. Y.³⁾

Wobec wciąż wzrastającego ruchu przez rz. Hudson, pomiędzy N. Yorkiem a Pough Keepin, odbywającego się statkami, przedsięwzięto budowę na tej rzece mostu wiszącego, który połączy okręgi New England i Middle Atlantic na drodze z Middletown do Buffalo. Most ten, w odległości 65 km od centrum N. Yorku, mieć będzie długość 685 m i składać się ma z części środkowej 495 m-owej i 2-ch bocznych, 64 m oraz 126 m długich.

Środkowa część, położona na wysokości 46 m nad najwyższym poziomem wody, ma być zawieszona na dwóch linach stalowych, średnicy 457 mm, podtrzymywanych przez 2 wieże 107 m wysokie, nad filarami kamiennymi.

Pomost, o jezdni 11,55 m szerokiej i 2 chodnikach po 1,5 m, tworzyć będą bryły asfaltowe; pomost usztywnią dwa dzwigniki 9 m wysokości, rozstawione na 16 1/2 m. Kratownice, tworzące wieże, będą miały szerokość 9,15 m przy podstawie i 3,35 m przy wierzchołku.

Rozmiary tego ustroju obrazuje ilość zużywanych nań materiałów, mianowicie: 4000 t stali na przęsło środkowe, 1000 t — na boczne, 4000 t — na wieże, 2050 t — na liny, wreszcie 2650 m³ betonu na filary i przyczółki.

Koszta budowy mostu obliczane są na 3 1/2 milionów dolarów, zaś wiaduktów dojazdowych i ścian podporowych (na długości 5,2 km)—1 milion dol.

Przedsiębiorstwo budujące most, zachowa doń prawo własności na okres lat 30, podczas których będzie miało prawo pobierać mostowe. Po upływie 30 lat, most przechodzi na własność stanu N. York.

Pogłębiarka „Ronaldshay“⁴⁾

Wśród przedmiotów wystawionych na Brytyjskiej Wystawie tegorocznej w Wembley pod Londynem, zwraca na siebie uwagę niezwykle wydajna pogłębiarka o powyższej nazwie, budowy zakł. Simons & Co, Glasgow. Ustrój jej części roboczych uwidoczniła załączony rys. 1.

Widzimy tu przednią część statku, opatrzoną 6-ma nożami śmigłowymi i 6-ma rurami ssącymi. Urządzenia te tworzą 3

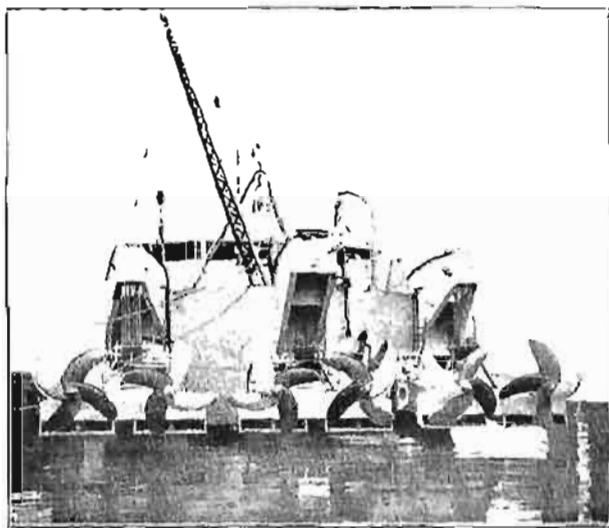
¹⁾ Le Génie Civil, 1924, 21 czerwca, str. 602.

²⁾ Revue de Métallurgie, 1924.

³⁾ Engineering, 1924 25 kwietnia.

⁴⁾ Compressed Air Magazine, 1924, luty.

układy, mogące pracować razem, lub każdy z osobna. Noże mogą kopać na głębokości do 10 m i odpowiednio do tego rury ssące mogą być opuszczone (parami), gdyż są zawieszane na ramach, wiszących z kolei na linach, nawiniętych na bęben



Rys. 1. Widok przedniej części pogłębiarki.

dźwigu parowego. Do poruszania noży posiada statek 3 maszyny parowe sprzężone, obracające noże za pomocą przekładni zębatych od wału korbowego. Rury ssące są obsługiwane 2 ma wielkimi pompami wirowymi, pędzonymi przez 2 pionowe maszyny parowe o potrojnem rozprężaniu pary.

Mieszanka wody i ziemi jest wyrzucana przez pompy i rurociąg pływający na odległość 200 m i na wysokość 8 m ponad poziom wody. Pogłębiarka ta może być stosowana do budowy nowych dróg wodnych, jak również do naprawy istniejących. Na próbach dała ona w ciągu 40 min. przekop 3,5 m głęboki, 13 m szeroki i 100 m długi, czyli że wydajność jej stanowi 10 000 t gruntu na godzinę. Szerokość przekopu może być osiągnięta do 15 m.

Ze Stowarzyszeń Technicznych.

ŁÓDŹ.

W Stowarzyszeniu Techników w Łodzi odbędzie się dn. 14 grudnia r. b. (niedziela) zebranie, poświęcone zagadnieniom

budowy kotłów i maszyn parowych na wysokie prędkości.

Program wypełnią sprawozdania z zorganizowanej przez tamt. Stowarzyszenie Techników wycieczki zagranicę¹⁾.

SOSNOWIEC.

Sprawozdanie z działalności Stow. Techników w r. 1923/24.

W skład Zarządu Stow., składającego się z 8-miu osób, wchodził kol.: S. Gadomski (prezes), W. Ostrowski i F. Prycz (zastępcy prezesa), J. Zathy — sekretarz, E. Krasnodębski — skarbnik.

Istniało 4 sekcje: odczytowa, wycieczkowa, zebrań towarzyskich i techniczna (do spraw miejskich i samorządowych).

Biblioteka nie cieszyła się zainteresowaniem, co należy przypisać małej ilości dzieł w bibliotece. Ogółem wypożyczono 16 dzieł. Księgozbiór powiększył się tylko o jedną książkę. Biblioteka posiada ogółem 106 dzieł, w czem objętych katalogiem 95.

Prenumerowano nast. czasopisma: Przegląd Techniczny, Przegl. Elektrotech., Przegl. Gór.-Hutn., Mechanik, V. D. I., Maschinenbau, Glückauf, Stahl u. Eisen. Od roku zaś 1924 prenumeratę niemieckich czasopism, z powodu trudności walutowych, wstrzymano. Sprawdzano nadto szereg pism codziennych i tygodników politycznych i literackich.

Lokal Stowarzyszenia, szczupły i nie dość dogodny, został w r. sprawozdawczym poddany naprawie, do której zmusiło zawalenie się podłogi w paru ubikacjach.

Podczas naprawy, przeprowadzono pewne przeróbki lokalu, które go uczyniły dogodniejszym. Nadto zamierzono wprowadzić instalację wodociągową, lecz mimo ułatwień poczynionych przez firmy budowlane

i zakł. „Siemens“, funduszków na zakończenie tych robót zabrakło i odłożono je do roku 1924/25.

Sekcja Wycieczkowa zorganizowała wycieczki do Huty Srebra i Ołowiu w Strzybnicy, kolo Tarnowskich Gór, oraz do Huty Bismarka.

Stowarzyszenie należało do Stałej Delegacji Polskich Zrzesz. Techn. i brało udział w 3-ch zjazdach tej organizacji.

Sekcja odczytowa urządziła w ciągu roku sprawozdawczego 7 zebrań, na których wygłoszono nast. odczyty: „O obrocie czekowym“ (wygl. dyr. Oddz. P. K. O., p. Kozik). Obecnych było 10 członków i 37 gości; „O złożach węgla w Polsce i przemyśle węglowym“ (Inż. Wojewódzki) oraz „O hutnictwie i przemyśle żelaznym w Polsce“ (Inż. Hłasko), wygl. z racji przyjazdu wycieczki studentów Politt. Warsz. (wydz. drogowy); obecnych było ok. 30 studentów i 20 członków Stow.; „O górnictwie amerykańskim“ — (Inż. Bojemski), odczyt zaznajomił z nowoczesną organizacją zmechanizowania wydobycia węgla w St. Zjedn. i był wysłuchany przez 400 słuchaczy, wśród których było wielu techników kopalnianych i robotników; „O odlewnictwie bronzów i białych metali“ (Inż. Smogorzewski). Obecnych było 22 członków Stow.

Następne odczyty dotyczyły: dalszych informacji o obrocie czekowym, o stanie przemysłu w Rosji, o środkach obniżenia kosztów budowy taboru kolejowego (Inż. A. Pawłowski) i o lotnictwie doby obecnej (ppłk. Zych Płodowski).

Ze spraw innych, wspomniemy o uzyskaniu przez Stow. 12 praktyk dla studentów Politt. Gdańskiej, z których skorzystało jednak tylko 5 osób. Składki postanowiono podnieść do 10 zł. za tercjał, zaś wpisowe do 10 zł, a nadto zwrócono się do firm miejscowych z propozycją zaplasywania się na członków wspierających (składka 100 zł. kwartalnie). Pięć firm wyraziło swą zgodę.

W r. sprawozdawczym zmarli członkowie Stow.: Ujejski Tadeusz, Jung Alfons Karol i Zakrzewski Józef. Z powodu wyjazdu z Zagłębia wystąpiło 31 członków. Lista Stowarzyszenia zawiera 227 członków oraz 74 stałych gości.

Kongresy i Zjazdy.

PIERWSZY POLSKI ZJAZD NAUKOWEJ ORGANIZACJI.

Zarząd Koła Inżynierów Organizacji przy Stowarzyszeniu Techników w Warszawie, jako komitet organizacyjny, urządził w dn. 6—7—8 grudnia zjazd, dotyczący naukowej organizacji.

Obrady tego Zjazdu obejmują zagadnienia następujące:

Znaczenie naukowej organizacji dla podniesienia wytwórczości i sprawności pracy.

Znaczenie badań fizjologicznych i psychotechnicznych dla organizacji pracy ludzkiej.

Organizacja naukowa a interesy pracowników, pracodawców i konsumentów.

Kontrola procesów wytwórczych i kosztów własnych, jako jedna z najważniejszych podstaw racjonalnej organizacji.

Zastosowanie zasad organizacji naukowej do administracji urzędów i przedsiębiorstw państwowych i samorządowych.

Nauczanie organizacji w kształceniu zawodowym (ułatwienie szkolenia techników polskich w Ameryce).

Sprawa założenia Instytutu Organizacji Pracy w Warszawie.

Sprawa utworzenia Stowarzyszenia Organizacji.

Sprawa przyszłego Zjazdu Międzynarodowego Naukowej Organizacji.

Podczas zjazdu urządzona będzie wystawa najnowszych urządzeń blurowych, pokazy kinematograficzne z dziedziny organizacji, zwiedzenie laboratorium psychotechnicznego i ew. paru zakładów przemysłowych. Na pokrycie kosztów zjazdu uczestnicy będą opłacać po 8 złotych od osoby.

Osoby życzące wziąć udział w zjeździe, zechcą się zgłosić przed 6 grudnia. Bliższych informacji udzieli Zarząd Koła Inżynierów organizacji (kancelaria Stowarzyszenia Techników, Czackiego 3, w Warszawie).

ZJAZD W SPR. NORMALIZACJI RUR WODOCIĄGOWYCH.

Komisja normalizacji rur metalowych przy Komitecie Technicznym do normal. wyrobów (M. P. i H.) zwołuje na 7 i 8 grudnia r. b. zjazd przedstawicieli wytwórców i użytkowników rur wodociągowych, celem rozważenia projektów normalizacji wymiarów tej kategorii rur. Wśród użytkowników tych wyrobów w pierwszym rzędzie występują organizacje samorządowe i koleje żelazne.

Obrady Zjazdu odbędą się w gmachu Stow. Techników w Warszawie.

¹⁾ Ob. P. T. 1924. N. 41—42 str. 478.