

PRZEGLĄD TECHNICZNY

CZASOPISMO POŚWIĘCONE SPRAWOM TECHNIKI I PRZEMYSŁU

Nr. 22

WARSZAWA, 31 PAŹDZIERNIKA 1934 R.

Tom LXXIII

TREŚĆ:

Badania łożysk ślizgowych z zastosowaniem nowego sposobu smarowania pod bardzo wysokim ciśnieniem nap. Dr. G. Welter, Profesor Politechniki Warszawskiej.

Wzory Clerca i Clapeyrona dla belek prostych płasko zginanych, nap. Prof. L. Karasiński.

O mechanizacji robót kesonowych, nap. Inż. dypl. S. D. Chrulow.

Przegląd pism technicznych.

Sprawozdania i Prace Polskiego Komitetu Energetycznego.

SOMMAIRE:

Essais des paliers à glissement lubrifiés d'une manière nouvelle sous pression très élevée (à suivre), par M. G. Welter, Dr. ès sc. techn., Professeur à l'École Polytechnique de Varsovie.

Les équations de Clerc et de Clapeyron dans le cas de poutres droites soumises à la flexion plane, par M. le professeur L. Karasiński.

Sur la mécanisation des travaux de fondation aux caissons, par M. S. Chrulow, Ingénieur dipl.

Revue documentaire.

Bulletin du Comité Polonais de l'Energie.

Prof. Dr. G. WELTER, Warszawa

Badania łożysk ślizgowych z zastosowaniem nowego sposobu smarowania pod bardzo wysokim ciśnieniem

Streszczenie: Łożysko ślizgowe, jedna z najważniejszych części maszyn i pojazdów wszelkiego rodzaju, wykazuje obok swych znanych zalet znaczne wady, polegające na wysokich stratach na tarcie zarówno podczas rozruchu, jak i podczas biegu ciągłego. Jeżeli łożysko ślizgowe ma przeciwstawić się skutecznie we współzawodnictwie łożysku tocznemu, zyskującemu coraz więcej zastosowań, to musi być ulepszone. Poniżej podany jest sposób takiego ulepszenia, polegający na tym, że olej doprowadza się do łożyska w najbardziej obciążonej strefie powierzchni ślizgowej pod tak wysokim ciśnieniem z nad panewki. Autor opisuje wysokopiętne urządzenie smarownicze, aparaturę doświadczalną i wykonanie badań. Badania te wykazały, że podczas docierania i rozruchu, przy różnych temperaturach panewek i różnych prędkościach poślizgu, mogą być zaoszczędzone, dzięki proponowanemu smarowaniu, znaczne ilości energii. Łożyska ślizgowe ze smarowaniem wysokopiętnym wykazują nawet mniejsze straty tarcia przy rozruchu i ruchu ciągłym, niż łożyska wałkowe.

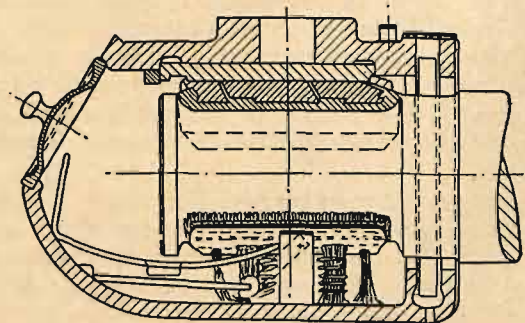
C z ę ś ć I.

1. Wstęp.

Łożysko stanowi w całym budownictwie maszyn jedną z najważniejszych części ustroju. Przedewszystkiem zaś wybitną rolę w wszelkiego rodzaju maszynach odgrywa łożysko ślizgowe, tak że należałoby mu poświęcić znacznie więcej uwagi, zwłaszcza w pojazdach kolejowych. Powstanie i rozwój łożyska wskazuje, że pierwotną jego zasadą było tarcie o siebie dwóch powierzchni. Łożysko kulkowe oraz wałkowe, oparte na tarciu potoczystym, uzupełniło łożyska ślizgowe znacznie później. Atoli przy dużych obciążeniach, zwłaszcza tam, gdzie występują znaczne obciążenia dynamiczne — jak naprzykład w pojazdach kolejowych — łożyska toczne nie zupełnie odpowiadają swemu celowi, gdyż warunki podstawowe dobrej ich pracy wypełnić tu jest dosyć trudno.

Gdy w latach ostatnich osiągnięto na bardzo wielu polach techniki znaczne postępy, stało się niezbędnym zwrócenie większej uwagi także na łożyska ślizgowe w coraz bardziej rozwijających się maszynach szybkobieżnych. Zwykle łożysko ślizgowe ze smarowaniem poduszkowym i wylaną stopem łożyskowym panewką, jak naprz. na rys. 1, nie uległo znacznym zmianom od czasu jego wprowadze-

nia w maszynach i pojazdach, ani w budowie, ani w sposobie działania, aczkolwiek istnieją możliwości znacznych jego ulepszeń z zachowaniem podstawowych jego zalet. Ażeby łożysko ślizgowe zdolne było do współzawodnictwa z coraz bardziej wprowadzanym łożyskiem tocznym, konieczne są



Rys. 1. Maźnica zwykła.

zasadnicze jego ulepszenia, zarówno techniczne, jak i gospodarcze. Z powodu niedostatecznego doprowadzania smaru w konstrukcjach obecnych, w łożyskach tych występuje przedewszystkiem stosunkowo duże tarcie.

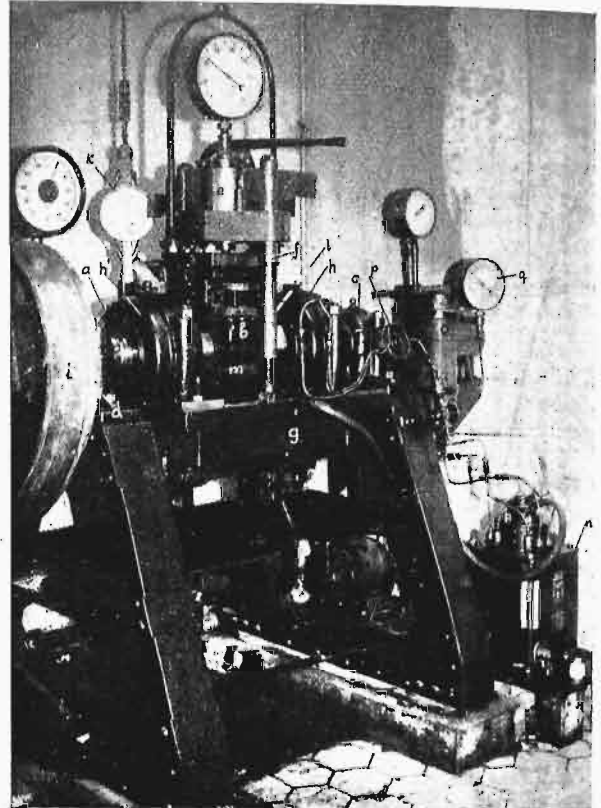
Istnieje jednak możliwość bardzo znacznego zmniejszenia wysokich momentów rozruchowych w łożyskach ślizgowych oraz wynikającego stąd znacznego ścierania materiału, które pogarsza poważnie pracę łożysk. Wysoki moment rozruchowy łożysk ślizgowych wynika stąd, że w czasie postoju maszyny smar jest wyciskany z przestrzeni pomiędzy łożyskiem a wałem, wskutek czego następuje zetknięcie się części metalowych czopa i łożyska. W obecnych konstrukcjach łożysk ślizgowych tarcie jest ponadto bardzo znaczne nie tylko w pierwszej chwili rozruchu, ale także w czasie okresu rozbiegu. Dalej, docieranie się nowych panewek jest możliwe tylko przy użyciu szczególnie podatnych do dopasowywania się stopów łożyskowych, i to trwa przez czas stosunkowo długi. Tak więc straty na tarcie podczas ruchu, a zwłaszcza w okresie rozruchu i pierwszego okresu biegu maszyny, jak również związane z nimi ścieranie się współpracujących powierzchni, są czynnikami ujemnymi rozważanych łożysk. Należy także zwrócić uwagę na pewność ruchu i zdolność do przeciążenia łożysk ślizgowych. Tymczasem, naprz. w taborze kolejowym, zbadanie smarowania w ruchu jest niemożliwe; niebezpieczeństwo uszkodzenia smarowania występuje często i usunąć je trudno. Ażeby doprowadzić łożysko ślizgowe drogą ulepszeń technicznych do znacznie wyższej sprawności niż obecna, należy dążyć do większej pewności ruchu przy znacznej oszczędności energii i niskich kosztach smarowania drogą możliwie prostych zmian konstrukcji.

Jedną z głównych przyczyn wycofywania z obiegu wagonów, a często też i parowozów, stanowi zagrzewanie się łożysk. Tak np. jedno z wielkich towarzystw kolejowych liczy się dziś jeszcze z tem, że średnio w miesiącu kilka tysięcy łożysk ulega wypadkom zagrzewania się. Biorąc nawet minimalne koszty naprawy tych łożysk, otrzymamy roczny wydatek na ten tylko cel w wysokości pokaźnej kwoty, do której należy doliczyć jeszcze czasem koszty nowych panewek i nowych osi i t. p. Jeśli nadto uwzględnimy, że wycofany z obiegu wagon jest nieczynny średnio przez 3 dni, to okaże się, że zagrzewanie się łożysk pociąga za sobą — prócz powyższej straty — dodatkową stratę ok. 100 tysięcy wagono-dni rocznie. Do tego dochodzą jeszcze wywołane przez zagrzewanie się łożysk zakłócenia ruchu, jak wycofywanie wagonu, spóźnienia pociągów i t. p. Jeśli uświadomimy sobie, że pociągi większej sieci kolejowej przebiegają dziennie drogę wielokrotnie przekraczającą długość równika, to łatwo zdamy sobie sprawę, na podstawie danych powyższych, jak wielkiego znaczenia czynnikiem byłoby udoskonalenie łożysk ślizgowych omawianego typu.

Stwierdzenie, że w obecnych łożyskach momenty sił tarcia są anormalnie duże, szczególnie w okresach rozruchu, i powodują znaczną stratę energii, nasuwa wniosek, że wadę tę można skutecznie zwalczać przede wszystkim przez zmianę sposobu dopływu smaru.

Łożysko i smar są ze sobą tak ściśle związane, że w zagadnieniu łożyska ślizgowego należy uwzględniać obydwa te czynniki. Zadawalającego rozwiązania zagadnienia łożysk ślizgowych należy oczekiwać nie tyle od ulepszenia materiału łoży-

ska, który w rozwoju swym doszedł do pewnego kresu, ile do udoskonalenia smarowania, które dziś jeszcze pozostaje mocno w tyle. Korzystne rozwiązanie sprawy smarowania wyjdzie na dobre w znacznym stopniu przede wszystkim także materiałowi łożyskowemu. Celem zbliżenia się do bu-



Rys. 2. Maszyna do badania łożysk.

dowy łożyska ulepszonego należało tedy wprowadzić zasadnicze udoskonalenie rodzaju smarowania.

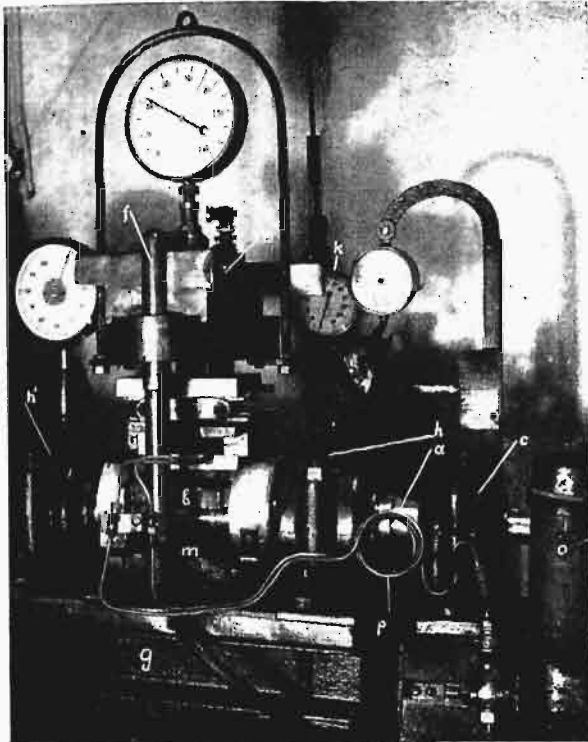
Jak wiadomo ¹⁾, tarcie i warunki pracy łożyska ślizgowego kształtują się w znacznym stopniu inaczej, jeżeli smar doprowadza się do łożyska pod ciśnieniem. Opierając się na pracach wstępnych, wykonanych przez autora na stacji prób, zbadano w ostatnich czasach bliżej, drogą prób laboratoryjnych, warunki poślizgu panewek wylanych stopem ołowiu. Wyniki tych badań przytoczone są niżej.

Do łożysk ślizgowych doprowadza się smar przede wszystkim w sposób znany zapomocą odpowiednich poduszek (w maźnicach) lub odpowiednich urządzeń smarowniczych (smarowanie pod umiarkowanym ciśnieniem, smarowanie wałkowe i t. p.) od dołu lub z boku. Próbowano też, ale bez większego powodzenia, stosować doprowadzanie smaru zapomocą knota ²⁾, jak również smarowanie odśrodkowe, z dopływem smaru od góry. W urządzeniach tych nie zwrócono uwagi na nadzwyczaj niekorzystny wpływ anormalnie dużego oporu podczas rozruchu, oporu właściwego łożyskom ślizgowym. Jak wiadomo, tarcie spoczynkowe, w którym mamy do

¹⁾ Por.: Versuchsfeld für Maschinenlemente d. Techn. Hochschule Berlin, 1920, zesz. 2. Durchführung der Lagerversuche von G. Welter und G. Weber. Verlag R. Oldenburg.

²⁾ Patrz L. Burnat, Przegl. Techn., 73, 609 (1934).

czynienia z tarcie suchem lub pół-suchem, w chwili rozpoczynania ruchu czopa w łożysku ślizgowym, jest 50 do 100-krotnie większe niż tarcie płynne. Wartości liczbowe, dotyczące tego stosunku, zawierają prace Stribeck'a (Z.V.D.I 1902, str. 1345—6). Tarcie spoczynkowe, które musimy pokonać przy każdym ruszaniu z miejsca łożyska z



Rys. 3. Widok urządzenia do badania łożysk.

powodu następującego w niem bezpośredniego styku metali czopa i panwi, wynosi przy zwykłej panewce z białego metalu $\mu = 0,22$ (por. rys. 12). Odpowiada to na przykład, w normalnie obciążonej maźnicy wagonowej, sile pociągowej ok. 130—150 kg na każde łożysko. Ażeby ruszyć z miejsca mocno ściągnięty pociąg pośpieszny o 8—10 wagonach, potrzeba więc na samo pokonanie tarcia w maźnicach ok. 10 000 kg siły pociągowej. Wobec szybkiego ustalania się w ruchu tarcia płynnego pomiędzy czopem a panwią, współczynnik tarcia ruchowego łożysk mocno obciążonych, przy średniej prędkości obrotowej, osiąga wartość $\mu = 0,002$ — 0,0035. Przy ruszaniu z miejsca wypada zatem na pokonanie tarcia powierzchni metalowych zużyć siłę 100-krotnie większą od potrzebnej w ruchu ciągłym. Ta dysproporcja pomiędzy suchym tarcie spoczynkowym a płynnym ruchowym jest obecnie w technice mocno zapoznawana. Skutkiem tego jest, że momenty rozruchowe maszyn i pojazdów z łożyskami ślizgowymi są nadzwyczaj duże i nie raz przewyższają maksymalną moc biegu jałowego maszyny. Często np. zauważa się uderzenia wsteczne wagonów mocno ściągniętego pociągu pośpiesznego, mające na celu pokonanie tarcia spoczynkowego. Ale poza temi widocznymi objawami istnieją inne, wskazujące niekorzystny wpływ momentu rozruchowego łożysk ślizgowych. Tak więc obciążenie parowozu, wzgl. liczba wagonów, muszą być

nie raz ograniczane ze względu na możliwość uruchomienia pociągu. Konieczność zastosowania lokomotyw pomocniczych, nadmierne wymiary maszyn pociągowych, silników i t. d., ciężkie i przewlekłe ruszanie z miejsca, marnotrawienie na to energii — oto są skutki.

Opisane wyżej, proponowane przez autora ulepszenie smarowania łożysk ślizgowych, ma na celu daleko idące usunięcie tych wad. Ulepszenie polega na tem, że obok zwykłego smarowania łożysk ślizgowych przewidziane jest smarowanie wysokopiężne w strefie najwyższego nacisku, które doprowadza smar do łożyska w chwili rozruchu i podczas biegu pod tak wysokim ciśnieniem i tak obficie, że wskutek dużego nadciśnienia smar unosi panewkę i wraz z nią obciążenie z nad czopa i wciska się w postaci poduszki smarowej pomiędzy panew a wał w ten sposób, że wszelki styk bezpośredni części metalowych staje się niemożliwy. Wskutek tego moment tarcia w łożysku spada niemal do zera i rozruch następuje z tarcie niższym nawet niż bieg z normalną szybkością roboczą. Ważne jest przytem, dla uniknięcia tarcia suchego (metali), by smar był wtłaczany w miejscach najwyższego nacisku. Stosowane tu ciśnienia smaru są tak wysokie, że dotychczas uważano je w technice smarowania za praktycznie nie nadające się do zastosowania. W łożyskach bowiem bardzo obciążonych chodzi o użycie — zależnie od potrzeby — ciśnienia oleju, sięgającego kilkuset atmosfer. Na podstawie szczegółowych badań ustalono jednak, że ciśnienia te osiąga się w łożyskach w sposób zadziwiająco łatwy i że również utrzymuje się je podczas ruchu maszyny bez trudności.

Natomiast znany sposób doprowadzania smaru pod ciśnieniem bardzo umiarkowanym ma na celu — jak wiadomo — zapewnienie ciągłości smarowania, t. zn. ma dawać rękojmię stałego dopływu oleju do łożyska, lub też ma sztucznie chłodzić w ten sposób panewkę i czop. Nadto w znanym sposobie smarowania pod ciśnieniem doprowadza się smar nie w miejscu największego obciążenia łożyska, lecz z boku lub przez pokrywę, gdzie utworzony jest pewien luz pomiędzy panewką a czopem, czyli tam, gdzie łożysko jest odciążone. Ciśnienia, znajdujące zastosowanie przy tem smarowaniu, t. zw. przepłokującym, są bardzo niewielkie, gdyż olej dopływa w miejscu nieobciążonym, a więc prawie bez nadciśnienia (prężność wynosi zazwyczaj parę at). Takie smarowanie nie ma, w porównaniu ze smarowaniem kropłowym i in. sposobami smarowania przepłokującego, żadnych istotnych zalet, prócz pewnego obniżenia temperatury łożyska (por. także Falz, Grundzüge der Schmiertechnik, 1926 r., str. 177).

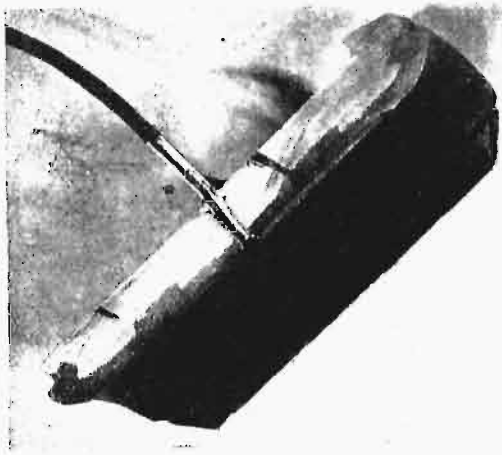
Odpowiednio do rozmaitych warunków pracy łożyska, mianowicie zależnie od tego, czy mamy okres jego rozruchu, czy docierania się, czy wreszcie pracy ciągłej, podzielono omówione poniżej badania na 3 serie, przeprowadzając je porównawczo, z zastosowaniem bardzo wysokiego ciśnienia i bez tegoż.

2. Maszyna probiercza i urządzenie wysokopiężne.

Próby przeprowadzono na dużej maszynie do badania łożysk (rys. 2 i 3). Maszyna ta umożliwia badanie panewek o wielkości normalnej, znajdują-

cych zastosowanie w wagonach kolejowych, pod względem tarcia i własności ślizgowych.

Na środku wału a osadza się panewkę próbną b ; wał spoczywa na dwóch pomocniczych łożyskach kulkowych c , d . Na panewkę b może być wywarty nacisk za pośrednictwem hydraulicznego urządze-



Rys. 4. Panewka z rurką doprowadzającą smar pod ciśnieniem.

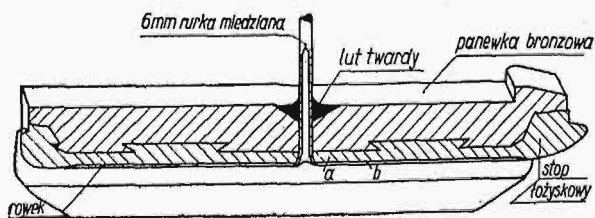
nia naciskowego e , przyczem obciążenie może być powiększane w kilku stopniach do 6 at. Obciążenie maksymalne odpowiada prawie pełnemu obciążeniu wagonu kolejowego. Ciężar P przenosi się przez dwie podpórki $f-f'$ oraz belki poprzeczne $g-g'$ na 2 mocne łożyska kulkowe $h-h'$. W ten sposób całe urządzenie naciskowe, wraz z panewką próbną, stołem poprzecznym i łożyskami kulkowymi jest osadzone pokrętnie w stosunku do wału. Gdy wał zostanie uruchomiony za pośrednictwem koła pasowego i , wówczas dynamometr k , który utrzymuje w miejscu urządzenie naciskowe wraz ze stołem poprzecznym, pozwala odczytać bezpośrednio w kg moment tarcia łożyska ślizgowego na wale. Liczba obrotów wału może być nastawiona dowolnie w granicach od 100 do 500 na min, najczęściej jednak wynosiła 150—350 obr./min, co odpowiada średniej szybkości wagonu kolejowego ok. 25—65 km/godz. Poza tem śledzi się przez cały czas doświadczenia temperaturę panewki zapomocą sięgającego aż do powierzchni ślizgowej termometru l .

Smarowanie łożysk ślizgowych (maźnic) w wagonach kolejowych wykonywa się zwykle zapomocą poduszki m , przyciskanej do czopa od dołu. W opisanych tu doświadczeniach zastosowano, obok zwykłego smarowania maźnicowego (zachowanego dla zwiększenia pewności), drugie urządzenie smarownicze, dla zmniejszenia tarcia przy ruszaniu i w biegu ciągłym oraz dla ułatwienia docierania się łożyska. To drugie — zasadnicze smarowanie — doprowadza olej, w przeciwieństwie do poduszki maźniczej, w miejscu najbardziej obciążonym łożyska i pod tak wysokim ciśnieniem, że przewyższa panujący w łożysku nacisk powierzchniowy. W bardzo obciążonych łożyskach wagonowych potrzebne jest w tym celu ciśnienie, wynoszące normalnie 100—200 at, czasami zaś sięgające 200—300 at. Do wtłaczania smaru pod tak wysokim ciśnieniem użyto oliwiarki wysokoprężnej Boscha, stosowanej nieraz do smarowania cylindrów sprężarek i ma-

szyn parowych lokomotyw, gdzie smar musi być dostarczany pod ciśnieniem. Oliwiarka n jest widoczna na rys. 2 z prawej strony u dołu. Napędza ją mały silnik elektryczny ($1/4$ KM). Olej wytłoczony przez oliwiarkę płynie przez zawór zwrotny do zbiornika wysokoprężnego o , służącego jako zbiornik wyrównawczy ciśnienia, a stąd dopływa giętką rurką miedzianą p do łożyska przez dalsze zawory zwrotne i zawór dławiący.

Ciśnienie oleju w zbiorniku może być odczytane na manometrze a . Wydatek pompy można regulować; wynosi on przy 8 otworach wylotowych i przy 200 at max. 18—20 cm³/min. Nadmiar oleju spływa znów do pompy bezpośrednim przewodem, tak że w obiegu krąży ta sama ilość oleju.

Przewód wysokoprężny (miękką rurką miedzianą o średnicy zewn. ok. 6 mm i wewn. 4 mm) przechodzi przez panewkę, jak pokazano na rys. 4 i 5, przyczem jest rozwalcowany w warstwie stopu łożyskowego, zaś z zewnętrznej strony panewki mocno przylutowany. W ten sposób osiągnięto zupełną szczelność, nawet przy stosowanych najwyższych ciśnieniach. Próby wstępne wykazały, że jeden tylko przewód doprowadzający smar do panewki wystarcza do uzyskania dostatecznego i równomiernego smarowania. Przeprowadzono też obszernie badania, celem ustalenia najdogodniejszego rozdziału oleju na całą szerokość panwi. Z badań tych wynika, że najdogodniejszym i konstrukcyjnie najprostszym rozwiązaniem jest wyposażenie panewki w bardzo wąski (ok. 0,5 — 1 mm szerokości) rowek, prostoliniowy lub falisty, przez całą prawie jej długość (rys. 4—6), w miejscu największego obciążenia łożyska. W ten sposób umożliwia się rozpląwanie się oleju po powierzchni wału na całej długości panewki z obu stron rowka w postaci cienkiej ciągłej błonki. Z łożyska dotartego, wyposażonego w tak ukształtowany rowek wzdłużny, olej wytryska równomiernie z obu stron panewki (rys. 7), tak, że w okresie postoju panewka jest podniesiona z nad wału o grubość sztucznie wytworzonej błony ze smaru. Tą prostą drogą uzyskuje się przytoczone niżej, ulepszone, znacznie korzystniejsze w porównaniu ze zwykłą maźnicą, warunki tarcia w łożysku ślizgowym.



Rys. 5. Przekrój panewki o smarowaniu wysokoprężnym.

3. Sposób wykonywania doświadczeń.

Urządzenie doświadczalne pozwalało przede wszystkim zmierzyć zapomocą dynamometru tarcie pomiędzy panewką a wałem z dokładnością do 0,10 kg. Ramię dźwigni, do którego normalnie przytwierdza się dynamometr, mierzy 400 mm długości. Dynamometr wskazywał obciążenie max. 25 kg. Gdy jednak tarcie łożyska przekraczało tę wartość, włączano drugi dynamometr — na obciążenie do 250 kg — związany z ramieniem dźwigni o długo-

ści 450 mm. Przy pomiarach tarcia rozruchowego maźnic musiano stosować ten drugi dynamometr, ażeby mierzyć opór w chwili rozruchu, wyrażający się przy 6 t obciążenia momentem $160 \text{ kg} \times 450 \text{ mm}$. Poza tem wyznaczano przy opisywanych próbach każdorazowe obciążenie łożyska, szybkość poślizgu, jak również temperaturę łożyska i otoczenia, zaś podczas doświadczeń ze smarowaniem wysoko-
prężnym — także maksymalne ciśnienie oleju pomiędzy łożyskiem a wałem (zapomocą manometru). Ażeby wreszcie uzyskać przybliżone pojęcie o niezbędnej mocy napędu koła pasowego, wykreślano też krzywe zużycia prądu przez silnik napędowy. Naogół pomiar ten daje przybliżony obraz warunków tarcia pomiędzy wałem a panewką. Atoli z powodu nieuniknionych wahań napięcia sieci niektóre wartości tego pomiaru nie były całkowicie pewne. Wszystkie uzyskane z pomiarów wartości były przenoszone na wykres jako rzędne, zaś jako odcięte odmierzano czas. Zależnie od warunków badania, czas pomiaru wahał się od kilku sekund lub minut aż do wielu godzin, wzgl. nawet dni (przy próbach docierania się lub badaniach biegu ciągłego).

Próby prowadzono tak, by ich warunki zbliżały się jaknajbardziej do warunków praktyki, w jakich pracują maźnice wagonowe, oraz zawsze przeprowadzano porównanie pracy dotychczasowego ustroju maźnic z pracą nowych łożysk o bardzo wysokim ciśnieniu smaru. Obok próby docierania panewki z dopływem smaru bez ciśnienia i pod ciśnieniem bardzo wysokim, prowadzono badania porównawcze tarcia i warunków pracy obu ustrojów w pierwszej chwili ruchu i w pierwszym okresie po ruszeniu z miejsca. Przy stałym obciążeniu 6 t badano te warunki z jednej strony — w zależności od

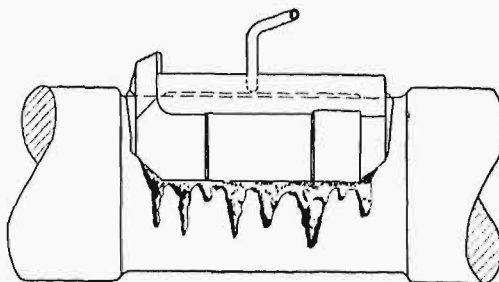


Rys. 6. Widok panewki od strony wału.

temperatury łożyska i wału, z uwzględnieniem temperatury otoczenia; a z drugiej strony — w zależności od szybkości ruchu. Następnie wykonano próby biegu długotrwałego, w ciągu szeregu godzin ruchu.

a) Wpływ temperatury otoczenia.

Jak wiadomo, temperatura powietrza (otoczenia) wywiera znaczny wpływ na warunki tarcia zwykłej maźnicy. Im niższa jest ta temperatura, tem bardziej niekorzystne są warunki tarcia w łożysku. W szczególności rozchód energii wzrasta znacznie przy temperaturze bliskiej 0° . Łożysko pojazdu nie powinno się jednak bardzo nagrzewać, nawet po wielu godzinach jazdy. Ciepło wytwarzane przez tarcie



Rys. 7. Rozpływanie się smaru po czopie.

jest intensywnie odprowadzane przez bardzo znaczne masy żelaza, jak kadłub maźnicy, oś, koła wagonu i t. d., bezpośrednio stykające się z olejem i łożyskiem. Do tego dochodzi jeszcze wpływ względnego ruchu powietrza (wiatr), wywołujący dalsze chłodzenie tych części żelaznych i pogłębiający wpływ temperatury otoczenia na temperaturę łożyska. Według doświadczenia praktyki, przy średniej temperaturze powietrza ($10-15^{\circ}$) temperatura łożyska przy dłuższym przebiegu może przekraczać temperaturę otoczenia o $20-30^{\circ}$. Przy temperaturach poniżej 0° różnica temperatur jest nawet prawdopodobnie jeszcze znacznie mniejsza. Ażeby uwzględnić wpływ temperatury powietrza w naszych badaniach, zastosowano dodatkowe chłodzenie łożyska przez pęd powietrza, wytwarzany przez wentylator, w tych serjach doświadczeń, kiedy temperatura łożyska była równa lub wyższa od temperatury otoczenia.

Przy bardzo niskich temperaturach zewnętrznych³⁾ smar staje się gęstopłynnym, tak że smarowanie poduszkowe, polegające na bezpośrednim zasysaniu oleju, staje się znacznie słabsze. Stąd powstaje niedostateczny dopływ smaru, straty energii i materiału (zużycie panwi i czopa). To też liczba wypadków zażrzenia się łożyska bywa większa nie w cieplej porze roku, lecz szczególnie w zimie, przeważnie na skutek niedostatecznego dopływu smaru. Ponieważ — jak wiadomo i jak zresztą łatwo się można przekonać przez dotknięcie ręką maźnicy wagonu kolejowego — temperatura tegoż, nawet w miesiącach letnich, rzadko przekracza 40° , przyjęto tę właśnie temperaturę, jako wyjściową przy próbach ruszania z miejsca, pamiętając jednak, że w niektórych łożyskach możliwe jest przypadkowe podwyższenie się temperatury do 50° i wyżej.

b) Szybkość rozruchu.

Szybkość rozruchu może ulegać znacznym wahaniom, zależnie od rodzaju komunikacji, a więc w zależności od tego, czy chodzi o pociąg osobowy

³⁾ Średnia temperatura roczna w Europie środkowej wynosi ok. $8-10^{\circ}$.

czy towarowy, podmiejski czy dalekobieżny pośpieszny, czy wreszcie o pociąg kolei podziemnej lub t. p. W badaniach uwzględniono 2 szybkości ruszania z miejsca. W zastosowaniu do badań urządzeniu szybkość mogła być podwyższana nie w sposób ciągły, lecz stopniowany od stanu spoczynku aż do maximum prędkości. W jednej serii prób stosowano przyspieszenie wzrastające od 0 do 65 km w 3-ch stopniach w ciągu 2 minut; odpowiadało to mniej więcej ruszaniu z miejsca pociągu osobowego, podmiejskiego i t. p. Przejściowe stopnie szybkości (25 i 45 km/godz) utrzymywano w ciągu 1 minuty. W drugiej serii prób szybkość wzrastała także do 65 km/godz., lecz w ciągu 4-ch minut w 3-ch stopniach, co odpowiadało czasowi rozbiegu ciężkiego pociągu pośpiesznego, pociągu towarowego i t. p. Tu utrzymano przejściowe szybkości 25 i 45 km/godz. przez 2 minuty. Pomiary wartości badanych, które, zwłaszcza w pierwszym okresie próby, ulegały szybkim zmianom, dokonywane były co 10 sekund. Okres rozruchu obserwowany był przy różnych temperaturach w ciągu co najmniej 10 minut, w którym to okresie wyraźnie występowały najważniejsze różnice charakterystyczne pomiędzy obydwoma rodzajami smarowania.

Prof. L. KARASIŃSKI

Wzory Clerc'a i Clapeyron'a dla belek prostych płasko zginanych

1. Ciągłość zarysu bocznej powierzchni pręta, powolna zmienność i wzajemna nieprzenikliwość jego przekrojów poprzecznych stanowią o istnieniu dwóch *głównych powierzchni bezwładności*, przecinających się prostopadłe wzdłuż pierwotnej osi pręta. W jednej z nich leżą osie najmniejszych momentów bezwładności wszystkich przekrojów poprzecznych, w drugiej — największych. Dwie *główne płaszczyzny bezwładności* może mieć tylko pręt prosty. Kładę go, jako belkę, poziomo. Ze środka O końcowego prawego przekroju, lub ścianki czołowej, wyprowadzam prostokątne osie: X — wlewo, wzdłuż pierwotnej osi pręta, Y — w dół, Z — w tył, poza płaszczyznę XY . Druga płaszczyzna XZ zawiera osie głównych momentów bezwładności J przekrojów poprzecznych; w XY leżą siły skupione P pionowe, pionowe warstwy obciążeń ciągłych, oraz pary sił skupionych momentów zewnętrznych.

To obciążenie *pionowe płaskie* nie wzbudza poziomych sił odporowych. Kierunek (w) wzrostu wypadkowych obciążenia¹⁾ obieram sprzeczny z kierunkiem dodatniej osi X — w prawo; zatem *tuż przed* bieżącym punktem (x, y) odkształconej panuje *moment zginający* M , lewoskrętny dodatni, prawoskrętny — ujemny, oraz *siła ścinająca* Q , którą zazwyczaj pomijamy wobec M . Są to wypadkowe obciążenia i odporów *lewej* części belki, aż do punktu sprowadzenia (x, y) wyłączenie.

¹⁾ WT. str. 218 p. 4. W odnośnikach dalszych PT oznacza rocznik Przeglądu Technicznego, T — drugie wydanie Technika, WT — wydanie trzecie z 1930 r. mej Wytrzymałości Tworzyw.

Wyniki badań ujęto w szereg krzywych, obrazujących wartości tarcia, temperatury i rozchodu energii napędowej silnika przy zastosowaniu smarowania pod wysokim ciśnieniem i bez ciśnienia.

(d. c. n.)

Les paliers à glissement lubrifiés d'une manière nouvelle sous pression très élevée

Résumé

Les paliers à glissement, l'une des parties principales de toute sorte de machines et de voitures, présentent — outre les avantages bien connus — de considérables désavantages, consistant dans les grandes pertes de frottement ayant lieu ainsi pendant le démarrage que pendant le mouvement constant. Dans son article l'auteur propose une amélioration du palier à glissement consistant dans l'introduction de l'huile dans le palier dans la région la plus chargée de sa surface de glissement sous une pression si haute, que la sur-pression obtenue, de 100 at et même plus, soulève du coussinet le pivot avec sa charge. L'auteur décrit ensuite la construction du palier à graissage sous très haute pression, l'installation de recherches et l'exécution de ces dernières.

Styczna odkształconej, z tego punktu wyprowadzona, tworzy z osią X kąt, w przybliżeniu równy pochodnej y' — przy ugięciach nieznacznych, jedynie dopuszczalnych w praktyce. Dla punktu *stałego*, gdziekolwiek na odkształconej obranego: x_0, y_0, y_0' . Przybliżone równanie odkształconej będzie tu:

$$EJy'' = M.$$

Jego całka pośrednia, wypisana dla punktów: bieżącego i stałego:

$$y' = \int \frac{M}{EJ} dx + C, \quad y_0' = \int \frac{M}{EJ} dx + C,$$

da po odjęciu:

$$y' - y_0' = \int \frac{M}{EJ} dx, \quad \dots \quad (1)$$

tak zwany *wzór Clapeyron'a*.

Stąd, całkując przez części, mamy dla punktu bieżącego i stałego:

$$y - xy_0' = \int dx \int \frac{M}{EJ} dx + D = x \int \frac{M}{EJ} dx - \int \frac{Mx}{EJ} dx + D,$$

$$y_0 - x_0 y_0' = x_0 \int \frac{M}{EJ} dx - \int \frac{Mx}{EJ} dx + D = D$$

Różnica:

$$y - y_0 = y_0'(x - x_0) + x \int_{x_0}^x \frac{M}{EJ} dx - \int_{x_0}^x \frac{Mx}{EJ} dx. \quad (2)$$

stanowi wzór Bresse'a²⁾.

Dzielimy ten wzór przez $(x - x_0)$; po odjęciu od (1) i zebraniu wyrazów:

$$y' - y_0' - \frac{y - y_0}{x - x_0} = -y_0' + \left(1 - \frac{x}{x - x_0}\right) \int_{x_0}^x \frac{M}{EJ} dx + \frac{1}{x - x_0} \int_{x_0}^x \frac{Mx}{EJ} dx,$$

otrzymamy:

$$y' = \frac{y - y_0}{x - x_0} + \frac{1}{x - x_0} \int_{x_0}^x \frac{M}{EJ} (x - x_0) dx, \quad (3)$$

wzór Clerc'a³⁾.

Ostatnie dwa wzory różnią się zasadniczo co do istoty: wzór (2) stanowi całkę ogólną różniczkowego równania odkształconej; wzór (3) — jego całkę pośrednią. Rugując y' z dwóch całek (1), (3) pośrednich, — mamy całkę (2) ogólną. Równanie różniczkowe odkształconej otrzymamy, różniczkując (1) lub (3) jednokrotnie, zaś (2) — dwukrotnie. Wzór (2) staje się wzorem (3), gdy punkt bieżący będzie stałym i naodwrot. Bresse nie docenił swego wzoru; ogłosił go w 1859 r., zastosował w 1865 r. do belek o stałym przekroju, a w 1880 r. do belek o przekroju zmiennym⁴⁾. Clerc natomiast całą tę drogę przebiegł odrazu, stając u kresu wcześniej, choć w tym samym roku 1880. Jego wzór prościej wiedzie do celu w przypadku najogólniejszym. Dla granic stałych oba wzory dają tożsamościowe wyniki. Oba korzystają zresztą z pomocniczego twierdzenia Bresse'a⁵⁾ przy dalszych rozwinięciach.

2. Idąc w kierunku (w), wyodrębniamy na odkształconej trzy kolejne punkty: $(n-1)$, (n) , $(n+1)$ o współrzędnych: (x_{n-1}, y_{n-1}) , (x_n, y_n) , (x_{n+1}, y_{n+1}) . Różnice odciętych: $(x_{n-1} - x_n)$, $(x_n - x_{n+1})$ dają poziome długości: l_n, l_{n+1} przęseł: $(n-1, n)$, $(n, n+1)$, lewego i prawego. Tuż przed tymi punktami panują momenty zginające: M_{n-1}, M_n, M_{n+1} . W przęśle lewym $(n-1, n)$ obieramy na odkształconej punkt bieżący — w poziomej odległości z od lewego punktu $(n-1)$. Tuż przed tym punktem bieżącym (x, y) panuje moment zginający, równy:

$$M = M_{n-1} + (M_n - M_{n-1}) \frac{z}{l_n} + m_n,$$

według pomocniczego twierdzenia Bresse'a.

Tutaj m_n oznacza moment, jakiby panował tuż przed owym punktem bieżącym, gdyby przeszło $(n-1, n)$ wyciąć z belki, i, nie zmieniając w niczym jego obciążenia, ustawić końcami na podporach: przegubowej i posuwnej⁶⁾.

Z kolei w przęśle $(n, n+1)$ wyodrębnimy punkt bieżący w poziomej odległości:

$$u = l_{n+1} - z',$$

od prawego punktu $(n+1)$. Tuż przed tym punktem bieżącym panuje moment:

$$M' = M_n + (M_{n+1} - M_n) \frac{z'}{l_{n+1}} + m_{n+1} = M_{n+1} + (M_n - M_{n+1}) \frac{u}{l_{n+1}} + m_{n+1}.$$

Wzór Clerc'a, wypisany dla przęśla $(n-1, n)$, daje:

$$y_n' = \frac{y_n - y_{n-1}}{x_n - x_{n-1}} + \frac{1}{x_n - x_{n-1}} \int_{x_{n-1}}^{x_n} \frac{M}{EJ} (x - x_{n-1}) dx = \frac{y_{n-1} - y_n}{l_n} - \frac{1}{l_n} \int_0^{l_n} \frac{Mz}{EJ} dz. \\ y_n' = \frac{y_{n-1} - y_n}{l_n} - \frac{M_{n-1}}{l_n} \int_0^{l_n} \left(1 - \frac{z}{l_n}\right) \frac{z dz}{EJ} - \frac{M_n}{l_n^2} \int_0^{l_n} \frac{z^2 dz}{EJ} - \frac{1}{l_n} \int_0^{l_n} \frac{m_n z}{EJ} dz, \quad (4)$$

ponieważ tutaj:

$$x_{n-1} = x + z,$$

Dalej dla przęśla $(n, n+1)$:

$$y_n' = \frac{y_n - y_{n+1}}{x_n - x_{n+1}} + \frac{1}{x_n - x_{n+1}} \int_{x_{n+1}}^{x_n} \frac{M'}{EJ} (x - x_{n+1}) dx = \frac{y_n - y_{n+1}}{l_{n+1}} + \frac{1}{l_{n+1}} \int_0^{l_{n+1}} \frac{M'u}{EJ} du, \\ y_n' = \frac{y_n - y_{n+1}}{l_{n+1}} + \frac{M_n}{l_{n+1}^2} \int_0^{l_{n+1}} \frac{u^2 du}{EJ} + \frac{M_{n+1}}{l_{n+1}} \int_0^{l_{n+1}} \left(1 - \frac{u}{l_{n+1}}\right) \frac{u du}{EJ} + \frac{1}{l_{n+1}} \int_0^{l_{n+1}} \frac{m_{n+1}}{EJ} u du, \quad (5)$$

tu bowiem:

$$x = u + x_{n+1}.$$

²⁾ M. Bresse. Cours de Mécanique appliquée. Part. I z 1859 r. str. 92, ostatni wzór u dołu. Part. III z 1865 r. str. 8, drugi wzór od góry. Part. I z 1880 r. str. 161, pierwszy wzór od góry.

³⁾ A. Clerc. Mémoire sur une nouvelle théorie de la résistance des poutres. Mémoires et compte-rendu des travaux de la Société des Ingénieurs Civils z 1880 r. Vol. II str. 111. Wogóle A. Clerc nie ma szczęścia. Jedną z niemieckich Statyk Budowli podała „anonimowo” jego wzór wraz z pierwotnym dowodzeniem Clerc'a, czysto geometrycznym. W roku 1932 czytaliśmy takie wypowiedzenie się:

„stwierdzić mogę jednakże, że niema wogóle autora w odnośnej dziedzinie piśmiennictwa techniczno-naukowego, któryby nosił nazwisko „Clerc”.

⁴⁾ Według słów Bresse'a: „la démonstration, donnée pour le cas d'une section constante n'a besoin que d'une petite modification pour s'adapter au cas d'une section variable”... A jednak czekano na to aż 15 lat od 1865 do 1880 roku!

⁵⁾ T. str. 495 p. 6 lub WT. str. 228 p. 5.

⁶⁾ T. str. 197 p. 2 lub WT. str. 225. B. p. 1.

Zupełnie te same wyniki dałby i wzór *Bresse'a*, możemy przeto słusznie nazywać oba powyższe wzory, ogłoszone w 1880 r. niezależnie przez *Bresse'a* i *Clerc'a* — wzorami *Bresse-Clerc'a*. Ich różnica:

$$\begin{aligned} \frac{y_{n-1} - y_n}{l_n} + \frac{y_{n+1} - y_n}{l_{n+1}} &= \frac{M_{n-1}}{l_n} \int_0^{l_n} \left(1 - \frac{z}{l_n}\right) \frac{z dz}{EJ} + \\ &+ M_n \left[\frac{1}{l_n^2} \int_0^{l_n} \frac{z^2 dz}{EJ} + \frac{1}{l_{n+1}^2} \int_0^{l_{n+1}} \frac{u^2 du}{EJ} \right] + \\ &+ \frac{M_{n+1}}{l_{n+1}} \int_0^{l_{n+1}} \left(1 - \frac{u}{l_{n+1}}\right) \frac{u du}{EJ} + \frac{1}{l_n} \int_0^{l_n} \frac{m_n}{EJ} z dz + \\ &+ \frac{1}{l_{n+1}} \int_0^{l_{n+1}} \frac{m_{n+1}}{EJ} u du, \dots \quad (6) \end{aligned}$$

stanowi wzór *Clapeyron'a*.

Stąd bezpośrednio dla belki o przęsłach stałej sztywności — dwa wzory *Bresse-Clerc'a*:

$$y_n' = \frac{y_{n-1} - y_n}{l_n} - \frac{1}{E_n J_n} \left[\frac{l_n}{6} M_{n-1} + \frac{l_n}{3} M_n + \frac{1}{l_n} \int_0^{l_n} m_n z dz \right]. \dots \quad (7)$$

$$y_n' = \frac{y_n - y_{n+1}}{l_{n+1}} + \frac{1}{E_{n+1} J_{n+1}} \left[\frac{l_{n+1}}{3} M_n + \frac{l_{n+1}}{6} M_{n+1} + \frac{1}{l_{n+1}} \int_0^{l_{n+1}} m_{n+1} u du \right], \dots \quad (8)$$

i jeden:

$$\begin{aligned} \frac{y_{n-1} - y_n}{l_n} + \frac{y_{n+1} - y_n}{l_{n+1}} &= \frac{1}{E_n J_n} \left[\frac{l_n}{6} M_{n-1} + \right. \\ &+ \left. \frac{l_n}{3} M_n + \frac{1}{l_n} \int_0^{l_n} m_n z dz \right] + \frac{1}{E_{n+1} J_{n+1}} \left[\frac{l_{n+1}}{3} M_n + \right. \\ &+ \left. \frac{l_{n+1}}{6} M_{n+1} + \frac{1}{l_{n+1}} \int_0^{l_{n+1}} m_{n+1} u du \right], \dots \quad (9) \end{aligned}$$

wzór *Clapeyron'a*. Ostatnie trzy wzory dostosowałem do podstawowych rodzajów obciążenia pionowego płaskiego⁷⁾.

Wzory (6), (9) daleko odbiegły od pierwowzoru⁸⁾ *Clapeyronowskiego*:

$$\begin{aligned} l_n M_{n-1} + 2(l_n + l_{n+1}) M_n + l_{n+1} M_{n+1} &= \\ &= \frac{1}{4} (q_n l_n^2 + q_{n+1} l_{n+1}^2) \end{aligned}$$

Są to znów raczej wzory *Bresse-Clerc'a*, a zatem jeno śmiech wzbudzać może podejmowana co pe-

wien czas gorąca walka o prawa *Bertot*, który ogłosił ów pierwowzór o dwa lata wcześniej⁹⁾.

3. Wszystkie dotychczasowe sposoby wyprowadzania wzorów *Bresse-Clerc'a* i *Clapeyron'a* uparcie grzeszyły niewzruszonym przekonaniem o konieczności podparcia belki w punktach: $(n-1)$, (n) , $(n+1)$. Ten pogląd trwał przeszło siedem dziesiątków lat od czasu pierwszych poczynań *Clapeyron'a* i zwał się zakres stosowalności wzorów do szczytnej służby wyznaczania odporów hyperstatycznych.

W roku 1922 zauważyłem zbędność tego ograniczenia wobec zupełnej dowolności wyboru owych punktów na odkształconej, z tem jedynym zresztą zastrzeżeniem, aby pomiędzy nimi nie było punktów podparcia. Odrazu wzory *Bresse-Clerc'a* i *Clapeyron'a* mogły być po raz pierwszy użyte do wyznaczania odkształconych. Ten wynik, nader dla praktyki doniosły, a dotąd zgłośa nieznanym, bo niedostrzeżonym, podałem do wiadomości w roku 1923 w *Przeglądzie Technicznym*¹⁰⁾.

Postępowanie według mego sposobu jest zawsze jednakowe: dzielimy przedewszystkiem belkę punktami podparcia na przęsła pierwotne i wyznaczamy ze wzorów *Bresse-Clerc'a* lub *Clapeyron'a* hyperstatyczne momenty zginające tuż przed owymi punktami podparcia. Następnie, chcąc znaleźć rzędną y odkształconej, przynależną odciętej x, albo pochodną y', wyodrębniamy przęsło pierwotne, zawierające punkt końcowy odciętej x. Ten punkt dzieli owe przęsło na dwa przęsła wtórne. Pisząc dla obu wzór *Clapeyron'a*, lub dla jednego z nich — odpowiedni wzór *Bresse-Clerc'a*, otrzymamy szukaną rzędną y, lub pochodną y'.

Ta droga najprędzej zmierza do celu. Jest rachunkowo bez zarzutu. W rzadkich przypadkach, gdy dla belki o stałym przekroju zachodzi konieczność ujęcia w jeden wzór całej odkształconej — najlepsze wyniki dają moment łańcuchowy *Clebsch'a* i łańcuchowe równanie odkształconej¹¹⁾. Przytoczę tu choć jeden prosty przykład belki o stałym przekroju, poziomo jednostronnie osadzonej. W jej głównej płaszczyźnie bezwładności XY, pionowej, w odległości b od środka O przekroju osadzonego, działa skupiony ciężar P. Całkowita pierwotna długość l belki jest większa od b.

Chcąc znaleźć ugięcie y belki, przynależne odciętej x w połaci prawej, gdzie:

$$b \geq x \geq 0,$$

korzystamy ze wzoru (7) *Bresse - Clerc'a*, wypisa-

⁹⁾ Autorstwo zupełnie słusznie przypisano *Clapeyron'owi* ze względu na poprzednie jego prace. Wyraźnie to podkreśla *Bresse słowami*: „M. Clapeyron... a introduit l'innovation la plus heureuse, quand il a pris d'autres inconnues auxiliaires, savoir les moments de flexion, efforts tranchants et inclination de la poutre dans les sections au dessus des points d'appui. Faire l'élimination partielle d'un certain nombre de ces inconnues entre les équations, données par M. Clapeyron, pour en tirer le théorème, dont il s'agit, est une idée, qui se présente tout naturellement et en quelque sorte d'elle même... M. Clapeyron est, selon moi, le véritable auteur de la découverte, comme ayant produit l'idée mère...”

¹⁰⁾ *L. Karasiński*. Zastosowanie wzorów *Clerc'a* i *Clapeyron'a* do wyznaczania strzałek ugięcia belek prostych. *PT.* z 1923 r. str. 380. Nadto *T.* str. 517 p. 8 oraz *WT.* str. 236 p. 12.

¹¹⁾ *T.* str. 502, 503 p. 12, 13 lub *WT.* str. 223 p. 12. Liczne przykłady, aż nadto podkreślające praktyczną doniosłość obu sposobów, podałem w *T.* na str. 504—527 włącznie, lub w *WT.* IX. C. początek na str. 242.

⁷⁾ *PT* z 1927 r. str. 212. *T.* str. 496 p. 8 oraz *WT.* str. 230 p. 7.

⁸⁾ *C. R.* z 1857 r. Tom 45, str. 1076.

nego dla przęsła ($l_n = x$). W lewym końcowym punkcie tego przęsła:

$$y_{n-1} = y \quad M_{n-1} = P(b-x)$$

W prawym końcowym punkcie O:

$$y_n' = y_n = 0 \quad M_n = Pb,$$

a przeto:

$$0 = \frac{y}{x} - \frac{1}{EJ} \left[\frac{x}{6} P(b-x) + \frac{x}{3} Pb \right]$$

tutaj bowiem:

$$m_n = 0,$$

jako że w przęsle (x) niema obciążenia zewnętrznego. Stąd:

$$y = \frac{Px^2}{6EJ} (3b-x) \quad b \geq x \geq 0.$$

Chcąc znaleźć kąt pochylenia ku osi X stycznej odkształconej w punkcie (x, y), możemy wziąć pochodną y' , lub też — skorzystać ze wzoru (8) Bresse-Clerc'a, wypisanego dla przęsła ($l_{n+1} = x$). W lewym końcowym punkcie tego przęsła:

$$y_n = y \quad y_n' = y' \quad M_n = P(b-x)$$

a w prawym końcowym punkcie O:

$$y_{n+1} = y_{n+1}' = 0 \quad M_{n+1} = Pb.$$

zatem:

$$y' = \frac{y}{x} + \frac{1}{EJ} \left[\frac{x}{3} P(b-x) + \frac{x}{6} Pb \right]$$

i tu bowiem:

$$m_{n+1} = 0.$$

Stąd, po odjęciu poprzednio otrzymanego wzoru:

$$y' = \frac{Px}{2EJ} (2b-x) \quad b \geq x \geq 0.$$

Z kolei, chcąc znaleźć y dla odciętej x , zawartej w lewej połaci, gdzie:

$$l \geq x \geq b,$$

możliwibyśmy skorzystać z tych samych wzorów, ponieważ i tu w przęsle (x) niema żadnego punktu podparcia. Wypiszmy jednak, dla odmiany, trzeci wzór (9) Clapeyron'a dla sąsiednich przęseł:

$$(l_n = x - b), \quad (l_{n+1} = b).$$

Tu dla skrajnego lewego punktu przęsła (l_n):

$$y_{n-1} = y \quad M_{n-1} = 0,$$

dla środkowego punktu pomiędzy przęsłami:

$$y_n = p = \left[\frac{Px^2}{6EJ} (3b-x) \right]_{x=b} = \frac{Pb^3}{3EJ}, \quad M_n = 0,$$

a dla skrajnego prawego punktu O przęsła (l_{n+1}):

$$y_{n+1} = 0, \quad M_{n+1} = Pb.$$

Siłę P , jako graniczną, możemy zaliczać do przęsła (l_n), lub (l_{n+1}). Tak, czy inaczej, po wycięciu obu tych przęseł i obustronnem podparciu, siła P działać będzie bezpośrednio na jedną z podpór i tu więc:

$$m_n = m_{n-1} = 0.$$

Zatem wzór (9):

$$\frac{y-p}{x-b} - \frac{p}{b} = \frac{1}{6EJ} b Pb$$

daje:

$$by - bp - px + bp = \frac{Pb^3}{6EJ} (x-b)$$

skąd:

$$y = \frac{Pb^3}{6EJ} (3x-b) \quad | \quad x > b.$$

Różniczkowanie da:

$$y' = \frac{Pb^2}{2EJ} = \text{Constans},$$

w przęsle (l_n) belka, jako nieobciążona, zachowuje swój kształt pierwotny.

4. Dla belki, wspartej na podporach sprężystych, wzory Bresse-Clerc'a i Clapeyron'a stają się wzorami o czterech i pięciu momentach. Do zdobyczy w tym obrębie dorzuciłem ogólne wzory dla belki na podporach sprężystych, dających momenty sprężewiu, a nadto rozwiązałem zagadnienie szyny, leżącej na podporach równoodległych¹²⁾. Na razie chcę się tu ograniczyć do podpór niesprężystych, uszeregowanych po odkształceniu belki mniej więcej poziomo w znikomych odległościach pionowych y_n od pierwotnej osi X belki.

To znaczy, że początkowo ściśle osiowy szereg punktów podparcia uległ nieznacznym zmianom po obciążeniu belki: część owych punktów pozostała na osi, — reszta zesza z niej w dół — lub do góry. Idąc w kierunku (w) od lewego końca belki ku prawemu, gdzie leży początek O osi X , numerujemy kolejno wszystkie punkty podparcia: (0), (1), (2), ... (n-1), (n), (n+1) ... (s-2), (s-1), (s), wyodrębniając s przęseł pierwotnych. Obciążenie pionowe płaskie nie ma składowych poziomych, nie wzbudza sił odporowych poziomych. Zatem odcięte punktów osiowych można uważać za niezmiennie przy odkształceniach nieznaczących; stałe podpory — utożsamiać z łożyskowymi, a przegubowe — z posuwnymi⁶⁾.

Belka może być tylko końcami osadzona niesprężysto, jako że unieruchomienie pośredniego przekroju dzieli ją na dwie belki niezależne. Możemy przeto brać pod uwagę, wobec koniecznej swobody cieplnego rozszerzania się belki — te trzy przypadki podstawowe:

I. Prawy skrajny przekrój (s) belki jest unieruchomiony, osadzony niesprężysto. Lewy koniec belki tkwi w podporze łożyskowej niesprężystej. Wszystkie podpory pośrednie są niesprężyste — posuwne.

II. Prawy skrajny przekrój (s) belki jest unieruchomiony, osadzony niesprężysto na podporze stałej. Pozostałe podpory są niesprężyste — posuwne. Belka może się kończyć ponad lewą skrajną podporą, może poza nią wystawać. Część wystająca nazwiemy *lewym wspornikiem* belki.

III. Wszystkie podpory są niesprężyste posuwne, prócz skrajnej prawej — przegubowej. Belka może się kończyć ponad skrajnymi podporami, może poza nie wystawać. Części wystające nazywać będziemy wspornikami: lewym i prawym.

W przypadku I pierwsze przęsło (l_1) poczyna się u ścianki tulei podpory łożyskowej w punkcie podparcia (0) i kończy ponad podporą (1). W punkcie (0) panuje moment odporowy M_0 , a tuż przed (1) — moment zginający M_1 . Wobec osadzenia poziomego belki w tulei, y_0' ma wartość zerową. Nad-

¹²⁾ PT. z 1926 r. str. 714, PT. z 1927 r. str. 214, 330, 626, nadto: T. str. 534-538, lub WT. str. 227 p. 3, str. 236 p. 11, str. 246. p. c, str. 253 p. C, str. 261 p. c. str. 279 p. 10.

qui ont servi exclusivement à la recherche des moments de flexion au dessus des appuis hyperstatiques.

3. J'ai remarqué¹⁰⁾ en 1922, que ces relations déterminent aussi l'élastique. Moments de flexion une fois connus en deux points, on se sert de l'équation de Bresse-Clerc ou de Clapeyron pour calculer l'ordonnée y d'un point intermédiaire de l'élastique, ou l'inclinaison de la poutre y' en ce point.

4. Les relations de Bresse-Clerc et de Clapeyron, écrites pour une poutre à plusieurs travées solidaires, forment un système (u) des équations, linéaires par rapport aux moments de flexion M_n sur les appuis. On peut résoudre ce

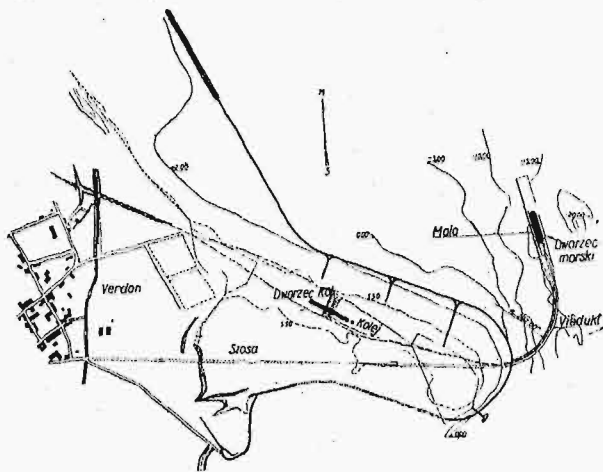
système par l'élimination des inconnues, ou par le calcul direct d'une seule d'elles, par exemple M_1 .

5. Le déterminant du système, développé par rapport aux mineurs de ses $(n-1)$ premières colonnes, donne trois formules de réduction (v, w), qui servent au calcul du déterminant par mineurs principaux successifs. Cette méthode donne un développement de M_1 et une formule générale pour M_n . De là en changeant n on tire deux formules particulières pour la seconde inconnue M_2 et la dernière — M_{s-1}

Inż. S. D. CHRULOW

O mechanizacji robót kesonowych

Rozwój techniki pociąga za sobą takie powiększenie ciężaru budowli inżynierskich, jakich przed laty 40—50 nikt się nie spodziewał. Zagadnienie przeniesienia tych sił na grunt nośny



Rys. 1. Plan sytuacyjny portu w Verdon pod Bordeaux.

wywołuje coraz większe trudności i projektowanie fundamentów nabiera pierwszorzędного znaczenia. Tem się tłumaczy ciągły wzrost zainteresowania techników literaturą o fundamentowaniu i rozwój tej dziedziny budownictwa.

Zastosowanie kesonów.

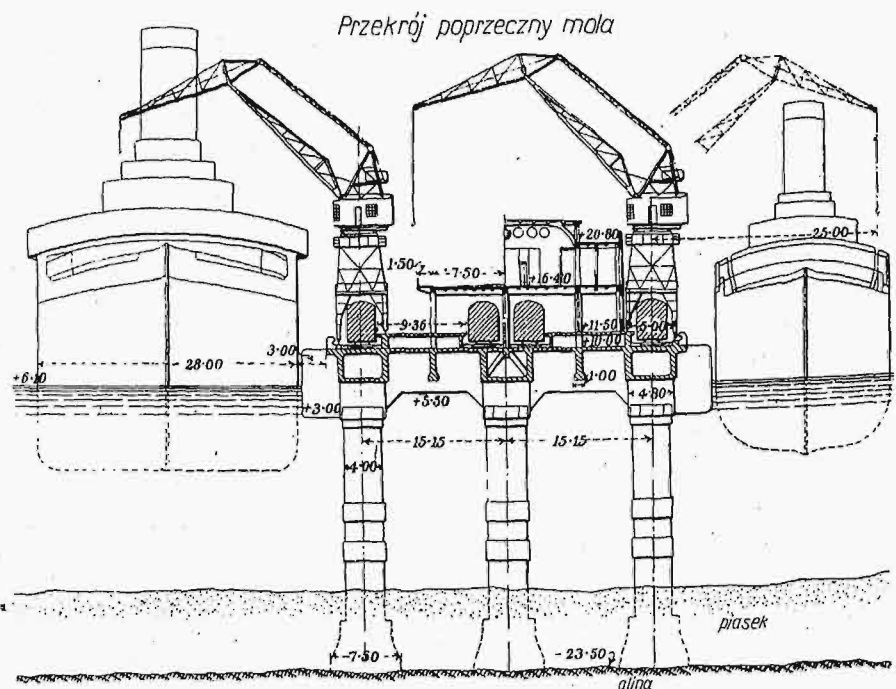
Fundamentowanie zapomocą kesonów stanowi klasyczny sposób fundamentowania pod wodą. Jego zalety są ogólnie znane i uznawane, lecz niestety kesony stanowią najdroższy rodzaj fundamentów. Duże ich koszty są skutkiem bardzo powolnego tempa robót budowlanych oraz drogiej robocizny. Oprócz nieco uciążliwych manipulacji służowania, zasilania powietrzem sprężonym i prądem elektrycznym, główną ujemną cechą kesonów są szkodliwe dla zdrowia, nawet niebezpieczne warunki pracy w nich.

Wprawdzie postęp w dziedzinie zapobiegania chorobie kesonowej jest już znaczny.

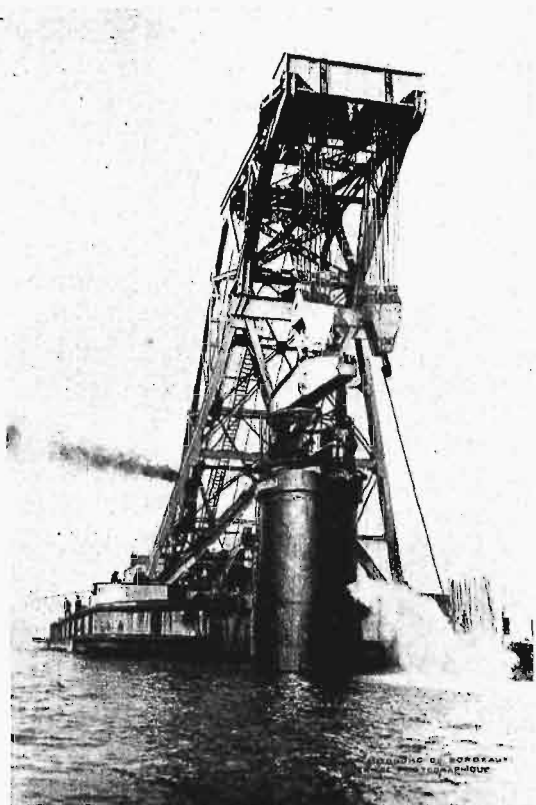
Jeszcze bowiem w latach 1903—09, podczas budowy „tunelu pensylwańskiego” w Nowym Jorku, na sto wypadków choroby kesonowej przypadało 1,5 wypadków śmiertelnych, podczas gdy przy budowie słynnego tunelu Holland'a (1926-28) liczba ta spadła do 0,1433. Mimo to roboty kesonowe są słusznie nadal uważane za uciążliwe, szkodliwe i nawet niebezpieczne. Do tego dochodzi powolne ich tempo oraz duży koszt ich wykonania.

Jednakże znaczenie tych robót w technice współczesnej jest tak duże, że nietylko nie może być mowy o ich wyeliminowaniu z dziedziny budownictwa, lecz odwrotnie — trzeba znaleźć sposoby usunięcia ich wad. Gdyby nam się udało naprz. dostarczyć na pożądane miejsce i potem opuścić na dno gotowy kadłub kesonu, zaoszczędzilibyśmy (na miejscu) czas i koszty budowy kesonu oraz montażu rusztowania. Zastosowanie maszyn do usunięcia ziemi z wnętrza kesonu mogłoby zastąpić pracę ludzką w powietrzu sprężonym oraz znacznie skrócić czas wykonania i obniżyć może koszty robocizny.

Przykładem może służyć budowa moła w Bordeaux, raczej jego „avant-portu” w miasteczku Verdon, położonym przy ujściu rz. Gironde'y. Za urządzeniem portu osobowego w Verdon przemawiało to, że pociągi, łączące Verdon z miastami w głębi



Rys. 2. Przekrój poprzeczny moła portowego.



Rys. 7. Ustawianie poziome i zagłębianie mechaniczne rury kesonowej.

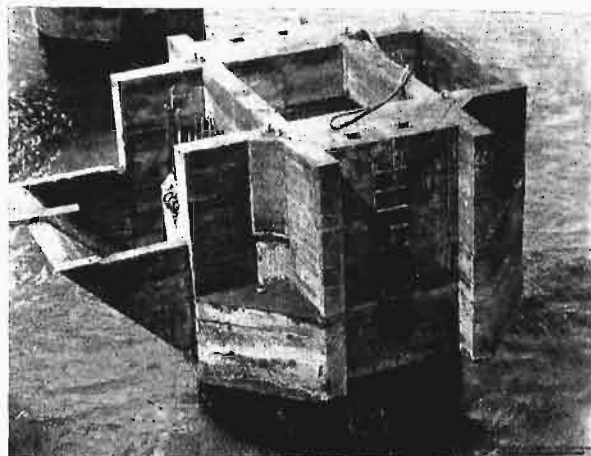
wody, większe ciśnienie zewnętrzne wypchało wewnątrz komory roboczej pewne ilości piasku. Aby temu zapobiec, doprowadzano później do rury wodę, zastępującą wypompowaną wodę i piasek.

Odlewnię rur urządzono na plaży (rys. 5). Jak widać z rys. 5, uzbrojenie stanowiło rodzaj siatki o przewodzie prętów pionowych. Formy użyto blaszane. Po wykończeniu rury i zdjęciu formy, szczelnie zamykano otwory i tak powstały próżny walec spuszczano do wody na wózkach, transportowano pływający cylinder aż do miejsca ustawienia, po czym ustawiano rury pionowo za pomocą dźwigu pływającego (rys. 6).



Rys. 9. Widok moła w trakcie budowy.

Skoro rura stanęła na dnie, uruchomiano pompy, które wypompywały z niej mieszaninę wody, powietrza i piasku (rys. 7). Skutkiem wydobywania piasku, oraz pod wpływem własnego ciężaru, rura stopniowo przenikała warstwę piasku, aby w końcu stanąć, jak tego żądano, na warstwie gliny. Wtedy zamykano otwarty dotąd górny wylot szybu i wypompowano z rury znajdujące się wewnątrz powietrze. Ciśnienie atmosferyczne zastępowało obciążenie i powodowało wciskanie ostrej krawędzi wieńca w warstwę gliny na głębokość 40—50 cm.



Rys. 8. Głowica, osadzana na rurze kesonowej.

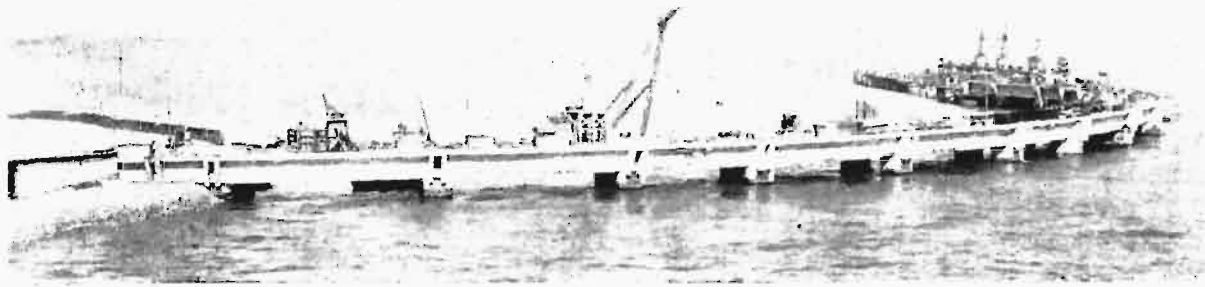
Pompy umieszczono pod kątem 120° i operowano nimi tak, by dokładnie zachować kierunek pionowy rury. Po uzyskaniu odpowiedniej wprawy załogi i zastosowaniu mocniejszych 300-tonowych dźwigów pływających, szybkość pograżania dochodziła do 1,80 m/godz., a jedna z rur została pograżona w ciągu 7 godzin.

Odległość między rurami wynosiła 20 m w kierunku podłużnym, zaś 15 m w kierunku poprzecznym mola. Dokładność ustawienia rur — $1/50$, wzgl. $1/37,5$, czyli 40 cm, tak że rzeczywista odległość różniła się od teoretycznej o ± 80 cm. Oprócz tego górne krawędzie już ustawionych rur nie mogły leżeć na jednakowym poziomie ze względu na różnicę poziomu zalegania warstwy gliny oraz różnicę głębokości wciskania się wieńca w tę warstwę.

Celem wyrównania, na górne krawędzie rur wkładano „głowice” żelbetowe (rys. 8). Na wspornikach mają później stać końce podciągaczy, a do czasu wykończenia robót — belki dwuteowe montażowe, na nich zaś — podkłady i szyny dla pociągów roboczych, dźwigów i t. p. Połączenie rury z nałożoną na nią głowicą widać na rys. 3. Opis pomostu opuszczam, jako do tematu nie należący i nie zawierający zresztą nic ciekawego.

Doświadczenia praktyczne.

a) Zastosowanie dużych droższych dźwigów pływających jest jednak rentowne, ze względu na oszczędność czasu i na nadmiar siły, którą zawsze można zużyć na wypionowanie rury w wypadku, gdy dzia-



Rys. 10. Molo po ukończeniu budowy.

lanie pompami nie wystarcza. Przy robotach w morzu jest to szczególnie nader ważny.

b) Opisane wyżej rury przecinały z łatwością warstwy grubości 1 m z kamieni wielkości pięści. Jednak nasuwa się wątpliwość, że podczas przecinania znacznie grubszych warstw kamieni mogą one wytworzyć naokoło pompy rodzaj filtru, co naturalnie znacznie obniżyłoby wydajność pomp.

c) Zastosowanie większej ilości pomp, aniżeli obliczona, jest stanowczo pożądane.

d) Załogi robotnicze muszą być dobrze wyćwiczone w manipulowaniu pompami na każdej głębokości.

Fundamentowanie filarów mostu.

Podczas budowy mostu „Ambassador Bridge” w Detroit zastosowano kesony podwójne, na których stały filary tego olbrzymiego mostu. Grunt nośny stanowił wapniak, na głębokości 32—33,5 m poniżej powierzchni wody, pod warstwami gliny i piasku. Każdy keson składał się z 2-ch walców żelbetowych o średnicy 10,5 m. Kesonów nie dostarczano do miejsca ich ustawienia w stanie gotowym, lecz nadbudowywano je stopniowo w miarę ich pograżania. Grunt został usunięty z kesonów mechanicznie. Po osiągnięciu gruntu nośnego i zamknięciu górnego wylotu, wypompowanie powietrza wystarczało, aby tak głęboko wcisnąć krawędź wieńca w dosyć twardy wapniak, że betonowanie odbywało się już przy otwartym szybie.

Wnioski ogólne.

a) Wymiary kesonów są ograniczone możliwościami transportu, wzgl. ich wagą. Przytem może być wykorzystana strata wagi ciała wskutek zanurzenia w wodzie.

b) Kesony o znacznych wymiarach mogą być wykończone w dokach, zaszalowane i spławione aż do miejsca ich ustawienia. Potrzebne maszyny budowlane oraz materiały mogą być wówczas przewożone drogą lądową bezpośrednio do doków. Stanowi to znaczną oszczędność czasu.

c) Podczas przecinania warstw glinianych znaczną pomoc może okazać sztuczne płókanie.

d) Skutkiem wytworzenia sztucznego wiru wewnątrz kesonu powstałby lej, do którego dna staczałyby się grubsze kamienie, które nie mogą być wypompowane wraz z piaskiem.

e) Zastosowanie takich kesonów z mechanicznym usuwaniem ziemi jest szczególnie pożądane przy głębokościach przewyższających 10 m, czyli granicę ciśnienia niebezpiecznego.

Budowa kesonów na lądzie, celem ich późniejszego ustawienia na miejscu, pociąga za sobą oszczędność rusztowania, całej instalacji powietrza sprężonego, transportu i przeładowania maszyn oraz sprzętu drogą wodną. Wynikiem tego są mniejsze koszty oraz krótszy czas wykonania budowy.

PRZEGLĄD PISM TECHNICZNYCH

METALOZNAWSTWO

Metody badania wydzielenia się węglików na granicach ziarn w stali 18-8.

Wiadomo, jak dużą rolę przypisuje się obecnie wydzielonym w granicach ziarn węglikom w stalach nierdzewiających. Wydzielenie węglików podwójnych powoduje obniżenie zawartości chromu w warstwach otaczających, a przez to zmniejsza odporność stali na korozję. Dlatego też zwrócono uwagę na badanie wydzielenia się węglików. Istnieją obecnie następujące metody:

1) Pomiary zmian własności magnetycznych — polegające na pomiarze zmian tych własności, jakie występują w stali w związku z pojawieniem się ziarn ferrytu, tworzącego się przy wydzieleniu węglików. W stalach niklowych powyżej 8 Ni metoda ta zawodzi.

2) Pomiary potencjału elektrolitycznego. Strauss ustalił tą metodą, iż wydzielenie się węglików rozpoczyna się przy zawartości C > 0,06%, zaś Bain i Aborn podają jako granicę 0,02—0,03% C.

3) Metody mikroskopowe, polegające na zbadaniu szlifów po wytrawieniu odpowiednim odczynnikiem. Jeżeli przy trawieniu występuje wyraźna granica ziarn, należy uważać tę stal za wrażliwą na korozję, t. zn. posiadającą wydzielone na granicach ziarn węgliki i zubożoną w chrom warstwę otaczającą, która właśnie uległa wytrawieniu.

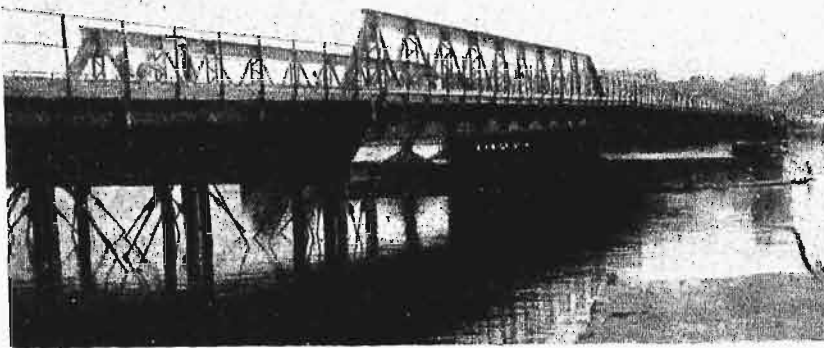
4) Próbkę badaną poddaje się trawieniu, poczem ogląda się, czy nie posiada rys charakterystycznych dla korozji, którą może wywołać trawienie. Pomiar oporności elektrycznej takiej wytrawionej próbki również może dać cenne wskazówki. (Revue de Métallurgie. 1934, str. 116—121).

E. P.

MOSTOWNICTWO

Most pływający w Abdżanie na Wybrzeżu Kości Słoniowej w Afryce.

Jest to most o szerokości jezdni 8,5 m z 2-ma chodnikami dla pieszych po 1,5 m. W osi mostu ułożony jest tor kolejowy o szer. 1 m (ciężar parowozu 39 t).



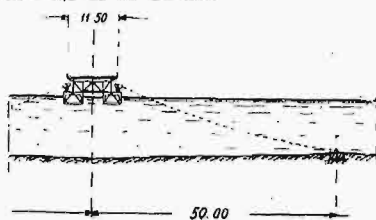
Rys. 1.

Część środkowa mostu składa się z 6-iu przęseł metalowych o długości po 35 m, z których każde opiera się na 2-ch pontonach (o objętości po 364 m³), ustawionych podłużnie w kierunku mostu w odległości 8,5 m osi od osi.

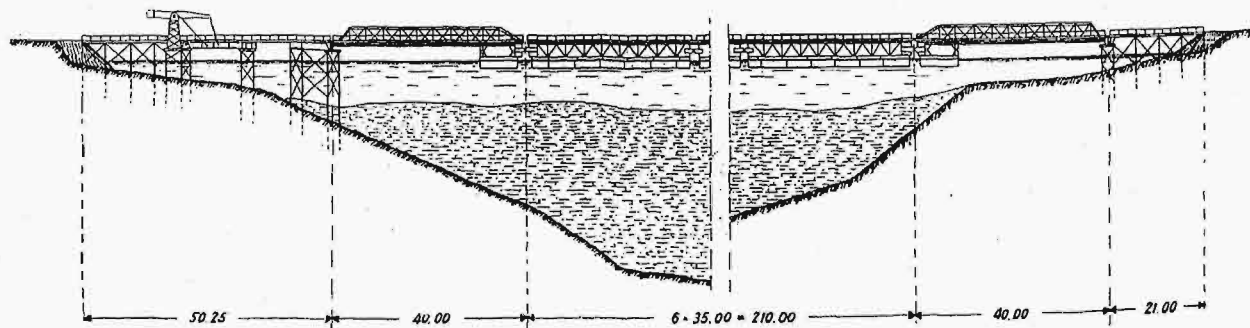
Przęsła przybrzeżne, na podporach stałych, łączą się z częścią pływającą za pomocą przęsła metalowego o długości 40 m, opartego jednym końcem na filarze stałym, a drugim — na pontonie, ustawionym w poprzek mostu, o objętości 480 m³ (rys. 1, 2 i 3). Podnoszenie się tego przęsła na podporze pływającej może być regulowane w granicach do 1,5 m.

Pochyłość przęseł pływających jest regulowana za pomocą balastu wodnego; nie przekracza ona 2%.

Dla przepuszczenia dużych statków usuwa się z linii mostu którekolwiek ze środkowych przęseł, podobnie jak w mostach pontonowych wojskowych.



Rys. 2.



Rys. 3.

Wybór tego systemu mostu dokonany został z powodu niemożności wykonania stałych podpór pośrednich w namule, leżącym na b. znacznej głębokości. Pontony — ze stali miedziowanej. Całkowity ciężar konstrukcji metalowej 2 200 tonn. (Bull. de l'Ass. Intern. des Ponts et Charpents, sierpień 1934 r.).

W. Ż.

KOLEJNICTWO

Wagony silnikowe dla kolei niemieckich.

Zamówienia na r. 1935 obejmują między innymi budowę wagonów szybkobieżnych, o prędkości 160 km/godz, które obsługiwać będą linie główne w ruchu dalekobieżnym; w Zagłębiu Ruhry, ze względu na dużą ilość miast skupionych na niewielkim terenie, max. prędkość wagonów silnikowych wynosić będzie 130 km/godz.

Przy budowie tych nowych jednostek mają być uwzględnione doświadczenia z ruchu wagonów dotychczasowych, przyczem coraz trudniejsze wymagania, stawiane wagonom silnikowym, wysunęły konieczność opracowania nowych typów silników i przekładni. W zakresie tych najważniejszych składników mechanizmu napędowego wszystko jest jeszcze płynne i brak dotychczas rozwiązań ustalonych. Gdy np. dotychczas przy dużych mocach silnika stosowano niemal wyłącznie przekładnię elektryczną, obecnie coraz groźniejszym jej konkurentem zaczyna się stawać przekładnia hydrauliczna, która umożliwi również ciągłą regulację i zapewniając dostatecznie wielkie momenty

przy rozruchu może być budowana w lżejszym wykonaniu.

Ostatnio zaznaczyć się daje pewien wzrost znaczenia wagonów silnikowych parowych, wyposażonych w kotły wysokopiężne z paleniskiem ropowym, regulowanem samoczynnie. Eksploatacja tych wagonów jest tańsza, gdyż w palnikach mogą być spalane mniej wartościowe gatunki oleju.

Celem zwiększenia wygody przejazdu, mają być rozszerzone przedziały i okna. Przewietrzanie i ogrzewanie wnętrza wagonu ma być oparte na nowych zasadach. Świeże powietrze włączane będzie do wagonu za pomocą wentylatora, napędzanego silnikiem elektrycznym, w zimie — po uprzednim podgrzaniu. Ciepło pobierane będzie częściowo z wody chłodzącej silnik, częściowo zaś z palenisk na paliwo ciekłe. (Z. V.D.I., zeszyt 41, 1934).

SPAWANIE

Nowa metoda spawania stali.

Cytowany niżej artykuł omawia metodę Lindewelda, którą zastosowano w Australji do spawania szyn ze stali o zawartości od 0,62 do 0,75% C. Spawano po 4 szyny, uzyskując długość całości 67,50 m. Nie wchodząc w szczegóły wykonania tej pracy, autor podaje trudności, z jakimi

mi wypadło walczyć podczas przygotowywania i wykonywania spawania 46 połączeń. Dla uniknięcia tych trudności wypadło zastosować szablony i uchwyty specjalne. W wyniku nabytego doświadczenia postanowiono nadal zaniechać połączeń z podkładką, lecz spawać tylko wprost końce łączonych szyn. (Modern Engr., październik r. ub., Techn. Mod. 1934 r., zesz. 13).

SPRAWOZDANIA I PRACE POLSKIEGO KOMITETU ENERGETYCZNEGO

Nr. 22

BULLETIN DU COMITÉ POLONAIS DE L'ÉNERGIE

Tom VIII

TREŚĆ

Zasoby, wytwórczość i spożycie surowców energetycznych w Polsce (rok 1932 i 1933).
Sprawozdania z posiedzeń.

WARSZAWA
31 PAŹDZIERNIKA
1934 r.

SOMMAIRE

Les ressources d'énergie, leur production et consommation en Pologne (1932 et 1933).
Comptes - rendus des séances de diverses Commissions du Comité.

Zasoby, wytwórczość i spożycie surowców energetycznych w Polsce (rok 1932 i 1933)

W celu odtworzenia obrazu gospodarki energetycznej świata Londyńskie Biuro Centralne Międzynarodowej Konferencji Energetycznej przygotowuje do druku wydawnictwo, obejmujące dane z tej dziedziny, p. t. „Statistical year book of the World Power Conference”.

Polski Komitet Energetyczny, po zebraniu materiałów do tego wydawnictwa w odniesieniu do Polski, podaje poniżej szereg liczb, ujętych według schematów, opracowanych specjalnie do tego celu.

TABLICA 1.

Zasoby węgla kamiennego, węgla brunatnego i torfu.

(w milionach tonn metrycznych)

Dane z roku 1933.

Węgiel kamienny		Węgiel brunatny		Torf
Zasoby pewne	Zasoby prawdopodobne	Zasoby pewne	Zasoby prawdopodobne	Zasoby prawdopodobne
1	2	3	4	5
13 988	47 793	1 500	5 000	około 5 500 (25% wilgotności)

TABLICA 2.

Wydobycie węgla kamiennego

(w milionach tonn metrycznych)

Rok	Pro-dukcja	Zapasy		Im- port	Eks- port	Węgiel bun- krowy, ład- dowany na statki zagr.	Całkowite zuży- cie (kol. 2 + 3 + 5) — (kol. 4 + 6 + 7)
		na po- czątku roku	w koń- cu roku				
1	2	3	4	5	6	7	8
1932	28,8	2,6	2,5	0,1	10,1	0,3	18,6
1933	27,4	2,5	1,7	0,1	9,4	0,3	18,6

TABLICA 3.

Węgiel brunatny.

(w milionach tonn metrycznych)

Rok	Pro- dukcja	Zapasy		Import	Eksport	Całkowite zużycie (kol. 2 + 3 + 5) — (kol. 4 + 6)
		Na początku roku	W końcu roku			
1932	0,0334	0,0005	0,0014	—	—	0,0325
1933	0,0335	0,0014	0,0008	—	—	0,0341

TABLICA 4.

Torf

(w milionach tonn metrycznych)

Rok	Produkcja
1	2
1933	około 2

TABLICA 5

Zasoby drewna

Dane z roku 1933

Powierzchnia kraju w milionach ha	Zalesienie kraju w milj. ha	Zalesienie w %
1	2	3
37,9	8,3	21,8

TABLICA 6.

Spożycie drewna (w milionach m³)

Rok 1932 i 1933

Rok	Roczne cięcie			Import		Eksport		Razem zu- życie drze- wa na opa- ł (kol. 2 + 3 + 5 — 7)	Razem zu- życie (kol. 2 + 3 + 5 + 6 + 8)
	na opał	inne	razem	na opał	razem	na opał	razem		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1932	12	14	26	—	0,03	0,08	2,1	11,92	23,93
1933	12	14	26	—	0,02	0,08	3,5	11,92	22,52

TABLICA 7.
Zasoby ropy naftowej.

Rok	Powierzchnia kraju	Pola o prawdopodobnych zasobach	Pola o pewnych zasobach	Pola naftowe czynne	Otwory		P r o d u k c j a							
					Ilość otworów wierconych	Ilość otworów produkujących ropę	Największa roczna			Najmniejsza roczna			Razem	
							Rok	W tysiącach kilolitrów	W tysiącach tonn metrycznych	Rok	W tysiącach kilolitrów	W tysiącach tonn metrycznych	W tysiącach kilolitrów	W tysiącach tonn metrycznych
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1932	38,8	2,0	0,1	0,007	5 629	3 036	1909	2 390	2 053	1932	650	557	37 850	32 550 ^{*)}
1933	"	"	"	"	5 746	3 126	"	"	"	1935	640	531	38 490	33 101

^{*)} 1874—21 tysięcy tonn.

TABLICA 8.
Ropa naftowa — przemysł rafineryjny (w tysiącach kg).

Rok	Przerobiono ropy	Wytwórczość gazoliny	W y t w ó r c z o ś ć p r o d u k t ó w					
			Benzyny		Nafty	Olejów gazowych i opalowych	Innych produktów	Razem
			z dystrylacji zwykłej	z dystrylacji rozkładowej (cracked)				
1932	544 859	38 722 ^{*)}	87 502	3 591	160 343	113 675	135 993	501 104
1933	568 005	42 258 ^{*)}	87 669	3 680	174 116	110 951	144 761	521 227

^{*)} Cała produkcja benzyny z dystrylacji zwykłej jest mieszana z benzyną z dystrylacji rozkładowej.

TABLICA 9.
Produkcja, przerób i spożycie ropy naftowej.

Rok	P r o d u k c j a				Z a p a s y							
	Ropy naftowej surowej		Ropy oczyszczonej	Gazoliny naturalnej	Na początku roku				W końcu roku			
	milj. kg	milj. t metr.			Ropy naftowej surowej		Ropy rafinowanej	Razem	Ropy naftowej surowej		Ropy rafinowanej	Razem
			milj. kg	milj. t metr.	milj. kg	milj. t metr.			milj. kg	milj. t metr.		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1932	556	0,55668	—	38,7	75	0,07479	206	281	76	0,07643	179	255
1933	550	0,55067	—	42,2	76	0,07643	179	255	54	0,05393	181	235

Rok	I m p o r t				E k s p o r t				Zużycie przez statki, kursujące zagranicę
	Ropy naftowej surowej		Ropy rafinowanej	Razem	Ropy naftowej surowej		Ropy rafinowanej	Razem	
	milj. kg	milj. t metr.			milj. kg	milj. t metr.			
	14	15	16	17	18	19	20	21	22
1932	—	—	5,4	5,4	—	—	222	222	6,3
1933	—	—	6,0	6,0	—	—	227	227	3,6

TABLICA 10
Benzol
(w tysiącach tonn)

Rok	Produkcja	Z a p a s y		Import	Eksport	Spożycie (kol. 2+3+5) — (kol. 4+6)
		Na początku roku	W końcu roku			
1	2	3	4	5	6	7
1932	22,177	1,265	0,835	0,193	14,085	8,351 ^{*)}
1923	24,363	0,824	0,952	0,106	13,295	9,450 ^{*)}

^{*)} Różnica pomiędzy sumą ogólną (2+3—4+6) a konsumpcją faktyczną tłumaczy się częściowo stratami przy przeróbce benzoli surowych, częściowo zaś ten surowiec i półfabrykaty, znajdujące się na przełomie roku w toku produkcji, nie są objęte statystyką produktów oczyszczonych, występując dopiero w roku następnym.

TABLICA 11.
Alkohol.
(W tysiącach kilolitrów).

R o k	Alkohol etylowy							Alkohol metylowy						Alkohol etylowy i metyl. razem		
	Produk- cja	Zapasy		Import	Eksport	Zużycie (kol. 2 + 3 - 5) - (kol. 4 - 6)	Zużycie na opał	Produk- cja	Zapasy		Import	Eksport	Produk- cja (kol. 9 - 10 - 12) - (kol. 11 - 13)	Zużycie na opał	Zużycie (kol. 7 - 14)	Zużycie na opał (kol. 8 - 15)
		na po- czątku roku.	w końcu roku						na po- czątku roku	w końcu roku						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	12	14	15	16	17
1932	39	55	57	—	5	32	1	0,238	0,048	0,048	—	0,036	0,202	—	32,202	1
1933	25	57	24	—	13	45	7	0,238	0,048	0,048	—	0,036	0,202	—	45,202	7

TABLICA 12.
Zasoby gazu ziemnego

Pól produ- kujących milj. ha	Suchych otworów		Mokrych otworów		Produkcja w milionach m ³				Razem
	Ilość otworów wywierconych	Ilość otworów produkujących	Ilość otworów wywierconych	Ilość otworów produkujących	Największa roczna produkcja		Najmniejsza roczna produkcja		
					ilość	rok	ilość	rok	
1	3	4	5	6	7	8	9	10	11
	53	36	ok. 3000	1904	537	1925	462	1933*)	ok. 12500**)

*) 2,2 milionów m³ w lipcu 1934 r.
**) 10,5 milionów m³ w lipcu 1934 r.

TABLICA 13.
Produkcja i spożycie gazu ziemnego
(w milionach m³).

R o k	Całkowita produkcja	Poddano odgazolinowaniu	Zużycie w kraju			Import	Eksport	Całkowite zużycie w kraju
			Na własny użytek kopalń	Przemysł i go- spodarstwo domowe	Razem			
1933	462	273	179	—	273	—	—	452

TABLICA 14.
Zasoby sił wodnych
Ogólna moc w tysiącach kW przy sprawności 100%.

R o k	Wszystkie zakłady, uruchomione i nieuruchomione			Zakłady wodne wykonane o mocy instalowanej powyżej 1000 kW			
	Q = 95 %	Q = 50 %	Arytmetyczny przepływ	Q = 95 %	Q = 50 %	Arytmetyczny przepływ	Średni prze- pływ wody
1	2	3	4	5	6	7	8
1933	1 000	2 300	2 700	4,5	7,4	7,4	17,2

TABLICA 15.
Moc wykonanych zakładów wodnych

R o k	Moc instalowana zakładów wodnych powyżej 1000 kW						Moc instalowa- na prądnic w elektrow- niach	Ogólna moc repre- zentowana przez wykonane zbiorniki w 1000 kWh przy 100% sprawności
	Zakładów przemysłowych		Elektrowni wodnych		R a z e m			
	Ilość zakładów	Moc silników wodnych	Ilość zakładów	Moc silników	Ilość zakładów	Moc silników		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1933	2	4,24	2	12,96	4	17,2	12,9	105

SPRAWOZDANIA Z POSIEDZEŃ**PREZYDJUM PKE n.****Protokół posiedzenia z dnia 15 września 1934 r.**

Obecni p.p.: L. Tolłoczko, przewodniczący, K. Siwicki, wice-przewodniczący, B. Stefanowski, sekretarz generalny, T. Czaplicki, Cz. Mikulski, Z. Rajdecki, M. Rybczyński, St. Turczynowicz.

1. Protokół poprzedniego posiedzenia odczytano i przyjęto.

2. Posiedzenie Komitetu Wykonawczego w Londynie. — Sprawę tego posiedzenia, wyznaczanego na 19 października r. b., zreferował p. prof. Stefanowski, komunikując przewidywany porządek obrad. Ze spraw, które figurują na porządku dziennym, bliżej zainteresowało Prezydium tylko zagadnienie bibliografii energetycznej oraz wydawnictwa światowego bilansu energetycznego według propozycji p. Haideggera (Węgry). Co do pierwszej, postanowiono współpracować z wydawnictwem zapoczątkowywanym przez Komitet Wykonawczy w Londynie, lecz narazie utrzymać jeszcze na najbliższy rok również wydawnictwo PKE n. t. „Power and Fuel Bulletin”.

Na wniosek p. prof. Rybczyńskiego postanowiono też rozważyć później sprawę publikacji podobnej bibliografii w języku polskim.

Sprawa układania światowego bilansu energetycznego wywołała dłuższą wymianę zdań, w której wskazywano, z jednej strony, iż bilans taki byłby zbyt niedokładny, wskutek braku odpowiednich współczynników przeliczania energii wodnej na kalorie oraz niemożności ścisłego ustalenia ilości ciepła, jaką rozwija spalany na całym świecie węgiel, wobec rozmaitych wartości opałowych różnych węgli, — z drugiej zaś strony dowodono, że i takie nawet, niedokładne zestawienie bilansu miałooby pewną wartość orientacyjną; inni wreszcie wskazywali, iż wobec przystąpienia do wydawnictwa Rocznika statystycznego w dziedzinie energetyki potrzeba osobnego bilansu energetycznego odpada. W wyniku wymiany zdań Prezydium doszło do wniosku, że nie PKE n. powinien angażować się w dyskusję nad tą sprawą, t. zn. ani nie popierać jej, ani nie przeciwstawiać się, jedynie tylko przyjęto wniosek p. dyr. Tolłoczki, iż on sam napisze do delegata St. Zjedn. p. Merrilla, wypowiadając się osobiście za przyjęciem proponowanej przez Haideggera metody zestawiania bilansu. Biorąc pod uwagę iż posiedzenie Komitetu Wykonawczego poświęcone będzie przeważnie sprawom nie interesującym bliżej PKE n., jak również ze względu na koszt wyjazdu delegata do Londynu, postanowiono, że tym razem PKE n. nie wyśle delegata na zebranie Komitetu Wykonawczego.

W związku z omawianiem sprawy międzynarodowego biuletynu energetycznego prof. Turczynowicz wniósł, by Prezydium zaprosiło kogoś specjalnie do zbierania materiałów do tego wydawnictwa, które — poza streszczeniami z prasy — ma zawierać wiadomości o referatach nie ogłoszonych drukiem, o nowych ustawach i rozporządzeniach, o książkach, ukazujących się z dziedziny energetyki i t. d.

Wniosek ten postanowiono rozważyć po zapoznaniu się z pierwszym zeszytem zamierzonego wydawnictwa.

3. Sprawy wydawnicze. P. prof. Stefanowski zawiadoma, że posiadamy 2 prace, które należałoby wydać: 1) opracowane przez p. Turczynowicza materiały z ankiety inwentaryzacyjnej wiatraków i 2) materiały z badań rozmieszczenia torfowisk w okolicach Warszawy, wykonanych przez p. Ptaszyckiego.

Postanowiono obie te prace wydać w „Sprawozdaniach i Pracach PKE n.”, wykonywając zarazem z nich osobne odbitki. Koszt druku wydawnictwa o torfach przyjęto w wysokości do 1 500 zł., map zaś do niego — ok. 300—400 zł.

Równocześnie postanowiono zacząć wydawnictwo map do monografii o węglu brunatnym, w miarę ich wykańczania. Poruszoną zaś przez p. dyr. Siwickiego sprawę wydania pracy o elektryfikacji w rolnictwie postanowiono rozważyć na następnym posiedzeniu, na które będą przygotowane dane (co do kosztów druku, możliwości finansowych, wysokości honorarium autorskiego i t. d.) przez komisję, złożoną z pp. Siwickiego, Stefanowskiego i Mikulskiego.

4. Organizacja Komisji Gazyfikacyjnej. Sprawozniono, wobec niemożności przybycia na posiedzenie Świerczewskiego.

5. Program prac Komisji. P. Z. Rajdecki, przewodniczący Komisji paliwa stałego, zawiadomił Komisję przystąpiła do prac nad ustaleniem tak zw. efektywnych zasobów węgla. Mówca wyjaśnił szczególne znaczenie i program tej pracy. W jej wykonaniu Kom. utworzy bądź 3 podkomisje w zagłębiach węglowych, i też porozumie się z Akademią Górniczą w celu powinięcia tej pracy z praktykami studenckimi.

O Komisji ciepła odpadkowego mówił prof. Stefanowski, komunikując, iż zajmie się ona sprawą wyzyskania rezerw cukrownianych w Poznańskim celów elektryfikacji.

Komisja wojskowo-energetyczna, wezwana oświadczenia p. dyr. Siwickiego, nowych zagadnień nie częła jeszcze rozpatrywać.

Prace Komisji gospodarki elektrycznej omówił p. prof. Czaplicki, podnosząc, że ma ona w programie 2 główne zagadnienia: 1) opracowanie wniosków co do szeregu spraw, związanych z nową ustawą elektryczną (w runki koncesyjne, arbitraż i t. d.) oraz 2) opracowanie w tym celu gospodarki elekrowni komunalnych.

P. prof. Rybczyński, mówiąc o pracach Komisji Wodnej, wymienił następujące jej zadania: 1) współudział w pracach, dotyczących zagadnień zbiorników, które są obecnie aktualne na tle tegorocznej powodzi, ujęte przez Sekcję wodną Komitetu Technicznego Stowa Komunikacji; 2) dalsza praca inwentaryzacyjna do końca r. b. będzie zakończona (pozostają województwa: Białostockie i Śląskie); 3) udział nad budującymi się zaporami (Porąbka).

Komisja Torfowa, według referatu p. prof. Tolłoczki, zajmuje się wykończaniem instrukcji. Szafer nadesłał projekt uzupełnienia instrukcji o torfach.

6. Sprawy bieżące: dnia i godziny na posiedzenia Prezydium. Zgodnie z postanowieniem odbywać posiedzenia nadal w soboty od godz. 10 rano, najbliższe jednak zebranie postanowiono zwołać o godz. 17 w mieszkaniu p. dyr. Tolłoczki.

7. Sprawy bieżące: a) P. prof. Turczynowicz poruszył sprawę skasowania wykładów torfiarstwa na wydziale inżynierji Politechniki Warszawskiej i podniósł, czyby PKE n. nie uznał za właściwe poprzeć wznowienia tych wykładów (w nieco innym ujęciu) na wydziale mechanicznym. P. prof. Stefanowski wskazał, że PKE n. mógłby tylko ewentualnie poprzeć wniosek o utrzymanie tych wykładów na wydziale inżynierji. Postanowiono prosić p. prof. Rybczyńskiego o porozumienie się w tej sprawie z dziekanem wydziału inżynierji; jeśli dziekan uzna list PKE n. do Ministerstwa Wyznań Religijnych i Oświecenia Publicznego w tej sprawie za pożyteczny, Prezydium wyśle go.

b) Postanowiono zakupić dla biblioteki PKE n. referaty ze zjazdu naftowego w Londynie.

c) Wniosek p. prof. Turczynowicza o zorganizowaniu zebrania Prezydium w Wilnie postanowiono omówić na następnym posiedzeniu.

Na tem obrady zakończono.

SPROSTOWANIE

W referacie p. inż. K. Siwickiego p. t. „Rola torfu na tle innych źródeł energii w Polsce”, zamieszczonym w Nr. 2 „Sprawozdań i Prac PKE n.” z r. b., na str. 9 wkraśl się błąd drukarski wskutek dwukrotnego powtórzenia tego samego wiersza. Zdanie referatu, zaczynające się od słów (9-ty wiersz tekstu lewego łamu): *Zagadnienie taniej energii powinno brzmieć dalej: rozwiązuje zawodowa elektryfikacja przez centralizację produkcji i t. d.*

Ponadto początek ustępu drugiego tegoż łamu powinien brzmieć: *Państwo, jako całość, interesuje się nie tylko ceną... i t. d.*