

PRZEGLĄD TECHNICZNY

TYGODNIK POŚWIĘCONY SPRAWOM TECHNIKI I PRZEMYSŁU.

TREŚĆ:

Napężenia ciał stałych w postaci widzialnej, nap. A. Mesnager, czł. Inst., prof.
Sposób zastosowania łuków trójprzegubowych do budowy mostów obrotowych i zalety tego ustroju, nap. prof. inż. A. Pszenicki.
Badania parowozów. Metody badań poszczeg. czynników pracy parowozów, nap. prof. A. Czeczott.
Przeгляд plsm technicznych: Lekkie metale w budowie maszyn i w lotnictwie. — Automacyjny przyrząd szliflerski do frezów — Pomiary niezwykle niskich prędkości.
Bibliografia.
Ze Stowarzyszeń Technicznych.
Kronika.

SOMMAIRE:

Les tensions intérieures rendues visibles (à suivre), par A. Mesnager, Membre de l'Institut, Professeur.
Méthodes d'adaptation des arcs à trois rotules aux ponts mobiles et leurs avantages (suite), par A. Pszenicki, Prof. à l'École Polyt. de Varsovie.
Méthodes d'essai des locomotives (suite), par A. Czeczott, Prof.
Revue documentaire: Allages légers et leurs applications à la construction des machines et à l'aéronautique. — Machine automatique à affûter les fraises à disque et cylindriques. — Mesure de la pression du gaz très raréfié.
Bibliographie.
Sociétés Techniques.
Divers.

Napężenia ciał stałych w postaci widzialnej.

Napisał A. Mesnager, członek Instytutu Francji,
profesor Szkoły Dróg i mostów, oraz Conservatoire des Arts et Métiers w Paryżu.

Metoda badawcza, oparta na zastosowaniu podwójnego załamania światła, stosowana oddawna do badań laboratoryjno-naukowych w dziedzinie fizyki, została w ostatnich latach przeniesiona na grunt badań technicznych, mianowicie do badań naprężeń w modelach, wykonanych z ciał przezroczystych.

Rozwinięta w tym kierunku przez szereg uczonych, metoda ta staje się cennym narzędziem badań tych zjawisk, których przebiegu mogliśmy się dotychczas doszukiwać jedynie drogą analizy matematycznej, natrafiającej częstokroć na trudności nie do pokonania. Dziś zaś, dzięki jej, możemy ujrzeć układ naprężeń tak, jak one istotnie powstają w poddanych różnym obciążeniom ciałach.

Zakres i metody tych doniosłych badań, w zastosowaniu do zagadnień technicznych, przedstawił p. prof. A. Mesnager w artykule, zamieszczonym w czasopiśmie „La Technique Moderne”, w sposób tak jasny, treściwy a zarazem wyczerpujący, że Redakcja P. T. uznała za pożądane zaznajomienie z tą pracą szerszych kół naszych czytelników, podając ją w przekładzie.

Z upoważnienia tedy prof. A. Mesnager'a, dokonany został przekład, zaś prof. M. T. Huber podjął się po prawieniu tekstu polskiego i nadto opatrzył go kilkoma uwagami, które ujęte są w kłamy [] lub zaznaczone do piśkiem (Przyp. tłum.).

REDAKCJA.

1. ROZWAŻANIA TEORETYCZNE.

Korzystając ze zjawiska podwójnego załamania światła, zachodzącego w przezroczystych ciałach stałych wskutek ich stanu napięcia, potrafimy już dzisiaj uczynić widzialnymi naprężenia, wywołane w nich siłami zewnętrznymi. Można mieć nadzieję, że kiedyś uda się to i z ciałami nieprzezroczystymi, dotychczas jednak nie znaleziono odpowiedniej metody. Naprężenia dają się w tym przypadku wyznaczyć jedynie zapomocą pomiaru odkształceń. Tak też postępują inżynierowie, posługując się przyrządem Manet-Rabut'a i innymi, opartymi na zasadach podobnych. Te przyrządy, używane powszechnie do badania żelaznych mostów, posiadają wszelako w pewnych przypadkach poważ-

ne niedogodności. Określają bowiem tylko pewne średnie naprężenie między danymi dwoma punktami, nie dając wartości naprężenia w każdym oddzielnym punkcie. Skoro naprężenie posiada skrajną wartość (maximum) w obszarze niewielkim, to wyznaczenie jej jest bardzo utrudnione, a nawet czasami niemożliwe. Natomiast metoda niżej opisana daje wartości naprężeń w każdym punkcie geometrycznym.

Dla czytelników nie zajmujących się stale równowagą wewnętrzną ciał sprężystych i podwójnym załamaniem światła, wypada koniecznie przypomnieć nieco odnośnych wiadomości ogólnych, do których będziemy musieli się uciekać.

Równowaga wewnętrzna.

Ciała stałe, stosowane powszechnie w konstrukcjach technicznych, doznają odkształceń sprężystych pod wpływem obciążeń, nie przekraczających pewnej granicy. Te ciała odzyskują wymiary pierwotne, skoro obciążenia przestają działać. Wogóle są słabo odkształcalne w tem stadjum, zwanem sprężystym. Jakakolwiek prosta, pomyślana w ciebie, zmienia swą długość przy odkształceniu sprężystym prawie zawsze mniej, niż o jedną tysięczną swej wartości. Pomijamy tu oczywiście kauczuk, jako materiał wyjątkowy pod względem obszerności granic odkształceń sprężystych, ale właściwie nie podpadający pod pojęcie ciała stałego.

Ta słaba odkształcalność pozwala przy badaniu warunków równowagi ciał stałych w granicach sprężystości pomijać ich odkształcenia. Wyznaczamy tedy związki między siłami zewnętrznymi według znanych prawideł mechaniki ciała sztywnego. To samo w przybliżeniu można przyjąć przy badaniu sił wewnętrznych (naprężeń).

Budowa ciał stałych.

Przyjmuje się, że ciała stałe są złożone z cząsteczek (molekuł), których środki leżą w nadzwyczaj małych wzajemnych odległościach. Znajomość liczby Avogadro (któ-

BIBLIJOGRAFJA. — Brewster: Double réfraction du verre (Phil. Transactions, 1816, p. 156; Edinburgh transactions, 8, 1818, p. 369); Wertheim: Sur la double réfraction temporaire (Annales de Physique et de Chimie, 1854, p. 156); Leger: Constitution des corps trempés (Ing. civils de France, 19 oct. 1877 et 15 mars 1878); Carus Wilson: The Influence of surface loading... (Phil. Mag. 1891, p. 481); Mesnager: La déformation des solides (Congrès int. des Méthodes d'essai... Paris 1900, t. I, p. 149; Congrès int. de Physique, 1900, Paris, t. I, p. 348—351); Contribution à l'étude de la déform. élastique (Annales des Ponts et Ch. 1901, t. IV, p. 129; Mesure des efforts intérieurs (Congrès de l'Ass. int. pour l'Essai des Mat., Budapest 1901); Tensions intérieures produites par deux forces égales directement opposées (C. R., 30 déc. 1901, p. 1286); König: Doppelbrechung in transversal schwingenden Platten (Ann. der Phys. 1901, IV, p. 1); Doppelbrechung in Glasplatten bei statischer Biegung (Ann. der Phys. 1903, p. 842); Coker: The optical determination of stress (Phil. Mag., oct. 1911, p. 740); Photo-elasticity (Engineering, 6 jan. 1911); Photo-elastic determination of stress (Engineering, 21 avr. 1911, p. 531, 28 avr. 1911, p. 566); Hönigsberg: Photo-elasticity (Engineering, 17 mars 1911, p. 345); Mesnager: Sur une méthode pour déterminer à l'avance les tensions... (C. R., 25 nov. 1912, p. 1071); Utilisation de la double réfraction... (Congrès de l'Ass. int. pour l'Essai des Mat., New-York, 1912); Coker and Chakko: (Philos. Transactions, vol. 221, p. 139—162); Optical Stress analysis (Engineering, 25 febr. 1916); (Engineering, 7 jan. 1921); Heymaus: Photo-élasticimétrie (Bull. de la Soc. belge des Ing... t. II, M 2, 1921, Bruxelles); Coker: Recherches récentes sur la photo-élasticimétrie (Soc. des Ing. civ. 1922, p. 388); E. Asch: Untersuchung der Spannungen... im polar. Licht (Zeitschr. f. techn. Phys. 3, 1922, s. 295); W. Birnbaum: Optische Untersuchung des Spannungszustandes... (Zeitschr. f. techn. Ph. 5, 1924, s. 143).

rażą oznaczył tak pięknie Perrin i inni różnymi sposobami), określającej ilość cząsteczek gazu [w 1 cm^3 przy 0°C i ciśnieniu normalnym]¹⁾, pozwala oznaczyć ilość cząsteczek ciała stałego, utworzonego z połączenia składników gazowych. Mając liczbę cząsteczek zawartych w 1 cm^3 , łatwo oznaczyć wzajemną odległość ich środków. Jest to wielkość rzędu tysięcznej części mikrona.

Wyobraźmy sobie w ciele stałym płaszczyznę (przekrój), dzielącą je na dwie części. Stwierdzimy, że przyciągania, jakie zachodzą między poszczególnymi cząsteczkami, tworzą, razem wzięte, opór sprężysty a następnie wytrzymałość przy rozciąganiu w kierunku prostopadłym do tej płaszczyzny. Przy zbliżaniu zaś cząsteczek, poza pewną granicą, zaczyna się ich wzajemne odpychanie, czem tłumaczymy sobie opór sprężysty przy ściskaniu.

Jeżeli będziemy rozpatrywali płaską ścianę ciała stałego, do której przylega inne, to cząsteczka tego drugiego, sąsiadująca bezpośrednio z pierwszym, będzie podlegała działaniu wszystkich cząsteczek, położonych po przeciwnej stronie płaszczyzny ściany. Zmiany w działaniach wloskowatości wywołane bardzo cienką warstewką materji rozdzielającej obydwie ciała pozwoliły ustalić $\frac{1}{100}$ mikrona, jako rząd wielkości promienia działania cząsteczek.

Te działania są prawdopodobnie tej samej natury, co przyciąganie powszechne (Newtonowskie), atoli prawo odwrotnych kwadratów odległości przestaje być ważnym przy bardzo małych odległościach cząstek materialnych. W tym przypadku stają się przyciągania znacznie większe (przyciągania molekularne). W porównaniu z nimi można pominąć siły grawitacyjne, jakiego wypadły z doświadczeń Cavendish'a i prawa Newton'a.

Rozważmy np. działanie, wywarne przez sześciąt o boku równym 1 mikronowi [wydzielony w myśli z ciała stałego]. Tylko warstewka powierzchniowa tego sześciątku będzie mogła działać na bezpośrednio przyległe cząsteczki ciała. Jeżeli w naszych rachunkach przybliżonych będziemy ten sześciąt traktowali jako element nieskończenie mały, to będzie on mógł działać na elementy sąsiednie jedynie swoją warstwą powierzchniową o grubości jednej setnej swoich wymiarów liniowych. Najdalsze uproszczenia rachunku osiągniemy, przyjmując w przybliżeniu, że grubość warstewki działającej znika wobec wymiarów elementu sześciennego, czyli że wzajemne działania cząsteczkowe elementów jest umiejscowione w ich powierzchniach.

Cząsteczka przylegająca do naszego sześciątku jest pod działaniem wszystkich cząsteczek zawartych w kuli o promieniu $\frac{1}{100} \mu$, [której środkiem jest cząsteczka rozpatrywana]. W tej objętości znajduje się około 1000 cząsteczek. Jeżeli więc przez jakiegokolwiek odkształcenie przesuniemy nieco tę cząsteczkę, to z nią przesunie się także odpowiadająca jej kula działania. Jedne cząsteczki tę kulę opuszczają, a inne w nią wchodzi. Zachodzące przytem zmiany w działaniu cząsteczek wewnątrz kuli na cząsteczkę rozpatrywaną nie przekraczają widocznie jednej tysięcznej średniej wartości działania.

Skoro zamiast jednej cząsteczki weźmiemy pod uwagę wszystkie przyległe do naszego mikronu sześciennego, to zmiany działania na nie cząsteczek sześciątku przy przesunięciu cząsteczek rozpatrywanych będą jeszcze mniejsze. Można tedy przyjąć z wielką dokładnością, że przyciąganie i odpychanie wzajemne cząsteczek dają wypadkowe, które zmieniają się w sposób ciągły przy jakichkolwiek odkształceniach dostatecznie małych.

Podobnie przyjąć możemy, że przy zmianie wymiarów elementu powierzchni, siła przenoszona przez ten element, zmienia się również w sposób ciągły i jest proporcjonalna względem jego pola.

Wszystko tedy odbywa się z dokładnością o wiele większą od osiąganą przy pomiarach wytrzymałości i odkształ-

ceń; tak, jakgdyby ciała były utworzone z materji ciągłej, której części rozdzielone w myśli powierzchnią (przekroją), działają nawzajem tylko przez tę powierzchnię, [czyli siłami powierzchniowymi].

Równowaga wewnętrzna ciała stałego.

Warunkom równowagi czyni wogóle zadość wypadkowa sił, przeniesionych przez element przekroju, pomyślanego wewnątrz ciała, nachylona względem płaszczyzny tegoż elementu.

Dla uniknięcia nieporozumień zaznaczymy, że w dalszym ciągu rozpatrywać będziemy zawsze siły zewnętrzne względem obranego elementu objętości, a nie reakcje tegoż elementu [czyli siły, jakimi on działa na materję otaczającą]. Nazwiemy naprężeniem ciągnącym, albo krótko ciągnięciem, iloraz siły zewnętrznej przez pole ściany elementu, jeżeli ta siła, czy to normalna, czy też pochyła, jest skierowana na zewnątrz rozpatrywanego elementu objętości. Naprężeniem ciskającym, lub krótko ciśnieniem, nazywać będziemy także iloraz, jeżeli siła jest skierowana ku wnętrzu elementu. Wyraz zaś naprężenie oznaczać będzie siłę zewnętrzną odniesioną do jednostki pola ściany elementu, o której nie wiemy czy jest skierowana na zewnątrz, czy też ku wnętrzu [czy jest ciągnięciem, czy też ciśnieniem]. Podobnie odróżniemy siłę ciągnącą od ciskającej. Nakoniec w przypadkach, gdy nie decydujemy o kierunku siły, używać będziemy wyrazu siła lub napięcie (effort).

Stosując warunki równowagi do nieskończenie małego czworoboku, ograniczonego trzema płaszczyznami współrzędnymi, przechodzącymi przez dany punkt, i czwartą płaszczyzną, skierowaną dowolnie, lecz nieskończenie blisko tego punktu, badamy zmianę naprężenia w zależności od kierunku płaszczyzny przekroju przechodzącej przez dany punkt ciała. Kierunek płaszczyzny określa się przytem kierunkiem jej normalnej zewnętrznej. Skoro dane są naprężenia, działające w rozważanym punkcie na trzy płaszczyzny współrzędnych, to naprężenie w elemencie do nich nachylonym jest zupełnie wyznaczone kierunkiem płaszczyzny tego elementu. Skończona wielkość tego naprężenia zmienia się oczywiście nieskończenie mało przez równoległe przesunięcie elementu do początku współrzędnych w rozpatrywanym punkcie; znamy przeto wielkość i kierunek naprężenia w elemencie, jako funkcję jego kierunku.

Lamé wykazał tą drogą, że wszystkie naprężenia w przekrojach elementarnych przechodzących przez punkt dany, przedstawione geometrycznie odcinkami wychodzącymi z tego punktu, wyznaczają końcami powierzchnię elipsoidy, zwanej elipsoidą naprężeń lub elipsoidą Lamé'go. Druga powierzchnia (rzędu drugiego), zwana powierzchnią kierującą, wyznacza płaszczyznę elementu i kierunek odpowiadającego naprężenia jako sprzężone ze względu na tę powierzchnię. Obie powierzchnie mają osie wspólne współkierunkowe [i pozwalają dla każdego kierunku płaszczyzny przekroju znaleźć odpowiadające naprężenie co do kierunku i wartości]. Zarazem widać że naprężenia największe i najmniejsze są prostopadłe do odpowiednich przekrojów. Kierunki osi głównych elipsoidy naprężeń lub powierzchni kierującej nazywamy kierunkami głównymi, a naprężenia o tych kierunkach naprężeniami głównymi.²⁾

Zależność naprężenia od kierunku elementu przekroju, poruszanego w myśli dokoła danego punktu ciała, da się także przedstawić zapomocą konstrukcji Mohr'a. Ten sposób, stosowany chętniej w niektórych krajach, polega na rozłożeniu naprężenia w płaskim elemencie na naprężenie normalne σ i naprężenie styczne τ względem elementu.

²⁾ Równanie elipsoidy Lamé'go ma postać:

$$\frac{x^2}{\sigma_1^2} + \frac{y^2}{\sigma_2^2} + \frac{z^2}{\sigma_3^2} = \text{stałej},$$

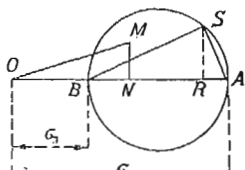
zaś równanie powierzchni kierującej:

$$\frac{x^2}{\sigma_1} + \frac{y^2}{\sigma_2} + \frac{z^2}{\sigma_3} = \text{stałej},$$

przyczem σ_1 , σ_2 i σ_3 oznaczają wartości (alg.) naprężeń głównych. (Przyp. tłum.)

¹⁾ Pierwsze wyznaczenie tej liczby zawdzięczamy mało znanemu za życia fizykowi Loschmidtowi. Stąd znana jest w literaturze niemieckiej np. jako liczba Loschmidt'a. Jej wartość ustalono obecnie na $2,72 \cdot 10^{19}$. Znane oddawna prawo Avogadro stwierdza tylko, że liczba ta jest wspólną dla wszystkich gazów. (Przyp. tłum.)

Jeżeli od początku O na prostej OA (rys. 1) odetniemy normalną składową naprężenia ON , a z punktu O w kierunku prostopadłym — składową styczną NM , wówczas OM przedstawia wielkość i kierunek naprężenia całkowitego w odniesieniu do prostej OA , jako normalnej elementu. Powtarzając konstrukcję tę dla wszystkich kierunków elementu, otrzymamy pewien zbiór punktów M . Można dowieść, że te punkty leżą wewnątrz okręgu koła, zwanego kołem Mohr'a, którego środek leży na prostej OA , a którego promieniem jest $\frac{1}{2}(\sigma_1 - \sigma_3)$ t. j. połowa różnicy między największym i najmniejszym (algebraicznie) naprężeniem głównym. [Zakładamy przytem, że $\sigma_1 > \sigma_2 > \sigma_3$]³⁾. Punkty okręgu odpowiadają naprężeniom w elementach przechodzących przez średnią oś główną. Naprężenie OS odpowiada płaszczyźnie tworzącej z osią σ_1 kąt SBA , a z osią σ_3 kąt SAB . Największym naprężeniem stycznym jest więc:



Rys. 1. Koło Mohr'a.

$$\tau_{max} = \frac{1}{2}(\sigma_1 - \sigma_3),$$
czyli promień koła Mohr'a. Płaszczyzna, w której występuje to naprężenie, zwane także głównym ścinaniem, tworzy z każdą z osi skrajnych kąt 45° . Te wyniki dadzą się otrzymać i bezpośrednio, bez uciekania się do konstrukcji Mohr'a, która jednakże posiada tę wielką zaletę, że pozwala je przedstawiać i unaoczniać w prostej postaci geometrycznej, a nadto dostarcza innych jeszcze wskazówek, nader użytecznych w wielu zagadnieniach.

Znajomość trzech naprężeń głównych $\sigma_1 > \sigma_2 > \sigma_3$ wystarcza do wyznaczenia naprężeń, działających we wszystkich elementach płaskich, przesuniętych przez punkt rozpatrywany, określa przeto stan wewnętrznej równowagi [stan napięcia] w tym punkcie. Łatwo wykazać, że jedno naprężenie główne σ_a wywołuje w płaszczyźnie, tworzącej z niem kąt α , naprężenia składowe:

$$\begin{aligned} \sigma &= \sigma_a \cos^2 \alpha \\ \tau &= \sigma_a \cos \alpha \sin \alpha \end{aligned}$$

Składając naprężenia, wywołane przez każde z trzech naprężeń głównych z osobna [dzięki ważności zasady superpozycji], otrzymamy dla naprężenia normalnego wyrażenie:

$$\sigma = \sigma_1 \cos^2 \alpha + \sigma_2 \cos^2 \beta + \sigma_3 \cos^2 \gamma.$$

Naprężenie styczne znajdujemy przez geometryczne dodawanie składowych τ .

Teoria sprężystości.

Jest to nauka, mająca na celu wyznaczenie naprężeń we wszystkich punktach ciała, z danych sił zewnętrznych na to ciało działających. Opiera się ona: 1^o) na omówionych powyżej warunkach równowagi wewnętrznej i 2^o) na prawie Hooke'a, określającym linjową zależność odkształceń od naprężeń. Do powiązania ze sobą naprężeń w różnych punktach ciała służy warunek, iż powinny one mieć takie wartości, ażeby odkształcone elementy objętości nie przestawały przylegać do siebie nawzajem. Ten warunek prowadzi do równań różniczkowych cząstkowych [warunki spójności odkształceń], które innymi słowy wyrażają, że dowolny przekrój płaski, pomyślany w ciełe, przyjmuje to samo zakrzywienie wskutek odkształcenia, gdy go rozpatrujemy raz jako ograniczenie elementów objętości leżących po stronie prawej, a drugi raz — po stronie lewej. Otrzymane w ten sposób układy równań różniczkowych dają się całkować tylko w niewielu prostych przypadkach. Atoli trudności matematyczne można niekiedy obejść przy zastosowaniu prostej metody doświadczalnej, której korzyści wyjdą poniżej na jaw.

Metoda doświadczalna.

Metoda ta stosuje się wyłącznie do zadań, w których naprężenia i odkształcenia zależą tylko od dwu współrzędnych w jednej płaszczyźnie (zagadnienia dwuwymiarowe, czyli

płaskie). Takie zadania mają najczęściej na oku inżynierowie w zagadnieniach z zakresu wytrzymałości materiałów. Metoda ta może być zatem wielce użyteczna dla techniki.

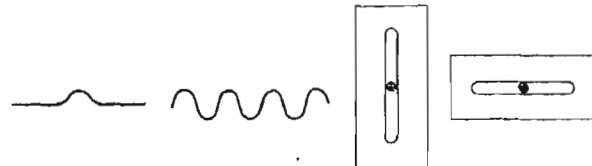
Dajmy na to, że mamy w każdym punkcie ciała kierunki obu naprężeń głównych dwuwymiarowego stanu napięcia. Jeżeli przesuniemy się w kierunku jednego z naprężeń głównych o długość nieskończenie małą, to kierunek tego naprężenia zmieni się również nieskończenie małą. Posuwając się dalej w nowym kierunku naprężenia głównego, musimy w nieskończeniebliskim punkcie znowu ten kierunek zmienić nieskończenie małą i t. d. W ten sposób opiszemy t. zw. linję izostatyczną, [linję naprężeń głównych]⁴⁾. Dostatecznie gęsta sięć linij izostatycznych wyznacza w każdym punkcie kierunki naprężeń głównych. Prócz tego trzeba znać wartość każdego z naprężeń głównych w każdym punkcie.

Zobaczymy jak się do tego dochodzi przy pomocy środków optycznych.

Podwójne załamanie i polaryzacja światła.

Wiadomo, że można sobie zdać sprawę ze wszystkich niemal zjawisk świetlnych, przyjmując, że światło jest falowaniem czegoś, co drga zawsze w płaszczyźnie prostopadłej do kierunku przenoszenia drgań, czyli rozchodzenia się fal. Pewne podobieństwo do tego ma rozchodzenie się fal na powierzchni wody. Wrzuciwszy kamień do wody stojącej, zauważymy fale, czyli zmarszczki, poruszające cząstki powierzchni wody (w przybliżeniu) prostopadle do zwierciadła. Te fale rozchodzą się (z szybkością zależną od głębokości) w kierunkach promieni leżących w zwierciadle wody, a więc w kierunkach prostopadłych do drgań cząstek wody.

Lepszego obrazu (modelu) falowania świetlnego dostarcza przenoszenie się drgań wzdłuż sznura. Wyobraźmy sobie bardzo długą linkę, której jeden koniec jest ustalony, a drugi trzymamy w ręku. Skoro wykonamy drobny a szybki ruch ręką prostopadle do linki, to zauważymy miejscowe zagięcie, posuwające się wzdłuż linki (rys. 2). Przesunięcia cząstek linki są znowu prostopadłe do kierunku przenoszenia się (rozchodzenia się) zjawiska. Skoro ręka szarpie rytmicznie w płaszczyźnie prostopadłej do kierunku linki, otrzymujemy dość dobry obraz promienia świetlnego (rys. 3). Można także w tej płaszczyźnie zataczać ruchem ciągłym małe kółko, lub elipsę. Odkształcenia linki będą biegły wzdłuż niej w tenże sam sposób.



Rys. 2. Rys. 3. Rys. 4. Rys. 5.

Rys. 2. Fala samotna.

Rys. 3. Bieg fali wzdłuż sznura.

Rys. 4. Sznur, przechodzący przez szczelinę pionową.

Rys. 5. Sznur, przechodzący przez szczelinę poziomą.

Pewne aparaty są zbudowane z ciał krystalicznych w ten sposób, że przepuszczają tylko drgania świetlne, odbywające się w pewnej określonej płaszczyźnie, przechodzącej przez kierunek promienia. Te przyrządy odgrywają taką samą rolę jaką w naszym modelu ze sznura odegrałaby deska ze szczeliną, ustawiona prostopadle do sznura, przechodzącego przez tę szczelinę (rys. 4). Każdy ruch linki, udzielony jej ręką, a prostopadły do szczeliny, nie będzie w stanie przejść poza nią. Przy dowolnych drganiach poprzecznych ręki, przepuści szczelina na drugą stronę, tylko rzut drgań na płaszczyznę, przechodzącą przez linkę i szczelinę. Poza szczeliną będzie linka drgała tylko w płaszczyźnie przechodzącej przez szczelinę (na rys. 4 w płaszczyźnie pionowej).

Światło utworzone z drgań, leżących w jednej płaszczyźnie, nazywa się spolaryzowane prostoliniowo, a przyrząd zbudowany z materiału krystalicznego, który wywiera

³⁾ Dowód można znaleźć w Revue de Métallurgie 1922; Mémoires, p. 368. [również w § 2, V-go tomu „Vorles. über techn. Mechanik“ A. Föppl'a].

⁴⁾ [W dwuwymiarowym stanie napięcia mamy widocznie do czynienia z dwoma układami takich linii, przecinającymi się prostokątnie. Dlatego nazywają je także trajektorjami naprężeń głównych].

na światło ten sam skutek, co szczelina na sznur, nosi nazwę polaryzatora.

Gdybyśmy na lince poza pierwszą szczeliną umieścili drugą (rys. 5) o kierunku prostopadłym do pierwszej, to, ponieważ drgania, spolaryzowane przez pierwszą szczelinę, odbywałyby się w płaszczyźnie prostopadłej do szczeliny drugiej, nie mogłyby one przedostać się przez nią. Poza drugą szczeliną byłaby linka w spoczynku.

Ten sam skutek otrzymamy i dla światła, umieściwszy przyrząd podobny do polaryzatora, lecz obrocony około kierunku promienia o kąt prosty. Przyrząd ten, zwany analizatorem, zgasi całkowicie światło. Zespół obu przyrządów, tworzy polaryzator skrzyżowany z analizatorem. [Jego najbardziej rozpowszechnionym typem są „skrzyżowane nikole“. Tak nazywają pryzmaty z kalcytu, obmyślane i spreparowane w r. 1828 przez fizyka szkockiego Nicol'a]. Umieszczając ten zespół między źródłem światła a okiem, nie zobaczymy światła.

Umieścimy między skrzyżowanymi nikolami płytkę ze szkła dokładnie równokierunkowego (t. j. mającego jednokierunkowe własności we wszystkich kierunkach, co można osiągnąć przez dostateczne wyżarzenie i powolne ostudzenie). Patrząc przez nikole i płytkę na źródło światła nie zobaczymy go wcale. Skoro jednakże ściśniemy szkło w kierunku prostopadłym do promienia światła, a różniącym się od kierunku drgań, przepuszczanych przez polaryzator lub analizator, to światło znowu się ukaże.

Tak się rzecz ma dlatego, ponieważ wskutek jednokierunkowego ściśnięcia staje się szkło ciałem nierównokierunkowym, a takie ciało rozkłada wnikające wń drgania optyczne na dwa drgania składowe: jedno w kierunku ściskania, a drugie w kierunku doń prostopadłym. Jest to zjawisko analogiczne do drgań dzwonu, który nie tworzy ciała obrotowego, lecz ma np. podstawę eliptyczną. W bardzo krótkim czasie po uderzeniu, rozkładają się drgania dzwonu na dwie składowe, odpowiednio w kierunku wielkiej i małej osi elipsy. Słyszymy dwa różne tony, które przy małym [nie zamierzonym] mimośrodku elipsy wytwarzają u wielu dzwonów dudnienie o długim okresie.

Gdyby obydwa drgania składowe rozchodziły się z tą samą prędkością w ściśniętym szkłe, to po wyjściu w powietrze złożyłyby się napowrót w jedno płaskie drganie polaryzatora; pomiary wykazały jednak, iż drgania o kierunku ściskania przenoszą się szybciej, niż drgania o kierunku do tamtego prostopadłym. Te dwa drgania mają po wyjściu ze szkła różne fazy, wskutek czego składają się nie w drganie prostopadłowe, lecz w eliptyczne, dając światło eliptycznie spolaryzowane. Jest to zjawisko podobne do wirującego pola elektromagnetycznego, wytworzonego przez dwa pola okresowo zmienne, wzajemnie prostopadłe i różniące się co do fazy. Światło kołowo spolaryzowane otrzymalibyśmy wówczas, gdyby obie składowe były co do wielkości równe, i różniły się w fazie o ćwierć okresu. To zaś nastąpi, gdy kierunek ciśnienia jest nachylony pod kątem 45° do kierunku drgań polaryzatora i analizatora. Przy innym kącie, składowe nie są jednakowe i otrzymujemy światło spolaryzowane eliptycznie. Te drgania eliptyczne, padając na analizator, dają różny od zera rzut na kierunek drgań, które tenże przepuszczać może (zwłaszcza dla światła białego, przy którym przypadek przekształcenia elipsy w prostą zachodzi niejednocześnie dla wszystkich barw). W przyrządzie zajaśnieje znowu światło.

To samo zachodziłoby przy rozciąganiu szkła w kierunku prostopadłym do promienia światła, a nachylonym do kierunku drgań przepuszczonych przez nikole. Drgania w kierunku rozciągania przenosiłyby się wolniej, niż drgania o kierunku prostopadłym i obserwator ujrzećby znowu światło.

Wogóle można więc powiedzieć, że światło przechodzi zawsze w tych przypadkach, kiedy obydwa kierunki naprężeń głównych rozchodzą się z kierunkami drgań, przepuszczanych przez skrzyżowany polaryzator lub analizator. W razie gdy te kierunki się zlewają, polaryzator przepuszcza tylko drganie zgodne co do kierunku z jednym z naprężeń głównych w szkłe. Szkło przepuszcza wówczas tylko te drgania (ponieważ rzut drgań na kierunek drugiego naprężenia głównego jest równy zero) i po wyjściu ze szkła zachodzą tylko drgania o kierunku polaryzatora. Tych nie przepuści skrzyżowany analizator, wobec czego światło się nie pojawi.

Jeżeli nazwiemy kierunki drgań, przepuszczanych przez skrzyżowany polaryzator i analizator, głównymi kierunkami przyrządu, to możemy powiedzieć, iż światło przechodzi zawsze, o ile kierunki główne szkła i aparatu są różne.

Rozpatrzmy teraz płytkę szklaną poddaną jakimkolwiek równoważącym się siłom, które leżą w jej płaszczyźnie. Naogół będą kierunki główne w różnych punktach różne. Gdy płytkę wstawimy między skrzyżowane nikole, przyrząd nie przepuści światła w tych wszystkich punktach, w których

naprężenia główne są równoległe do głównych kierunków przyrządu polaryzacyjnego (rys. 6).

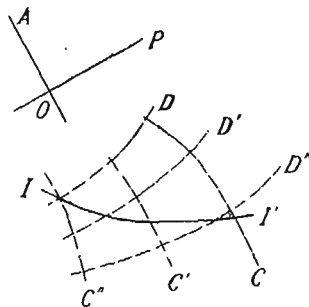
Patrząc do przyrządu przez analizator zobaczymy czarną linię $I-I'$, zwaną izokliną, ponieważ jest to miejsce punktów, w których naprężenia główne są skierowane zgodnie z kierunkami głównymi aparatu. Gdybyśmy mieli wykreślone krzywe izostatyczne (na rysunku przerywane), to otrzymalibyśmy izoklinę jako miejsce geometryczne punktów, w których styczne do krzywych izostatycznych są równoległe do kierunku analizatora OA — dla jednego układu krzywych ($CC'C''$ na rys. 6), lub też równoległe do kierunku polaryzatora OP , dla drugiego układu krzywych $DD'D''$ (przecinającego pierwszy prostokątnie).

Jeżeli będziemy obracali przyrząd, pozostawiając badaną płytkę w spoczynku, krzywa $I-I'$ będzie się zmieniać w sposób ciągły, „zamiatając“ niejako całą płaszczyznę płytki. Kiedy aparat obróci się o kąt prosty, otrzymamy wszystkie możliwe kierunki stycznej, bez względu na znak („zwrot“, „sens“) (rys. 7). Przy dalszym obracaniu otrzymalibyśmy powtórzenie tych samych krzywych.

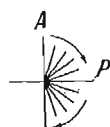
Nie znając linii izostatycznych, a znajdując doświadczalnie izokliny, możemy podług nich wyznaczyć linie izostatyczne i, co za tem idzie, kierunki naprężeń głównych w każdym punkcie szkła. Na każdej z izoklin, takich jak $I-I'$, wykreślamy elementy prostych, równoległych np. do OA , aż do przecięcia się z izokliną sąsiednią. Następnie z każdego punktu przecięcia się elementów prostych z tą drugą izokliną prowadzimy nowe elementy prostych, równoległych do nowego kierunku OA , odpowiadającego drugiej krzywej. Postępując w ten sposób, wykreślimy układ krzywych izostatycznych, co pozwala wyznaczyć kierunki naprężeń głównych w dowolnym punkcie. A zatem możemy drogą doświadczalną wyznaczyć kierunek naprężeń głównych w dowolnym punkcie.

Podług izoklin sfotografowanych w laboratorium, łatwo zapomocą odpowiednich przyrządów wykreślić krzywe izostatyczne na stole rysunkowym.

(d. c. n.)



Rys. 6. Krzywe izostatyczne i izokliny.



Rys. 7. Kierunki analizatora i polaryzatora.

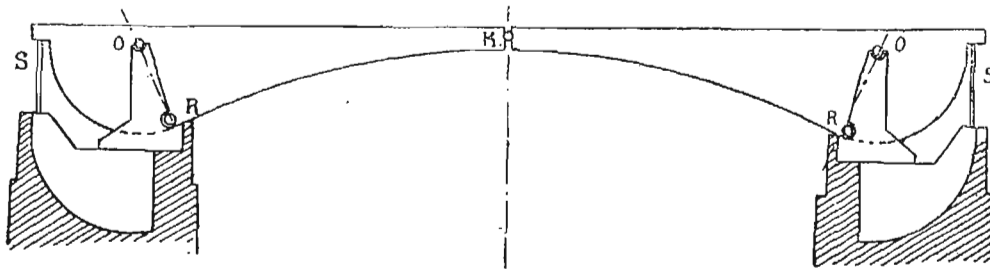
Sposób zastosowania łuków trójprzegubowych do budowy mostów obrotowych i zalety tego ustroju.

Napisał prof. inż. A. Pszenicki.

(Ciąg dalszy do str. 513 w № 47, z r. b.)

Nieco lepsze rozwiązanie zadania zastosowania łuku trójprzegubowego do mostu obrotowego, dwuskrzydłowego mamy w moście „Knippel Broo”, zbudowanym w roku 1908 w Kopenhadze. Otwór tego mostu wynosi 28,3 m, przy rozpiętości teoretycznej 32,3 m, szerokość mostu 15,0 m, jazda częściowo dołem, częściowo w połowie wysokości dźwigarów. Przeciwwagi górne, w specjalnych portalach, oddziałują na skrzydła równowagowe za pomocą słupków, połączonych przegubnie ze skrzydłami dźwigarów. Skrzydła równowagowe mieszczą się pod pomostem, pokrywającym studnie przyczółków, w których się mieszczą mechanizmy obrotowe i przeciwwagowe. Gdy most jest zamknięty, każde jego skrzydło jest podparte na przegubie podporowym, na osi obrotowej i na przegubie kluczowym. Oprócz tego, skrzydła równowagowe są podparte słupkami, tak iż przeciwwaga jest jakby nieco podniesiona. Wobec tego most w stanie zamkniętym może pracować jako łuk trójprzegubowy tylko przy obciążeniu ciężarem ruchomym i przy określonym stanie temperatury. Oś obrotowa nie jest wolna. Oczywiście w tych warunkach układu tego nie można rozpatrywać jako łuku trójprzegubowego.

Firma Straus, która zbudowała wspomniany wyżej most, proponowała i dla mostu Pałacowego w Petersburgu taki sam układ łuki, opierając się na przegubach podporowych i w kluczu, jednocześnie spoczywałyby na osiach obrotowych i na specjalnych podpórkach, podtrzymujących ogony łuków, aby je uchronić od otwierania się przy obciążeniu skrzydeł równowagowych, jak to widać z rys. 4.



Rys 4.

Układ ten był rozpatrywany przez projektodawców, jako łuk o węzłach zamocowanych wzdłuż linii OR i z przegubem w kluczu. Oczywiście układ taki możnaby rozpatrywać, jako układ podwójnie statycznie niewyznaczalny, jedynie tylko w tym wypadku, gdyby po ustawieniu dźwigarów na podporach i po ich wyregulowaniu przy pewnej określonej temperaturze, można było przy otwieraniu i zamykaniu mostu przy innych temperaturach nadawać dźwigarom te naprężenia, któreby w nich powstały skutkiem tej zmiany temperatury w moście zamkniętym.

Innymi słowy, gdyby można było być pewnym, że podczas zamykania mostu, przy temperaturach różnych od temperatury ustawienia go na podporach, można nadać dźwigarom rozpór dodatni lub ujemny, odpowiadający zmianie temperatury. Jednakże, przy znacznym obniżeniu się temperatury, rozpór łuku w kluczu może się znacznie zmniejszyć a nawet o tyle, że przewyższy rozpór powodowany wagą własną mostu i wtedy łuki w kluczu mogą się rozejść, zamieniając się na belki wspornikowe. Ciężar ruchomy może wówczas spowodować silne ugięcie dźwigarów w kluczu. Wzrost zaś temperatury spowoduje duży wzrost rozporu, co oczywiście wywoła konieczność zwiększenia podpór, a zatem i kosztów mostu. Firma Straus proponowała założyć zmiany temperatury tylko $\pm 8^\circ \text{C}$, lecz i to dawało już zwiększenie rozporu o 250 t, przy całkowitym rozporze pod działaniem obciążenia ruchomego 1000 t. Uważając jednak zmianę tem-

peratury tylko o $\pm 8^\circ \text{C}$ za niedostateczną, (według warunków technicznych zmiana temperatury winna była wynosić $\pm 40^\circ \text{C}$). firma proponowała regulować sztucznie zmianę długości dźwigarów pod wpływem temperatury, za pomocą klinów w kluczu. Oczywiście podobne propozycje, jako nierealne, nie mogły być przyjęte. Rozwiązanie trzeba było przeprowadzić takie, aby nie było najmniejszej wątpliwości, że most w stanie zamkniętym za wsze będzie pracować, jako łuk trójprzegubowy.

Wyżej jużśmy wskazali, jakiemu warunkowi winien zadość czynić ustrój mostu, ażeby w stanie zamkniętym zachowywał postać łuku trójprzegubowego. Tutaj jednakże musimy jeszcze wskazać niektóre właściwości mostów obrotowych dokoła osi poziomej. W mostach tych jest mianowicie wymagane, aby każde skrzydło obrotowe było zrównoważone względem swej osi obrotu, aby środek ciężkości każdego skrzydła przechodził przez środek osi obrotu, zatem moment wszystkich sił pionowych stałych względem środka osi obrotu winien równać się zeru.

Wówczas przy otwieraniu mostu takiego, o ile niema wiatru, mamy do czynienia tylko z przewyciężeniem tarć na osi obrotu i w mechanizmach obrotowych. Oś obrotu w tych mostach umieszcza się zwykle ponad podporą, nieco bliżej środka teje, aby przy moście otwartym części dźwigarów, znajdujące się poniżej osi obrotu, nie wysuwały się poza granice krawędzi podpory od strony otworu, przykrytego skrzydłami zwodzonymi. Zachowanie tego warunku jest wymagane dlatego, aby wystające poza podpory na niewielkiej

wysokości od poziomu wody części dźwigarów, nie zmniejszały otworu użytecznego części ruchomej mostu i nie były narażone na uderzenia i uszkodzenia przez przepływające statki. Co się zaś tyczy podpór dodatknych R (patrz rys. 4), w układach belkowo-wspornikowych oraz przegubów podporowych w układach łukowych, to te winny być położone o ile możności bliżej krawędzi podpory, ażeby zmniejszyć teoretyczną rozpiętość dźwigarów ruchomych,

a nadto, przy układzie łukowym, dogodniej przenieść ciśnienie na podpory, szczególnie zaś na podstawy fundamentów filarów.

Wobec tego pomiędzy podporą dodatnią R każdego skrzydła i jego osią obrotu O powstaje pewien odstęp w kierunku poziomym. Jeżeli ułożymy całkowitą masę skrzydła (łącznie z przeciwwagami) tak, ażeby środek ciężkości przechodził przez oś obrotu O , to każde skrzydło, będąc podparte na podporze dodatniej R , nigdy nie będzie miało dążności do zapadania się do otworu przęsła ruchomego. Innymi słowy, przy układzie łukowym i skrzydłach zrównoważonych względem osi obrotu, nie będziemy mieli naturalnego naciśku jednego skrzydła na przeciwległe drugie w kluczu. Skrzydła w tych warunkach nie będą pracować jako łuk trójprzegubowy, lecz jako układ belkowo-wspornikowy.

Aby oba skrzydła przy moście zamkniętym pracowały jako łuk trójprzegubowy, niezbędnym jest, by, przy wszelkich okolicznościach, skrzydła w stanie zamkniętym naciskały jedno na drugie. W tym celu zaś jest niezbędne, aby środek ciężkości każdego skrzydła był położony pomiędzy przegubem podporowym a przegubem kluczowym.

Stąd wynika, że położenie środka ciężkości nie może być stałe: podczas otwierania mostu środek ciężkości powinien przechodzić przez oś obrotu, gdy zaś most jest zamknięty, środek ciężkości skrzydła powinien przesunąć się poza przegub podporowy w stronę klucza. Ażeby jednak skrzydła

wcześnie drugiego. Luz ten zależy jednakże nie tylko od obrotu skrzydeł koło przegubów podporowych, lecz również i od sprężystego ugięcia się skrzydeł w kluczu, a raczej od różnicy ugięć sprężystych w kluczu skrzydeł, pod wpływem obciążenia stałego, gdy skrzydła pracują jako łuk i jako wspornik. Przy wychodzeniu skrzydeł z układu łuku tróiprzegubowego, w chwili obrotu koło przegubu podporowego, klucz każdego skrzydła początkowo obniża się, wskutek obciążenia ogonów przez dodatkowe części przeciwwag i wskutek zmiany łukowego układu przęsła na układ belkowo-wspornikowy, a potem dopiero następuje obrót dokoła przegubów podporowych i rozłączenie skrzydeł w kluczu. Oprócz dwóch wyżej wskazanych czynników, przy obliczaniu luzu w kluczu winno być wzięte jeszcze pod uwagę wydłużenie skrzydeł skutkiem wzrostu temperatury do $+40^{\circ}\text{C}$.

Mając wielkość tego luzu, nietrudno obliczyć kąt obrotu skrzydła koło przegubu podporowego dla otrzymania tego luzu, mając zaś kąt obrotu, z łatwością już można obliczyć luz, jaki winien mieć miejsce pomiędzy łożyskami osi obrotowej a siódmami, na których łożyska te spoczywają.

Przy konstruowaniu łożysk osi obrotowej według rys. 5, pochylenie płaszczyzny ab łożyska i jego siodełka do poziomu powinno być nieco mniejsze od pochylenia linii łączącej początkowe (oś obciążona) i ostateczne położenie środka osi obrotowej (oś zwolniona).

Ustrój przegubu kluczowego, według rys. 6. czy też 7, winien być taki, aby luz w kluczu pomiędzy skrzydłami, po ich obrocie około przegubu podporowego, był nie mniejszy od wartości a , otrzymanej według przytoczonych wyżej danych. Jednakże zwiększenie tego luzu ponad wymaganą wartość nie jest wskazane, gdyż od obrotu skrzydeł około przegubów podporowych zależy praca, jaką trzeba wykonać, ażeby zdjąć lub zawiesić napowrót zdjęte części przeciwwag (praca podklinowania mostu).

Im większy jest ten luz, tem praca podklinowania jest większa. Dlatego też przy konstruowaniu przegubu kluczowego winno się baczyć, ażeby zabezpieczając opór przegubu siłom tnącym, wgłębienie b jednej części przegubu i występ drugiej był możliwie niewielki (w moście Patacowym $a = 90\text{ mm}$). (d. n.)

Badania parowozów.

Metody i sposoby badania poszczególnych czynników pracy parowozu.

napisał prof. A. Czeczott.

(Ciąg dalszy do str. 231 w Nr. 20 r. b.)

Uwagi wstępne.

Doświadczenia dokonywane na różnych kolejach przez różnych autorów są o tyle różnorodne, że nie można bezpośrednio uznać programu któregośkolwiek z nich za najlepszy, a więc za godny naśladowania. Składają się na to różnice celów, ilość i jakość posiadanych środków pomiarowych, wreszcie różnice poglądów na metody omawianych badań. Mając przeto ustalić program badań parowozów, należy przedewszystkiem uprzytomnić sobie istotę badań tych wogóle, usystematyzować całą tę sprawę i wówczas wyjaśnić, jakie cele możemy, wzgl. powinniśmy sobie stawiać i jakimi sposobami możemy je osiągnąć. Aby ująć całokształt sprawy, wyjdziemy z założenia, obejmującego raczej bytu samego parowozu:

„Zadaniem parowozu jest przewóz pociągów pewnego składu na danym szlaku, z wyznaczoną szybkością, z najmniejszym zużyciem wody, paliwa i in. materiałów, danej jakości, z najmniejszymi wydatkami na obsługę oraz z zachowaniem wszystkich warunków bezpieczeństwa ruchu“.

Stąd wynikają następujące zagadnienia, których wyjaśnienie stanowi całokształt wszechstronnego zbadania parowozu.

- 1) Jaka jest wartość oporu, który parowóz musi przezwyciężyć podczas swego ruchu;
- 2) Jaka jest siła, którą parowóz może rozwinąć dla pokonania tego oporu, oraz jaki jest sposób najlepszego jej wyzyskania;
- 3) Jaki potrzebny jest rozchód wody i paliwa do wytworzenia tej siły i jakie są warunki najmniejszego zużycia tych materiałów;
- 4) Jakie warunki wpływają na rozchód innych materiałów i od czego one zależą, wreszcie
- 5) Jakie są warunki bezpieczeństwa ruchu, o ile są one zależne od parowozu.

Takie ujęcie zagadnienia badania parowozu wyjaśni, o ile dany parowóz odpowiada wymaganej od niego pracy, oraz da odpowiedź na inne zagadnienia dużej doniosłości praktycznej, jak to: jaki jest najwygodniejszy skład pociągu i szybkość jazdy, największa sprawność parowozu i t. p., wreszcie da możliwość prawidłowego obliczenia czasu biegu na szlakach przy ustaleniu rozkładów jazdy, norm zużycia paliwa i t. d.

Z wyliczonych wyżej zagadnień, trzy pierwsze są najważniejszymi a zarazem najpospolitszymi zagadnieniami ba-

dań, skutkiem czego ustalono już dla nich pewne wypróbowane metody, oparte na stosowaniu — po pierwsze, indykatorów do określania pracy w cylindrach parowozu, powtórę — dynamometrów do określania siły pociągowej na haku tendra. Przyrządy te i inne im podobne nie są jednak bezwzględnie potrzebne, a ponieważ stosowanie ich jest w każdym razie kosztowne, nadto niezawsze dostępne, przeto w dalszym ciągu podamy sposoby rozwiązania pierwszych dwóch kwestji, tak z użyciem tych przyrządów, jak też bez nich, co w niektórych wypadkach stanowi o charakterze samych badań i ich programie, zależnym oczywiście od posiadanych przyrządów. Tu należy nadmienić, że stosowanie dynamometru jest zwykle związane z użyciem specjalnego wagonu dynamometrycznego, który jednocześnie nadaje się do najdogodniejszej obserwacji innych zjawisk pracy parowozu, za pomocą różnych przyrządów, jak naprz. szybkościomierzy i innych, dających możliwość obserwowania w wagonie zjawisk, odbywających się na parowozie.

Badania indykatorowe i dynamometryczne nadają się do pomiarów wartości chwilowych, a więc do jazdy przy zmiennych warunkach, i wobec tego najczęściej są używane. Natomiast zagadnienie (3), dotyczące rozchodów wody (ewent. pary) i paliwa, jak już zaznaczyliśmy, wymaga dla dokładnego zbadania specjalnych metod jazdy, nie zawsze możliwych, przeto zmusza w zwykłych warunkach bądź do ograniczenia się do przeciętnych wyników, bądź do wzięcia wartości, bądź do niezbyt dokładnych danych, o charakterze nawpół doświadczalnym, nawpół teoretycznym. Uzyskanie zaś ścisłych wyników jest połączone z szeregiem dodatkowych, zawsze bardzo mozolnych, obserwacji i obliczeń. Główną cechą tych pomiarów stanowi konieczność różnorodnego kalibrowania przyrządów i obserwacji czasu działania odnośnych urządzeń lub trwania zjawisk, co wymaga, aczkolwiek zasadniczo prostych, ale uciążliwych i mimo to niezupełnie ścisłych manipulacji.

Zanim jednak przystąpimy do omówienia szczegółowego projektu urządzeń i organizacji badania powyższych zagadnień, musimy sobie przypomnieć ogólny związek, jaki istnieje pomiędzy wartościami poddawanymi badaniom, oraz wynikające stąd metody poszczególnych badań.

A. Siła pociągowa i opory.

Otóż przedewszystkiem należy zauważyć, że siła pociągowa i opór pociągu, mimo że są całkiem różnej natury, muszą być zawsze w odpowiednim stosunku do siebie,

a w ruchu jednostajnym, jak wiadomo, są sobie równe. Stąd wynika, że określenie wartości tych sił może być dokonane jednocześnie temi samymi metodami, więc i rozpatrywanie zagadnień siły pociągowej i oporów możemy prowadzić równolegle.

Przeciętna podczas jednego obrotu kół siła pociągowa, wyrównywająca wszystkie opory, zależy od stałych wymiarów silnika parowego i średniego ciśnienia w cylindrach p_i stosownie do wzoru:

$$F_i = p_i \left(\frac{m d^2 l}{2 D} \right),$$

gdzie

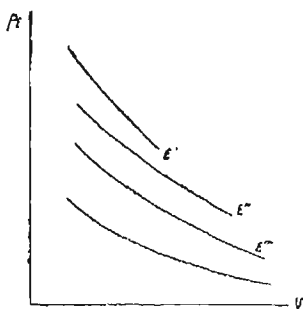
d — średnica cylindrów (dla ustroju sprzężonego — średnica cylindrów n. p., do których wówczas stosuje się wartość p_i);

l — suw tłoka;

D — średnica kół napędnych;

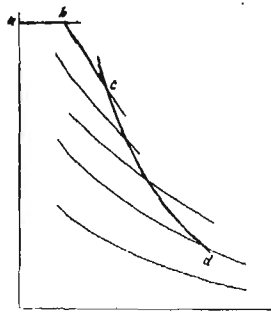
m — ilość cylindrów wysokoprężnych.

Ciśnienie p_i jest przede wszystkim zależne od następujących zmiennych: stopnia napełnienia cylindrów ϵ , prędkości ruchu parowozu V i początkowego ciśnienia w cylindrze p_k , które ze swej strony zależy od ciśnienia w kotle p_k i od stopnia otwarcia przepustnicy ω . Stąd wynika, że badanie F_i odpowiada badaniu wpływu wymienionych czynników na wartość p_i i może być wykonane bezpośrednio metodą zdjęć wykresów, za pomocą indykatora. Zestawiając wartości p_i , uzyskane drogą planimetrowania wykresów indykatorowych, ze wskazaniami wyżej wymienionymi czynnikami pracy cylindrów, możemy ustalić charakterystyki, w rodzaju uwidocznionych na rys. 1, dla danego stopnia otwarcia przepustnicy i danej, zwykle stałej, prędkości pary w kotle p_k , dających zasadnicze zależności $p_i = \varphi(\epsilon, \omega, V, p_k)$, oraz — pośrednio — wyczerpującą odpowiedź na pytanie, jaką jest siła pociągowa F_i .



Rys. 1.

Przykład charakterystyki siły pociągowej parowozu.



Rys. 2.

Granice siły pociągowe parowozu.

Niezależnie od określenia wartości bezwzględnej F_i , wykresy indykatorowe dają, jak wiadomo, cały szereg wskazówek dotyczących sprawności rozrządu pary i innych właściwości silnika, decydujących nie tylko o sile pociągowej i mocy parowozu, lecz, jak zobaczymy dalej, i o rozchodach pary — przeto indykowanie (wraz z notowaniem wartości ϵ, ω, V, p_k) stanowi zawsze jedną z najdonioślejszych metod badania parowozów. Ponieważ najważniejszą cechą praktyczną siły pociągowej stanowi jej możliwa wartość największa, przeto oprócz wskazanych zależności do charakterystyki siły pociągowej należą też jej granice (rys. 2), które, jak wiadomo, powstają:

- 1) z warunków przyczepności kół (linia ab);
- 2) z warunków stwarzanych przez urządzenie stawideł: największe ϵ ; (bc)
- 3) z warunków wydajności kotła (cd).

Odkładając wyznaczenie tej ostatniej granicy do dalszego ciągu niniejszego artykułu, gdy będą omawiane warunki pracy kotła, oraz nie potrzebując zatrzymywać się na wyznaczaniu granicy bc , wynikającej z urządzenia stawidła, wspomnimy tu tylko o sposobie określenia pierwszej granicy. Wprawdzie należy przyznać, że podany niżej sposób jest trudny do wykonania i wobec tego niezupełnie ścisły, ale innego narazie nie posiadamy. Otóż należy zbierać wykresy indykatorowe, zdjęte specjalnie podczas ślizgania się kół, na przykład przy ruszaniu z miejsca. Odnajdując najmniejsze wartości F_i , przy których zachodziło ślizganie kół (oczywiście przy odpowiednim stanie szyn, na który należy zawsze zwrócić uwagę), możemy mieć pojęcie o poszukiwanej granicy, i do pewnego stopnia

również pojęcie o współczynniku przyczepności, wynikającym z równania $\max F_i < \varphi_i \Sigma P$:

$$\text{skąd } \varphi_i > \frac{\max F_i}{\Sigma P}$$

Należy tu zaznaczyć, że aczkolwiek w ten sposób, przy pewnej wprawie, może być dość dobrze wyznaczona granica $\max F_i$, to jednak wartość φ_i pozostaje zupełnie względna, i w każdym razie nie odpowiada rzeczywistej przyczepności φ_* , której stosunek do F_i jest bardziej złożony i nie nadaje się do bezpośredniego określenia, jak to wynika z następujących zależności. Oznaczmy przez φ_* współczynnik tarcia między szyną a kołem; wówczas w każdej chwili ruchu

$$\varphi_* (\Sigma P + \Delta P) \geq F_i - W_m, \text{ skąd } \varphi_* \geq \max \left(\frac{F_i - W_m}{\Sigma P + \Delta P} \right).$$

W_m oznacza tu opór mechanizmu, to zn. wszystkie tarcia przy przenoszeniu siły F_i z cylindrów na obwód kół, ΔP dodatkowy nacisk kół na szynę wskutek działania pary w cylindrach. Siły $F_i, W_m, \Delta P$ w poszczególnych chwilach obrotu kół zmieniają się, więc $\varphi_* \geq \max \Phi(\alpha)$ i prawdziwa przyczepność, miarodajna dla określenia największej siły pociągowej, jest:

$$\varphi_* = \varphi_* \frac{\max \Phi(\alpha)}{\max \Phi(\alpha)}$$

Ponieważ nie mamy sposobów na określenie doświadczalne W_m dla każdego α , mimo że możemy wyznaczyć drogą badań F_i i ΔP , przeto nie możemy określić φ_* , chociażby było znane φ_* z jakiegokolwiek badania laboratoryjnego; φ_* zatem może być określone tylko drogą rachunkową, — więc niepewną, z czego wynika, że najlepiej poprzestać na powyżej wskazanym φ_i albo na również warunkowo wyznaczonym $\varphi_* = \eta \varphi_i$ w zależności od wartości współczynnika η sprawności mechanicznej przenoszenia siły F_i na obwód kół. Dla całkowitego scharakteryzowania siły pociągowej, nie dość samego tylko wyznaczenia F_i . Ze względów czysto trakcyjnych, za bardziej miarodajną niż F_i uznaje się naogół wartość tej siły, mniej całkowity opór mechanizmu W_m , czyli $F_* = F_i - W_m$; uznaje się to nie tylko dlatego, że F_* jest rzeczywistą siłą, działającą na obwodzie kół i odpowiadającą przyczepności tychże, lecz również dlatego, że stanowi ona racjonalniejszą charakterystykę do oceny eksploatacyjnej parowozu, niż wnioski oparte na sile F_i . Tak więc naprzykład: rozchód wody lub paliwa na 1 KM $\left(\frac{D}{N_i} \text{ albo } \frac{B}{N_i} \right)$, zmniejszający

się ze wzrostem N_i , daje inylne pojęcie o sprawności parowozu przy nadmiarze zachodzących w nim samym strat mechanicznych, — więc z dwóch parowozów, ocenianych na podstawie rozchodu na 1 KM, może okazać się w rzeczywistości innej wartościowym mający mniejszy rozchód na 1 KM, gdy przeliczymy ten rozchód na konia rzeczywistego N_* . Drugą, poważną przyczyną opierania się na sile F_* , lub bliskiej jej, jest to, że siła ta daje również podstawy do określenia oporu parowozu jako wozu, gdyż tylko na niej się opierając uzyskujemy możliwość wyeliminowania wpływu zmiennych czynników oporu mechanizmów lokomotywy. Należy, siły F_* , odpowiadającej w silnikach stałym sile na obwodzie, mierzonej zapomocą hamulca Prony'ego, w normalnych warunkach pracy parowozu nie daje się bezpośrednio zmierzyć. Ponieważ natomiast może być łatwo zmierzona siła na haku tendra F_a zapomocą dynamometru, przeto niektórzy uważają, że siła F_a , która oczywiście jest mniejsza niż F_i o wartość całkowitego oporu W_* , może stanowić jeszcze lepszą podstawę do oceny eksploatacyjnej niż F_* , gdyż F_a daje tę wartość siły, która, może być rzeczywiście wyzyskana użytecznie w eksploatacji

i stosunek $\frac{F_a}{F_i}$ odpowiada prawdziwemu współczynnikowi sprawności mechanicznej. Jest to jednak niezupełnie słuszne, gdyż, jak uwidoczni wzór: $\frac{F_a}{F_i} = \frac{F_i - (W_* \pm i)(L + T)}{F_i}$, jest

ów współczynnik zależny nie tylko od wspomnianego oporu parowozu W_* , lecz również od profilu i od wagi tendra T a więc jest zmienny, i przeto nie może stanowić ściślejszej, a tembardziej dogodniej charakterystyki parowozu; w lepszym wypadku stosunek $\frac{F_a}{F_i}$ ujawnia tylko eksploatacyjną przydatność da-

nego parowozu w pewnych warunkach eksploatacji, na tym lub innym szlaku, w warunkach więc niezależnych od typu parowozu.

Z tego punktu widzenia, aczkolwiek, jak zobaczymy dalej, mierzenie F_a ma znaczenie praktyczne, należy jednak dążyć chociażby do przybliżonego określenia F_a . W tym celu wprowadza się różne mniej lub więcej trafne założenia, skąd powstaje pewna niejednostajność oceny przez różnych autorów, utrudniająca porównanie wyników ich doświadczeń.

Dla wyboru najważniejszego sposobu wyznaczenia F_a , rozważymy wszystkie składowe części oporu parowozu.

Do pierwszej grupy zaliczamy opory tarcia mechanizmu maszyny parowej, mianowicie:

- Tarcie pierścieni tłokowych w cylindrze,
- „ tłoczyska w dławnicach,
- „ krzyżulca o prowadnice,
- „ wszystkich czopów korbowodów i mechanizmu stawidłowego,
- „ w dławnicach suwakowych,
- „ pierścieni, względnie lustra suwakowego.

Każdy z wyliczonych tu czynników tarcia zależy niezależnie od natężenia pracy parowozu; czy to będzie tarcie w dławnicach i tarcie pierścieni tłokowych oraz suwakowych, które jest prawie stałe i tylko nieznacznie się wzmacza pod wpływem ciśnienia w cylindrze, względnie w skrzyni suwakowej, czy też tarcie czopów korbowodów, na które bezpośrednio wpływa ciśnienie pary w cylindrze, — naogół można uważać, że wartość całkowitego oporu tarcia $\Sigma\mu$, aczkolwiek nie jest ściśle proporcjonalną, to jednak jest w zależności od ciśnienia pary w cylindrze, a więc jest nie tylko wielkością zmienną, ale zależną od p_k, ϵ, ω, V , czyli od sposobów jazdy i od charakteru eksploatacji. Jest więc ona naogół wartością zbyt indywidualną i stąd właśnie wynika konieczność odliczenia tej wartości od ogólnego oporu parowozu, co można wykonać równoległe z badaniem F_i .

Dalszą grupę oporów stanowią opory tych części mechanizmu, które mogą być rozpatrywane jako elementy wozu:

1) opór czopów wiązardowych podczas luźnego biegu μ_0 — opór to naogół nieznaczny, jednak mogący nieco się wzmaczać z powodu różnicy (wprawdzie zawsze nieznacznej) średnic kół związanych; naogół μ_0 jest prawie stałe, może jedynie nieco zależeć od V , założmy więc $\mu_0 = \varphi_1(V)$.

2) dodatkowy opór tychże czopów przy działaniu pary μ_{II} oczywiście zmienny, w zależności od p_i , więc:

$$\mu_{II} = \varphi_1(\epsilon, \omega, V, p_i).$$

3) opór czopów osiowych, zależny przeważnie od nacisku pionowego powodowanego przez wagę parowozu. Wartość jego $\mu_2 = wL'$ jest analogiczna do oporu wagonów $w_q Q$ i stanowi część oporu parowozu jako wozu;

4) dodatkowy opór tych samych czopów, tak pionowy, jak poziomy, powstający skutkiem działania mechanizmu maszyny parowej; opór ten jest więc zmienny, może być jednak uważany również za proporcjonalny do L' , gdyż ogólne wymiary mechanizmu zwykle pozostają w zależności od siły napędnej, więc $\mu_{II} = \Delta wL'$.

Do trzeciej grupy zaliczamy opory właściwych części wozu:

- 1) opór czopów osi tocznych parowozu. . . $w_1 \Sigma P$
- 2) „ „ „ tendra $w_{II} T$
- 3) „ czółowy powietrza $\alpha \Omega V^2$

Sumując wszystkie te opory, mamy:

$$W_I = w_1(L+T) = (\Sigma\mu + \mu_{II} + \Delta wL') + (wL' + \mu_0) + (w_1 \Sigma P + w_{II} T + \alpha \Omega V^2).$$

Całkowity opór parowozu W_I określamy, jak już wspominaliśmy, ściśle na podstawie różnicy $F_i - F_a$.

Również ściśle mogą być określone razem 5 pierwszych składników oporu mechanizmu przy badaniu na stanowisku, gdyż wtedy $w_1 \Sigma P + w_{II} T + \alpha \Omega V^2 = 0$, siła zaś na haku F_a jest zastąpiona siłą $F_a' = F_a$ i różnica $F_i - F_a = \Sigma\mu + \mu_{II} + \Delta wL' + wL' + \mu_0$.

Na razie nam jednak przeważnie chodzi o badanie na szlakach. Tu możemy określić tylko pierwsze trzy składniki: $\Sigma\mu + \mu_{II} + \Delta wL$, uruchamiając parowóz po zdjęciu mechanizmu z wyjątkiem wiązardów, co się robi dla uniknięcia złych następstw ruchu bez wiązardów i wobec małego wogóle μ_0 . Stąd wynikałoby, że opór $wL' + \mu_0$ należy zaliczyć do oporów wozu.

Której z tych dwóch metod należy oddać słusność? Pierwsza jest może racjonalniejszą, gdyż daje istotną siłę F_a , jednak z powodów natury praktycznej (istnieje bowiem na świecie tylko 5 stanowisk), nie możemy jej stosować, lecz zaliczając opór $wL' + \mu_0$ do oporu wozu, musimy poprzestać zamiast na sile F_a , — na zbliżonej do niej sile $F_k = F_a + wL' + \mu_0$. Siłę tę, jako dającą charakterystykę eksploatacyjną, nazwiemy siłą pociągową handlową. Stanowi ona oczywiście wartość względną, ma jednak to znaczenie fizyczne, że odpowiada ściśle oporowi wozu parowozu i może być zawsze ściśle wyznaczona doświadczalnie; ujemną stroną takiego założenia jest to, że siła F_k nie odpowiada prawdziwej przyczepności kół, lecz nie stanowi to, jak widzieliśmy wyżej, tak wielkiej wady, gdyż samą przyczepność musimy uznać za wartość względną, nie dającą się zmierzyć bezpośrednio.

Co się tyczy bliższego określenia oporów, musimy zaznaczyć, że naogół opór pociągu zależy, jak wiadomo, od bardzo znacznej ilości zmiennych i wobec tego nie może być określony jakimś stałym wzorem, lecz powinien być za każdym razem badany doświadczalnie. Nie ulega wątpliwości tylko zależność oporu od prędkości ruchu, składu pociągu, pochyłości toru, oraz krzywizny łuków — czynników powiększających opór. Nadto opór zależy od ustroju jednostek taboru, oraz od stopnia ich załadowania, co się ujawnia w postaci różnicy oporów na jednostkę wagi taboru załadowanego i próżnego, oraz wagonów i parowozów różnych typów. Pomiedzy wskazanymi czynnikami, tylko profil toru, mierzony wartością $i\%$ wzniesienia, daje ściśle określony opór, wyrażający się $i kg$ na tonnę wagi składu pociągu, pozatem wszystkie inne składniki oporu są niepewne, każdy z osobna, i mogą być ujęte doświadczalnie tylko sumarycznie.

Stosownie do tego, opór W pewnego składu pociągu możemy praktycznie wyrazić za pomocą wzoru:

$$W = w_1 L + w_q Q + (\pm i + k)(L + Q),$$

w którym oznaczamy przez L, Q , wagę parowozu i wagonów w t, w_i, w_q odnośny opór jednej tonny na poziomie i na prostej, $\pm i$ — wzniesienie, k — opór odpowiadający wpływowi łuków, wyrażony w postaci równoważnego oporu wzniesienia $k\%$.

Tu niewiadomymi są w_i, w_q i k .

Pomijając tymczasem opór k , który może być wyliczony z różnicy oporów na prostych i krzywych dopiero po znalezieniu w_i i w_q , te ostatnie uważamy za wartości zależne przeważnie od szybkości, co możemy wyrazić zapomocą równania $w = a + bV + cV^2$, w którym a, b, c — stanowią współczynniki stałe dla danego typu taboru i stanu jego załadowania, ujmujące naogół wszystkie wpływy, nie dające się ściśle ocenić, w tej liczbie i opór powietrza. Wyznaczenie a, b, c nie należy do zakresu badań, lecz tylko do późniejszego opracowania i zestawienia danych obserwacji, czego tu narazie poruszać nie będziemy, doświadczenie zaś daje tylko wartości w dla szeregu V .

Z powyższego wzoru widzimy, że rozróżniamy opór całkowity W , pociągu, oraz osobno opór wagonów i opór parowozu.

Stosownie do tego, musimy (w ruchu jednostajnym) również rozróżnić: 1) całkowitą siłę pociągową parowozu pokonywającą wszystkie opory, a więc parowozu i wagonów razem, siłę F_i , nazywaną i ndykowaną, gdyż jest bezpośrednio mierzona i ndykato rem; 2) siłę odpowiadającą tylko oporowi wagonów, więc siłę realizowaną na haku tendra, inaczej nazywaną siłą dynamometryczną F_a , również mierzona bezpośrednio dynamometrem. 3) Oczywiście różnica $F_i - F_a$ powinna odpowiadać oporowi parowozu; ponieważ jednak opór ten zwykłym dzielić na dwa główne składniki, mianowicie na opór wozu, który, chociaż inny liczbowo, z natury swojej odpowiada analogicznemu oporowi wagonów, oraz na opór mechanizmu, mający zasadniczo odmienny charakter, jako zależny od działania mechanizmu, przeto możemy sobie wystawić pomiędzy F_i a F_a siłę pośrednią F_e , odpowiadającą sile F_i , po odliczeniu od niej owego oporu mechanizmu. Wówczas będziemy mieli siłę oporu całego pociągu, lecz z uwzględnieniem oporu parowozu tylko jako wozu. Wielu autorów uważa, że właśnie ta siła jest siłą rzeczywistą, działającą na obwodzie kół, a więc odpowiadającą ich przyczepności i uruchamiającą pociąg. (d. c. n.).

PRZEGLĄD PISM TECHNICZNYCH.

METALURGIA.

Lekkie metale w budowie maszyn, w szczególności w ustrojach lotniczych. ¹⁾

(Dokończenie do str. 521 w № 46 r. b.)

Aludur.

Nowszym stopem, wytwarzanym obecnie i podobnym do duraluminum, jest aludur. Sposób jego termicznej obróbki uszlachetniającej jest chroniony patentem i różni się od obróbki duraluminum tem, że prowadzi się go w temperaturze 160° C.

Zauważono zresztą, że przebieg uszlachetniania się duraluminum także zależy od temperatury w której stop stygnie, i niska temperatura wstrzymuje ten przebieg (w płynnym powietrzu uszlachetniania nie zauważono).

Ulepszone właściwości aluduru, osiągaane przy 160° C, zanikają, gdy stop zostanie nagrany do 200° C.

Skleron, wytwarzany przez Metallbank & Metallurgische Gesellschaft, uzyskuje możność uszlachetniania przez domieszkę litu.

Stop ten zawiera nadto, jak i duralumin, domieszki miedzi, cynku i manganu. Pod niektórymi względami, skleron przewyższa właściwości duraluminu (wytrzym. 40 kg/mm², wydłuż. 20%).

Lautal. Stop ten udało się uszlachetnić domieszką miedzi i krzemu; co się tyczy obróbki termicznej, to szczegóły jej nie są jeszcze wiadome. Właściwości stopu są takie jak duraluminu, wzgl. skleronu (40 kg/mm² wytrzym. i 20% wydł.), zaś po obróbce na zimno przy 50 kg/mm² wytrzymałości, wydłużenie wynosi jeszcze 10—12%.

Nadto istnieje cały szereg innych stopów aluminium, które jednak ustępują opisanym wyżej, więc nie znajdują zastosowania w konstrukcjach odpowiedzialnych (lotnictwo). Według badań angielskich, domieszka niklu do stopów aluminowych jest b. korzystna. Nowy „stop Y” wytwarzany w Anglii, przewyższa duraluminum przy wysokich temperaturach i jest odporniejszy przeciw korozji.

Odlewy aluminowe są wykonywane ze stopów znormalizowanych; przytem niemieckie stopy zawierają 10% Zn i 2% Cu, zaś amerykańskie — 8% Cu. Dodawany jest nadto Mn i Ni oraz w niewielkich ilościach żelazo, które to metale zmniejszają skurcz odlewów. 6%-owy dodatek stopów Cu — Al zwiększa obrabialność odlewów aluminowych.

Silumin.

Najnowszym postępowaniem w tej dziedzinie jest silumin — stop Al z Si, który dotąd był uważany za domieszkę szkodliwą. Zalety jego są nast.: krzem jest lżejszy niż aluminium; odlew lepiej zapełnia formę; powstaje mniejszy skurcz (tylko 1%). Metal krzepnie tworząc gruboziarnistą budowę, skutkiem czego właściwości mechaniczne jego nie są wysokie. Usuwa to własnie patentowana metoda obróbki siluminu, mianowicie domieszka (przed topieniem) soli alkalicznych (1—2%). Wówczas wytwarza się eutektyka drobnoziarnista. Zjawisko to nie jest jeszcze wytłomaczone.

Właściwości mechaniczne siluminu (o budowie drobnoziarnistej) są stosunkowo b. wysokie (wytrzym. do 18 — 25 kg/mm², przy wydłużeniu 5—10%).

Magnezja.

Niemcy posiadają prawie niewyczerpane zapasy rud tego minerału. W czystym stanie nie nadaje się on do zastosowania, zaś z pośród stopów jego najbardziej znany jest elektron. Wytwarzanie tego stopu odbywa się według całego szeregu patentowanych sposobów. Ciężar gatunkowy jego wynosi, jak wiadomo 1, 73—1, 85. Wadą jego jest nieodporność na działanie kwasów. Inne własności jego ustępują powyższym stopom, ostatnio jednak udało się osiągnąć wytrzymałość do 22 kg/mm² i wydłużenie do 16,5%, więc właściwości przynajmniej dorównujące siluminowi.

Wyjaśnienie wielu niewytłomaczonych dotąd kwestji, dotyczących tworzenia się i uszlachetniania powyższych stopów, może spowodować nowe ważne zdobycze techniki w dziedzinie stosowania lekkich metali.

¹⁾ V, D, I, 1924, № 22.

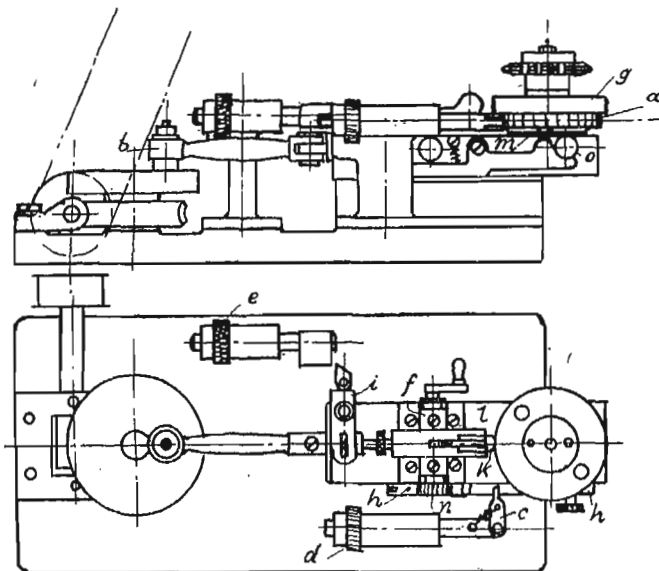
OBRÓBKA METALI.

Automatyczny przyrząd szlifierski do frezów tarczowych i walcowych.

Bardzo ważnym czynnikiem w prowadzeniu warsztatów jest odpowiednie utrzymanie narzędzi. Nawet najlepsze i najkosztowniejsze maszyny do narzędzi nie mogą spełnić przewidywań, jeżeli w zakładzie stosuje się narzędzia nie odpowiadające warunkom, które konstruktor założył przy projektowaniu maszyny. Jest rzeczą niemożliwą osiągnąć zapomocą tępego i nieokrągłego freza wysokiej wydajności i dobrze obrobionych powierzchni. Szlifowanie frezów na dotychczasowych szlifierkach wymaga bardzo zręcznego robotnika, jest kosztowne i mimo to posiada tę niedogodną właściwość, że istniejących błędów w podziałce nie można tą drogą usunąć.

Z rozpowszechnieniem zastosowania frezów, powstała konieczność wykonywania czystych i dokładnych ostrzy. Wskutek tego wiele przedsiębiorstw prowadziło doświadczenia nad rozwiązaniem tego zagadnienia. Udało się wprawdzie skonstruować odpowiednie maszyny, jednakże dosyć złożone i wskutek tego drogie. Nadto automaty szlifierskie nie uwzględniały obecności w warsztacie, innych szlifierek do narzędzi i wskutek tego każdy zakład, wymagający dokładnego ostrzenia frezów, musiałby zakupić całą tą drogą maszynę.

Niedawno zjawiły się dwa nowe przyrządy szlifierskie. Jeden z nich służy do ostrzenia wszelkiego rodzaju frezów tarczowych, drugi — do frezów walcowych i storcowych. Przyrządy te z łatwością można założyć na każdej szlifierce do narzędzi. Stępione lub wyszczerbione frezy należy zamocować na tym przyrządzie, a następnie operacje odbywają się zupełnie automatycznie.



Rys. 1. Przyrząd do szlifowania frezów tarczowych

Załączony rysunek wskazuje przyrząd do szlifowania frezów tarczowych. Działanie jego jest następujące. Po przykręceniu odpowiedniej tarczy podziałowej *a*, przymocowuje się frez do uchwyty *g*. Mimośród *b* nastawia się na najmniejszy skok, wynoszący 20 mm, sanki z zatraskiem *f* na zero i frez nastawia się wzależności od położenia tarczy szlifierskiej. Następnie nastawia się wrzeciono konika zapomocą nakrętki nastawczej *e*, a dźwignię podziałową *c*, zapomocą kółka zapadkowego *d*, w ten sposób, że dźwignia *i* podczas powrotnego skoku sanki *l* wyłącza kołek zatraskowy *k*, a zapadka podziałowa *c* obraca tarczę podziałową o jeden ząb.

Na sankach *l* znajdują się sanki zatraskowe, tarcza podziałowa i tarcza uchwytywa z frezem. Gdy sanki biegną naprzód, kołek zatraskowy *k* rygluje tarczę podziałową i sanki *l* przysuwają się do tarczy szlifierskiej. Po dokonaniu jednego biegu szlifierskiego, t. zn. po jednym obrocie tarczy podziałowej z frezem, ksiuk *m*, znajdujący się od spodu tarczy podziałowej, pociąga za sobą ramię *h*, które pokręca kółka zapadkowe *d* i *n* o jeden ząb, wskutek czego kołek zatraskowy *k*, zapadka

podziałowa c i tarcza podziałowa a otrzymują posuw $0,5\text{ mm}$ względem tarczy szlifierskiej. Aparat pracuje samoczynnie. Dla ostatecznego szlifowania wyłącza się zapomocą mimośrod o dźwignię h i ostatecznie szlifowanie odbywa się dwa lub trzy razy bez każdorazowego posuwu, wynoszącego $0,5\text{ mm}$.

Tym przyrządem pomocniczym można każdą szlifierkę narzędziową zamienić na automat, robotnik może obsługiwać kilka maszyn, więc odpada wiele roboty ręcznej, wskutek czego zaoszczędza się dużo czasu.

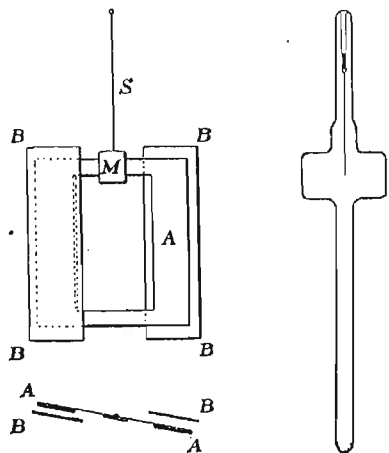
Z tych powodów przyrząd taki w krótkim czasie zwraca koszt instalacji.

K. R.

FIZYKA.

Pomiary niezwykle niskich prędkości ¹⁾.

Omawiając własności rozrzedzonych do najniższych prędkości gazów, prof. E. Rutherford zatrzymuje się na metodach pomiarów tych bardzo niskich ciśnień.



Rys. 1 i 2.

A, A — płytki obracalne, zawieszane na nici kwarcowej.

B, B — płytki zamocowane, nagrzewane.

Do zwykłych pomiarów doświadczalnych, gdzie nie jest potrzebna większa dokładność jak do 1%, używa się znanego przyrządu MacLeod'a (1874). Metoda pomiaru polega na tem, że gaz, którego prędkość ma być mierzona, włącza się z dużego zbiornika, o wiadomej pojemności, do rurki włoskowatej. W ten sposób prędkość gazu może być powiększona do 10 000 razy. Jakkolwiek sposób ten nie jest zbyt dokładny, to jednak może być używany do pomiarów dość ścisłych przy

prędkościach od $\frac{1}{500}$ do 10^{-6} kg/cm^2 , a nawet przy niektórych gazach można

otrzymać dokładność do 1% przy prędkości 10^{-8} at .

Do pomiarów najniższych możliwych prędkości używa się przyrządów opartych na zasadzie radjometru Crookes'a, wynalezionego ok. 50 lat temu.

Teorię ruchu skrzydełek radjometru opracowali Schuster, Maxwell i Osborne Reynolds. Wykazali oni, że ruch ten powodują cząsteczki powietrza rozrzedzonego i objaśnili zjawisko, że w niektórych wypadkach skrzydełka obracają się ku światłu, zaś w innych — od światła.

W ciągu jednak ostatnich 10 lat zagadnienie to zostało ujęte ilościowo i opracowane przez prof. Knudsen'a z Kopenhagi, co dało możliwość zastosowania przyrządu o podobnej postaci do pomiarów stopnia rozrzedzenia.

Prof. Knudsen obliczył siłę odpychania, powstającą pomiędzy płytką gorącą a chłodną, które są umieszczone w naczyniu z rozrzedzonym powietrzem, a następnie sprawdził swe obliczenia doświadczalnie. Przyrząd prof. Knudsen'a składa się z dwóch płytek takich, z których jedna jest nagrzana; odległość pomiędzy płytkami wynosi parę milimetrów, zaś swobodny tor drobin przy silnem rozrzedzeniu powietrza osiąga wartość ok. 10 cm lub więcej. Rozchylenie się płytek zachodzi w stosunku prostym do rozrzedzenia i powstaje skutkiem tego, że uderzenia drobin, lecących od gorącej płytki w kierunku zimnej, są silniejsze niż uderzenia drobin po drugiej stronie tej ostatniej płytki. Prawo proporcjonalności rozchylenia do rozrzedzenia pozostaje w mocy do 10^{-5} mm rozprężenia. Rys. 1 objaśnia budowę opisanego przyrządu.

Odchylenia płytek obracalnych (właściwie ramki) są mierzone zapomocą promieni światła, odbitych od lusterka M .

Obliczenia teoretyczne prof. Knudsen'a wykazały, że siła odpychająca R na 1 cm^2 płytki wyraża się wzorem:

$$R = \frac{p}{2} \sqrt{\frac{T_1}{T_2} - 1},$$

gdzie p jest prędkością rozrzedzonego gazu zaś T_1 i T_2 oznaczają temperatury gorącej, wzgl. zimnej płytki.

Inna metoda pomiaru rozrzedzenia jest oparta na tarcu gazu. Jak wiadomo, przy poruszaniu dwóch płytek, rozdzielonych warstwą cieczy powstaje opór proporcjonalny do lepkości cieczy i prędkości ruchu, zaś odwrotnie proporcjonalny do odległości pomiędzy obu płytkami. Opór ten nie zależy od prędkości, jak to przewidział teoretycznie Maxwell, a później potwierdziły doświadczenia.

Jest tak jednak tylko do pewnych granic, mianowicie do prędkości 1 mm s. r. t. bowiem przy dalszem rozprężaniu swobodny tor drobin staje się tak dużym w stosunku do odległości pomiędzy powierzchniami płytek, że ilość wzajemnych zderzeń drobin staje się małą w porównaniu z ilością uderzeń o płytki.

Prawo tarcia pomiędzy ciałem stałym a cieczą zmienia się więc całkowicie.

Na tem właśnie jest oparty przyrząd, pokazany na rys. 2, składający się z kawałeczka żelaza, zawieszzonego na nici kwarcowej. Gdy go zapomocą magnesu odchylimy, a następnie usuniemy magnes, nie z ciężarkiem zaczyna się walać. Obóz spółczynnik zagasania drgań tego urządzenia staje się miarą rozrzedzenia powietrza w rurce. Przy mniejszym jednak stopniu rozprężenia, zagasanie drgań jest niezależne od prędkości.

Trzecią wreszcie metodą jest t. zw. metoda Pirani'ego, oparta na mierzeniu ilości ciepła, pochłanianego od rozgrzanego drutu przez drobiny otaczającego go gazu rozrzedzonego. Przyrząd jest wykonany w ten sposób, że nie, zarząca się jak w żarówce, tworzy jedną z gałęzi mostku Wheatstona.

Opór jej, proporcjonalny do temperatury, zależy od intensywności ochładzania nici przez uderzające o nią drobiny gazu, zaś przewodność gazu, niezależna w zwykłych warunkach od prędkości, przy daleko posuniętem rozrzedzeniu — zmienia się w miarę wzrostu rozrzedzenia. Stąd możność wyzyskania tej właściwości do pomiarów niskich prędkości. Ponieważ drut jest rozgrzany, więc drobiny odskakują od niego z prędkością większą niż ta, z którą o niego uderzają, dlatego więc zachodzi wymiana energii pomiędzy drutem a gazem, i szybkość tej wymiany jest proporcjonalna do ilości drobin, uderzających o drucik. Jak zauważa prof. Rutherford, powstaje zagadnienie, czy istotnie drobiny przybierają temperaturę rozgrzanej nici przed odbiciem się od niej. Gdyby powierzchnia tej nici była nieskończenie chropowata, byłoby tak rzeczywiście, gdyż drobiny musiałyby kilkakrotnie odbić się, wpięrow nim odbiegną od drutu. W istocie jednak doświadczenie wykazuje, że prędkość odbitych drobin jest mniejsza niż ta, którą odpowiadała temperaturze drutu.

Z innych tego rodzaju przyrządów, wymienia autor przyrząd Dushman'a z General Electric Company, który jest zbudowany w sposób nast. Pod kloszem mieszczą się 2 równoległe płytki poziome, — jedna obracana przez motorek, druga — zawieszona na nici. Obracanie dolnej płytki pociąga za sobą pokręcanie się górnej, której nie jest zaopatrzona w lusterko. Obrót płytki zawieszonej, wywołany uderzaniem drobin gazu, jest proporcjonalny do prędkości obracania dolnej płytki, ilości drobin gazu (wzgl. prędkości) i pierwiastka drugiej potęgi z M/T , gdzie M — oznacza masę atomu gazu, zaś T — temperaturę bezwzględną. Przyrząd ten daje dokładne pomiary do prędkości 10^{-5} mm , przy niższych zaś prędkościach dokładność jest mniejsza, z powodu drgań przyrządu, które nie są tłumione.

Wreszcie prędkość może być mierzona zapomocą lampy katodowej. Elektrony wyrzucane przez katodę na siatkę, uderzają o drobiny gazu wewnątrz lampy, powodując tworzenie się dodatkich jonów. Stosunek ilości tych ostatnich do ilości drobin gazu, zawartych w lampie, wskazuje stopień rozprężenia.

BIBLIOGRAFJA.

Henryk Teodorowicz. Inż.-technolog. Parowóz. Podręcznik dla drużyn parowozowych, szkół kolejowych, techników i majstrów warsztatowych. Stronic 280, z 278 rysunkami, 25 tablicami i 105 wzorami w tekście. Poznań, 1924. Nakładem autora.

W rozdziale I (str. 5 — 33) autor podaje ogólne pojęcia z chemji, fizyki i mechaniki.

Rozdział II (str. 33 — 48) jest poświęcony badaniu oporu pociągu.

¹⁾ *Engineering*, 28 marca i 4 kwietnia 1924.

Rozdział III (str. 48—228)—konstrukcji parowozów. Rozdział IV (str. 228—241) konstrukcji tendra i hamulca tendrowego. Rozdział V (str. 241—266) teorii i konstrukcji parowozów sprzężonych. Rozdział VI (str. 266—280) teorii i konstrukcji parowozów na parę przegrzaną.

Podręcznik obfituje w tak liczne błędy, że nie sposób je wyliczyć w krótkim sprawozdaniu. Przytoczymy tu tylko te, które najlepiej charakteryzują wartość dzieła inż. Teodorowicza. A więc w rozdziale I na str. 19 autor twierdzi: „Jeżeli pod kloszem szklanym, na nitczkach cienkich jedwabnych zawiesimy kilka kulek lekkich i z pod klosza wypompujemy powietrze, to kulki ze sobą się zetkną. Jest to wynikiem wzajemnego przyciągania się”. Na str. 24 autor na rys. 8 podaje idealną linię rozprężania pary, jako prostą.

W rozdziale III, na str. 61, jest powiedziane, że „szprychy są w przekroju prostokątne, rzadziej ze skróglonymi brzegami”, a na str. 62 — że przy nasadzeniu obręczy na koło „obwód nagrzewa się w odpowiednim urządzeniu ognisku do koloru ciemno-czerwonego.”

Na str. 77, autor wylicza na przykładzie parowozu G_8^1 naprężenie w szynie, powstające przy przechodzeniu tego parowozu przez łuk. Pomijając nieścisłość naukową wyliczenia parcia bocznego na szynie, protestujemy przeciwko okropnemu błędowi, którego się dopuścił autor, podając to naprężenie, jako iloraz siły parcia i pola przekroju szyny w cm^2 .

Na str. 82 autor twierdzi, że: „Ponieważ wózek podiera przód parowozu pod dynnicą, więc tak zwane cwałowanie parowozu jest wykluczone”.

Na str. 83, autor, opisując wózek Kraussa, mówi: „Ciśnienie na szynę zewnętrzną dzieli się między osłą toczną i pierwszą napędną i dla tego jest mniejsze niż w wózkach dwuosiowych.

Co może dać czytelnikowi taki niezrozumiały ustęp (str. 84): „W bardzo ciężkich parowozach tendrowych, opartych na 5 osiach, czasami stosują wózki zwrotne dwuosiowe w tylnej części parowozu, przy czym koła wózka są też związane z kołami stałymi za pomocą szóstej osi ślepej”.

Na str. 89, znajdujemy oryginalne tłumaczenie dlaczego kocioł przed płókanem musi być ostudzony: „Ponieważ żelazo posiada własność przy bystrem ochładzaniu się, hartować się, t. j. staje się wlecej kruchem, więc utrzymanie żelaznych palenisk jest trudniejszym, co najwięcej daje się odczuć przy wymywaniu kotłowi. Kocioł z żelaznym paleniskiem przed wymywaniem, musi być zupełnie ochłodzony”.

Na str. 116, autor twierdzi, wbrew ogólnie znanej teorii, że wznieślenie środka ciężkości kotła powiększa niespokojny bieg parowozu.

Na str. 159, autor dosłownie podaje: „Przez kurek otwarty wylała woda zmieszana z parą i na oko nie daje się odróżnić, czy posiadamy jej dostateczny zapas w kotle. Zwykle maszynista podstawia rękę i jeżeli na niej pozostają krople wody, to jest wskazówką, że i t.d.

Na str. 167, znajdujemy zdanie: „Jeżeli opór pociągu bardzo zmniejszy się, to lepiej regulator przykryć, gdyż wówczas para rozpuści się w przepustnicy i cieklik zwolniony w kotle pozostanie”.

Na str. 205, autor radzi przy konieczności jazdy jedną stroną, ustawić i zamocować suwak w położeniu środkowym. Jest to rada, której zastosowanie winno być przeplasmil najsurowiej wzbronione, jako prowadzące często do bardzo smutnych następstw, szczególnie przy suwakach tłokowych.

Wyjaśniając korzyści zastosowania układu sprzężonego, autor podaje: „Ponieważ różnica ciśnienia na obydwie strony tłoków jest mniejsza, więc czopy korbowe i osiowe mniej są naciśnięte”.

Przytoczonych przykładów wystarczy, aby dać pojęcie o naukowym poziomie książki. Kilkunastu kartek o parowozie na parę przegrzaną nie wystarczy, aby książka mogła pretendować do miana podręcznika dla drużyn parowozowych i majstrów warsztatowych, mających do czynienia z nowoczesnymi skomplikowanymi parowozami. W dziełku tem niema ani słowa o takich urządzeniach, jak przepustnica Szmidt-Wagnera, drzwiczki Marcottiego, kłapy napowietrzające, by-pass'y, podgrzewacze wody, nowoczesne suwaki cylindryczne i inne urządzenia nowsze, w które są zaopatrzone nasze lokomotywy.

Podręcznik p. Teodorowicza jest napisany fatalną polszczyzną: „parowóz przewala się i powraca się (str. 65 i 75), „szczepienie kół z szynami”, „bystro” zamiast prędko, (str. 241) „pojazdka”, „przepustnictwo ciepła”, „wjada się”, (str. 96), „lanie luka” (str. 99) zam. nieszczelność włazu, „okwaszanie metali” (str. 107), „wypracowane obręcze”, zamiast wytarte (str. 219), „zwłierzch walczaka”, zamiast nad walczakiem, (str. 269) i bardzo wiele innych. Budowa zdań bardzo często przypomina dosłowne tłumaczenie z rosyjskiego lub niemieckiego.

Pomijając błędy, całość podręcznika jest utrzymana na poziomie wiedzy z lat 1900—1905, kiedy kwestja korzyści zastosowania pary przegrzanej do parowozów nie była jeszcze ostatecznie zdecydowana, a to z braku szczelnego suwaka cylindrycznego.

Na str. 278, autor do tego się przyznaje, mówiąc: „Zakończając rozdział o parowozach, pracujących parą przegrzaną, zaznaczyć musimy, że dotychczas nie posiadamy doświadczeń porównawczych, które dałyby możliwość stanowczo zaopiniować o korzyści ich zastosowania”.

Brakiem wiary autora w zwycięstwo pary przegrzanej tłumaczy się, że praca jego jest poświęcona parowozowi przestarzałemu, nowoczesnemu zaś parowozowi jest poświęcone zaledwie kilkanaście kartek, do tego pobieżnie potraktowanych.

Podręcznik inż. Teodorowicza nie zasługuje na rozpowszechnienie.
M. Odlanicki-Poczobut, inż.

Ze Stowarzyszeń Technicznych.

WARSZAWA.

Stowarzyszenie Techników. *Posiedzenie techn. z d. 10/X 1924.*

W piątek dn. 10 paźdz. r. b. odbyło się drugie powakacyjne zebranie techniczne, które z okazji ówczesnego „Tygodnika Lotniczego” poświęcono zagadnieniom techniki lotniczej. Odczyt wygłosił ppłk. inż. Z. Zych-Płodowski na temat

„O naukowych podstawach techniki lotniczej”.

Prelegent przedstawił obecne metody obliczeń płatowców, omówione już w naszym piśmie¹⁾, oraz sposoby i urządzenia do badań ustrojów lotniczych, pod względem aerodynamicznym i wytrzymałościowym.

Gdy przed 20-tu laty kierowano się, budując płatowce, raczej intuicją lub „czuciem konstruktorskim” i posługiwano się niesprawdzonymi wzorami do obliczeń, dziś technika budowy płatowca opiera się na ścisłych danych naukowych, wynikających z teorii i badań, dających wartości rozm. współczynników, niezbędnych do obliczeń.

Taka zmiana stała się możliwą tylko dzięki postępowi wiedzy technicznej, które osiągnięto drogą prac szeregu wybitnych uczonych i badaczy. — Prace badawcze, zapoczątkowane przez Eiffla w Paryżu i prowadzone obecnie na szeroką skalę w szeregu krajów Europy i w St. Zjednocz., w laboratorjach aerodynamicznych, mają ogromne znaczenie dla rozwoju lotnictwa, to też jaknajprędzej zdobyć się winniśmy na zbudowanie w Polsce Instytutu Aerodynamicznego, zakrojonego na szerszą skalę. Inaczej nie będziemy mogli samodzielnie pracować nad rozwojem naszego lotnictwa.

Opisując urządzenia laboratorjów aerodynamicznych, badających modele płatowców, prelegent zaznajomił zebranych z tunelami, istniejącymi w większych zakładach badawczych. Tunele mają do 3 m średnicy, prędkość przepływającego powietrza sięga 300 km/godz., w Ameryce istnieje nawet laboratorjum, gdzie prędkość przepływu w tunelu wynosi 700 km/godz., przy średnicy rury 36 cm.

Laboratorjum aerodynamiczne Politechniki Warsz. posiada tunel o średnicy 1 m i prędkości powietrza do 200 km/godz.

Nowoczesne laboratorja posiadają urządzenia do fotografowania układu strug powietrza, opływającego profil płata, i zdjęcia takie dają bardzo cenne wyniki. Dla możliwości przenoszenia wyników badań zmniejszonych modeli na płatowce rzeczywiste, stosowane są obecnie tunele, w których przepływający gaz jest bardzo silnie sprężony (do 30 at)

W końcu zatrzymał się prelegent na badaniach materiałów lotniczych, w szczególności na nowych metodach badania wytrzymałości drzewa i jego odporności na uderzenia, oraz na badaniach płatowców zapomocą obciążenia ich płatów (płaskiem), które są wykonywane w wytwórniach lotniczych (również, oczywiście, w Polsce).

Posiedzenie techniczne z dn. 17 października r. b.

17-go października wygłosił odczyt kol. M. Chorzewski p. t.:

„Sprawozdanie z wycieczki dziennikarzy polskich do Rumunii”

i zapoznał zebranych ze stanem tamtejszego przemysłu, zasobami bogactw naturalnych, ich stanem wyzyskania, portami na morzu Czarnem, mającemi ważne dla Polski znaczenie, wreszcie dał ogólną charakterystykę tego bliskiego, lecz zbyt mało u nas jeszcze znanego kraju.

KRONIKA.

ZJAZD W SPRAWACH NAUKOWEJ ORGANIZACJI PRACY.

W dn. 6 — 8 grudnia r. b. odbędzie się I-szy polski Zjazd Naukowej Organizacji Pracy, który obejmie wszystkie utworzone dotychczas Koła Inżynierów Organizacji przy naszych Stowarzyszeniach Technicznych.

Szczegóły co do programu Zjazdu podamy w nast. zeszytcie.

¹⁾ Por. P. T., 1923, str. 508—511.