

Oznaczanie czasu biegu pociągów.

Opór pociągu. Moc parowozu. Prędkość jednostajna biegu pociągów w zależności od podłużnego zarysu (profilu) toru. Wirtualna długość linii drogi żelaznej. Przyspieszony i zwolniony bieg pociągów. Strata czasu na rozpęd i zatrzymanie pociągu.

Napisał A. Wasiutyński, inżynier,
Profesor Politechniki Warszawskiej.

Opór pociągu.

1. Uwagi ogólne. Jak wiadomo, opór ruchu pociągu składa się z oporów toru, powietrza, powozów i mechanizmu parowozu.

Toczenie się kół po nierównościach toru, ruch w środowisku powietrznym, posiadającym inną prędkość, obracanie się czopów osiowych w panwiach, przesuwanie się tłoków, suwaków i t. p., stanowią zjawiska nadzwyczaj różnolite i częściowo bardzo zawiłe.

Wobec tego, a także wobec różnaitości ustrojów taboru i warunków ruchu, oznaczenie oporu pociągu powinno opierać się przeważnie na spostrzeżeniach zjawisk w takiej ze sobą łączności, w jakiej odbywa się ruch prawidłowy pociągów.

Wielkości oporu pociągu, otrzymane przez rozmaitych badaczy, różnią się w bardzo rozległych granicach.

Niezgodność ta powstała nie tylko wskutek różnic w ustrojach taboru, oraz zawiłości zjawisk i mnogości czynników, częściowo przypadkowych, które wywierają wpływ na opór pociągów, lecz także wskutek niejednakowych sposobów prowadzenia spostrzeżeń i nie dość ścisłych wskazówek, jakie opory obejmuje w sobie dane wyrażenie wielkości oporu.

Stosownie do sposobu prowadzenia spostrzeżeń, otrzymane wielkości oporu ruchu wyrażają niekiedy tylko tę lub inną część jego, lecz nie opór całkowity, przewyższony ciśnieniem pary.

Sposoby głównejsze oznaczenia za pomocą doświadczeń oporu pociągów, zasadzają się:

1) Na zmierzeniu (za pomocą dynamometru) siły potrzebnej do przewyciężenia oporu przy danej prędkości, albo na odwrót, na zmierzeniu prędkości, odpowiadającej pewnej oznaczonej sile poruszającej (sile ciężkości podczas ruchu na pewnym oznaczonym pochyleniu).

2) Na oznaczeniu (przy zamkniętym regulatorze) przyspieszeń, odpowiadających rozmaitym prędkościom. Przyspieszenia mogą być mierzone bezpośrednio (za pomocą wahadła DEDOUTS'A), albo za pomocą oznaczenia zależności pomiędzy czasem a przebytymi drogami, albo wreszcie za pomocą zależności między czasem a prędkością (spostrzeżenia chronometryczne).

3) Na bezpośrednim zmierzeniu pracy pary w cylindrach za pomocą zdjęć wykresów indykatorowych. W razie ruchu niejednostajnego, do oznaczenia pracy oporu z pracy tłoków, potrzebne jest nadto oznaczenie przyspieszeń.

Oznaczenie oporów za pomocą dynamometru (dynamografu) nie daje wyników rzeczywistych. Wielkość oporu podlega ciągłym wahaniom, wskutek czego linia wyobrażająca go jest zygzakowatą i trzeba ją zastąpić przez jakąś przybliżoną średnią. Nadto parowóz ciągnący za sobą przy pomocy dynamometru pociąg, którego opór ma być mierzony, przejmuje na siebie prawie w zupełności opór powietrza, wskutek czego ten opór powietrza pozostaje niezmierzonym.

Przy takim sposobie prowadzenia spostrzeżeń, jak również i przy mierzeniu oporów za pomocą oznaczania wywołanych przez nie przyspieszeń (ujemnych) przy zamkniętym regulatorze, wykluczona zostaje część oporu mechanizmu parowozu, pochodząca od ciśnienia pary na tłoki i od tarcia suwaków.

Z drugiej znów strony, wskutek wsysania i wgniatania powietrza w puste cylindry, zjawia się opór, którego niema przy ruchu parowozu pod działaniem pary.

Jednak opory te ujawniają się tylko w niektórych typach parowozów, których suwaki nie mają wolnej gry w kierunku prostopadłym do płaszczyzny ślizgania¹⁾.

Co się tyczy oporu dodatkowego, powstającego wskutek ciśnienia pary na tłoki i wskutek tarcia suwaków, to praca tego oporu, według obliczeń FRANK'A, sprawdzonych przez prof. PETROWA²⁾, nie może wynosić więcej nad 5—6% pracy pary w cylindrach, oznaczonej indykatozem.

Tym sposobem oznaczenie oporu pociągu na zasadzie przyspieszenia, obserwowanego przy biegu pociągu pod działaniem jedynie tylko siły bezwładności i ciężkości, daje wyniki dostatecznie dokładne, zwłaszcza, jeśli są one sprawdzane za pomocą oznaczanych indykatozem wykresów pracy pary w cylindrach.

Zdjęte za pomocą indykatora wykresy dają możność oznaczenia pracy pary w cylindrze, a przy wiadomym skoku tłoka, także wielkości średniego ciśnienia pary na tłok.

W ten sposób na zasadzie wykresów indykatorowych można oznaczyć całkowity opór pociągu, włącznie z oporem mechanizmu parowozu, w warunkach ruchu prawidłowego.

Jeżeli do oznaczenia pracy parowozu i przewyciężonych przezeń oporów nie zawsze używa się indykatorów, to przypisać to należy tej okoliczności, że zdejmowanie indykatozem wykresów na parowozie, znajdującym się w biegu, nie jest tak dogodne jak na maszynie stałej i że przy prędkościach wielkich niezbędna jest szczególna ścisłość przyrządu i umiejętności używania go w celu uniknięcia wskazań błędnych.

Szczegóły różnych sposobów prowadzenia spostrzeżeń podane są w specjalnych sprawozdaniach. W pracy niniejszej uważaliśmy za niezbędne wspomnieć tylko o stosowanych sposobach prowadzenia spostrzeżeń i o konieczności uprzątomnienia sobie na zasadzie jakich danych oznaczano te lub inne wzory oporu pociągów.

Ze względu na ustrój taboru, nad którym spostrzeżenia były prowadzone, należy zauważyć, że niektóre wzory wyrażają opór, nie odpowiadający już współczesnym typom parowozów i wagonów. Wskutek tego należy posilkować się przeważnie wynikami nowszych badań. Z pośród najnowszych badań, dotyczących oporu pociągów, zasługują na szczególniejszą uwagę spostrzeżenia DEDOUTS'A i NADAL'A, wykonane na francuskich drogach żelaznych państwowych i A. FRANK'A — na pruskich drogach żelaznych państwowych, jak również spostrzeżenia Goss'a na stacyi doświadczalnej uniwersytetu w Purdue w Ameryce.

2) Wzór prof. Petrowa. W Rosyi sprawą o oporze pociągów zajmował się prof. PETROW i poświęcił jej dzieło³⁾ zawierające szczegółowe teoretyczne opracowanie tej sprawy, jak również przegląd krytyczny wyników spostrzeżeń wykonanych do 1886 r.

Prof. PETROW, ustaliwszy na zasadzie rozważań teoretycznych postać, jaką powinien mieć wzór, wyrażający całkowity opór pociągu, oznacza najbardziej prawdopodobne wielkości jego współczynników liczbowych, starając się zbliżyć możliwie do wyników otrzymanych przez rozmaitych badaczy i posilkując się przytem przedewszystkiem spostrzeżeniami VUILLEMIN'A, GUEBHARD'A i DIEUDONNÉ.

¹⁾ Por. Dedouts. Revue gén. 1890, str. 287.

²⁾ N. Petrow. Soprotiwlenie pojezdow. Petersburg 1889.

³⁾ N. Petrow: Soprotiwlenie pojezdow. Petersburg 1889.

Na zasadzie tych badań, prof. PETROW wyprowadził dla całkowitego oporu na torze prostym poziomym wzór następujący:

$$W = \{2,3 + 0,15 V + 0,001 V^2\} L + 1,2 Q + 0,9 n V + 0,03 (1 + 0,04 n) V^2 + (0,2 - 0,015 \tau) (L + Q) \quad (1),$$

w którym oznacza:

- L — ciężar parowozu z tendrem w t ,
 Q — „ pociągu w t ,
 n — ilość wagonów,
 V — prędkość w $km/g.$,
 τ — temperaturę atmosfery w $^{\circ}C$.

(współczynniki 2,3 i 0,6 odnoszą się do pociągów osobowych; dolne zaś 4,3 i 0,9 — do towarowych). Wzór ten powinien dawać wyniki zbliżone do przeciętnych otrzymanych z wyżej wspomnianych spostrzeżeń.

Należy jednak zauważyć, że nie wszystkie spostrzeżenia, których wyniki uwzględniono przy wyprowadzeniu tego wzoru, mają obecnie znaczenie równoważne. Bardzo dokładne i czyniące zadość wymaganiom naukowym spostrzeżenia VUILLEMIN'A, GUEBHARD'A i DIEUDONNÉ wykonane były temu lat 35, a więc w warunkach znacznie innych niż obecne.

Z drugiej strony już po wyjściu dzieła prof. PETROWA wykonali we Francji DEDOUTS i jego kontynuator NADAL, w Niemczech zaś FRANK, oraz w Ameryce Goss nowe spostrzeżenia, które dostarczyły obficie danych przedmiotowych do wyjaśnienia tej zawilej sprawy.

3) Spostrzeżenia Dedouits'a i Nadal'a. DEDOUTS oznaczał opór pociągów, biegnących wskutek bezwładności, przy zamkniętym regulatorze, obserwując ich przyspieszenia. Ostatnie otrzymał bezpośrednio za pomocą wynalezionego przez siebie przyrządu, nazwanego wahadłem dynamometrycznym (fr. pendule dynamométrique v. dynamomètre d'inertie syst. DEDOUTS), albo też oznaczał je obserwując przy pomocy chronografu przebieżone długości i czas zużyty przez pociąg do ich przebieżenia. Wyniki tych spostrzeżeń sprawdzał NADAL za pomocą indykatora.

Opór pociągu według spostrzeżeń DEDOUTS'A może być wyrażony przez następujące wzory¹⁾:

1) Opór parowozów z tendrami, włącznie z oporem powietrza i oporem wewnętrznym mechanizmu w kg/t :

$$w = 4 + 0,9 V \cdot \frac{V + 40}{1000} \quad (2).$$

2) Opór wagonów zwyczajnych dwuosioowych:

$$w = 1,6 + 0,3 V \cdot \frac{V + 90}{1000} \quad (3).$$

3) Opór wagonów na wózkach:

$$w = 1,4 + 0,2 V \cdot \frac{V + 90}{1000} \quad (4).$$

Opór parowozów rozmaitych typów z odjętymi wiązaniami i trzonami korbowymi, wynosił, według spostrzeżeń DEDOUTS'A, przy prędkościach bardzo małych od 2,25 do 3,1 kg na 1 t ciężaru parowozu z tendrem. Większe wielkości oporu otrzymano dla parowozów typów cięższych.

4) Spostrzeżenia Frank'a 1880 r. Wzór oporu A. FRANK'A, powszechnie stosowany w Niemczech, był wyprowadzony na zasadzie spostrzeżeń wykonanych przez niego na drogach żelaznych Alzacko-Lotaryńskich w 1880 r.²⁾

Spostrzeżenia te przeprowadzone były dla ruchu na długich spadkach, przy zamkniętym regulatorze, przyczem obserwowano czas przebiegu i przebieżone długości.

Wzór FRANK'A ma postać następującą:

$$W = \mu L + 0,0025 Q + 0,1225 (\Omega + \omega n) v^2 \quad (5);$$

W — opór całkowity w kg ; Q i L — ciężar parowozu z tendrem i wagonów; Ω , ω — powierzchnie podlegające oporowi powietrza, z których pierwsza odnosi się do parowozu i ustalona została przez FRANK'A dla parowozu osobowego na $\Omega = 7 m^2$, a dla towarowego na $\Omega = 8 m^2$, druga zaś odpowiada jednemu wagonowi i wynosi:

dla wagonu pakunkowego (brankardu) $\omega = 1,7 m^2$
 „ „ towarowego krytego lub osobowego $\omega = 0,5$ „
 „ „ odkrytego naładowanego $\omega = 0,4$ „
 „ „ „ pustego $\omega = 1$ „
 „ „ krytego zdążającego za odkrytym dodatkowo 1 „
 n — ilość wagonów, v — prędkość w $m/sek.$; współczynnik μ wynosi dla parowozów osobowych 0,0032, a dla towarowych 0,0038.

Wzór FRANK'A ma kształt podobny do dawnego wzoru CLARK'A:

$$W = \left(3,6 + \frac{V^2}{1000}\right) (L + Q) \quad (6),$$

albowiem prędkość ruchu występuje w obu wzorach w drugiej potęgze. Różnica pomiędzy rzeczonymi wzorami polega na tem, że we wzorze FRANK'A współczynniki przy wyrazach, zależnych od ciężaru, nie są jednakowe dla parowozu i wagonów, a przy wyrazach, zależnych od prędkości, zmieniają się wraz ze zmianą składu pociągu, gdy tymczasem we wzorze CLARK'A wyrażają się stałymi cyframi.

Dla pociągów oznaczonego ściśle składu wzór FRANK'A może być przedstawiony w takim samym kształcie, jak i wzór CLARK'A. Tak np. RÜPPEL³⁾, uczyniwszy pewne przypuszczenia co do składu pociągów, wyprowadza z wzoru FRANK'A następujący wzór uproszczony oporu pociągu na jednostkę jego ciężaru:

$$w_{kg/t} = 2,5 + \frac{V^2_{km/g.}}{1000} \quad (7).$$

Wzór ten różni się od wzoru CLARK'A jedynie tylko wielkością pierwszego wyrazu stałego.

Ostatnimi czasy w Niemczech często posilkują się podobnymi uproszczonymi wzorami, kształtu

$$w_{kg/t} = 2,4 + \frac{V^2_{km/g.}}{1000} \quad (8)^4),$$

albo

$$w_{kg/t} = 2,4 + \frac{V^2_{km/g.}}{1300} \quad (9)^5),$$

zwanymi przez analogię wzorami CLARK'A.

Skład pociągu ma niewątpliwie wpływ na opór jednostki jego ciężaru. Wobec tego należałoby powyższe wzory, wyprowadzone z wzoru FRANK'A, stosować tylko w wypadkach, gdy skład pociągu jest niewiadomy i gdy wymagane jest oznaczenie tylko przybliżonego oporu pociągu. W innych wypadkach wpływu składu pociągu na wielkość jego oporu nie należy w żadnym razie pomijać.

Dla pociągu towarowego, złożonego z 50-ciu wagonów naładowanych, jak to się często zdarza, do $\frac{3}{8}$ siły nośnej, (przyjmując połowę wagonów krytych i połowę odkrytych), opór ruchu w kg , obliczony z wzoru FRANK'A, wynosi:

$$\begin{aligned} W &= 3,8 \cdot 75 + 2,5 \cdot 575 + \\ &+ 0,1225 (8 + 1,7 + 0,4 \cdot 25 + 0,5 \cdot 25 + 1) \frac{V^2}{3,6^2} = \\ &= 1722 + 0,1225 \cdot \frac{33,2}{3,6^2} V^2 = 1722 + 0,314 V^2, \end{aligned}$$

czyli na 1 t pociągu:

$$w = 2,65 + \frac{V^2}{2070} \quad (10).$$

W tym wzorze współczynnik przy wyrazie, zależnym od prędkości, jest dla danego wypadku znacznie mniejszy od przyjętego we wzorach przybliżonych (8) i (9). Przy wyprowadzeniu tych ostatnich wzorów przyjęto bardzo wielki, nie spotykany w praktyce, stosunek powierzchni wagonu, wystawionej na parcie powietrza, do ciężaru wagonu, co potwierdza FRANK⁶⁾.

Wzór FRANK'A w pierwotnej jego postaci rozważyliśmy więcej szczegółowo, wobec ścisłego związku z nim wzorów (8) i (9), bardzo często stosowanych u nas i w Cesarstwie pod nazwą wzorów CLARK'A albo wzorów inżynierów niemieckich.

³⁾ Organ 1899, str. 72.

⁴⁾ Borries w dziele zbiorowym: Die Eisenbahntechnik der Gegenwart. Die Locomotiven 1897, str. 95.

⁵⁾ Borries w tomie III części II tegoż dzieła: Betrieb der Eisenbahnen. 1902, str. 361.

⁶⁾ Organ 1899, str. 148.

¹⁾ Por. artykuł Nadal'a w Revue gén. 1903, I, str. 316.

²⁾ A. Frank. Die Widerstände der Lokomotiven und Bahnzüge. Wiesbaden, 1886.

5. **Spostrzeżenia Frank'a z 1901 r.** W 1901 r. przeprowadził FRANK nową serię spostrzeżeń¹⁾ przy prędkościach dochodzących do 100 km/g., stosując wogóle ten sam sposób postępowania co i w 1880 r. Z tych spostrzeżeń otrzymano:

1) Opór parowozu z tendrem, przy zamkniętym regulatorze:

$$w_{kyl} = 4 + \left(0,00592 \frac{\Omega_1}{Q_1} + 0,000322 \right) V^2 . . (11),$$

gdzie Ω_1 —powierzchnia rzutu pionowego parowozu prostopadłe do jego osi podłużnej, Q_1 —ciężar parowozu z tendrem, V —prędkość w km/g.

2) Dla takiegoż parowozu, lecz z odjętymi suwakami:

$$w_{kyl} = 2,5 + \left(0,00592 \frac{\Omega_1}{Q_1} + 0,000142 \right) V^2 . . (12).$$

Przez odjęcie suwaków usuwa się prawie zupełnie opór, pochodzący od wysysania i wgniatania powietrza w puste

¹⁾ Nene Ermittlungen über die Widerstände der Locomotiven und Bahnzüge von A. Frank. Zeitschr. des Ver. deutscher Ingenieure. 1903 r., № 13.

cylindry. Z drugiej strony jednak zdjęcie suwaków spowoduje nieznaczne zmniejszenie się wewnętrznego oporu parowozu. FRANK przyjmuje, że wzór (12) wyraża całkowity opór parowozu pod parą.

3) Opór wagonów osobowych:

$$w_{kyl} = 2,5 + \left\{ \frac{1,2 + 0,32 n}{106 Q_2} + 0,000142 \right\} V^2 . . (13),$$

gdzie n i Q_2 —ilość i ciężar wagonów. Opór wagonów towarowych krytych oznacza się z tegoż wzoru.

4) Opór wagonów odkrytych:

a) naładowanych:

$$w_{kyl} = 2,5 + \left\{ \frac{1,2 + 0,18 n}{106 Q_2} + 0,000142 \right\} V^2 . . (14),$$

b) pustych:

$$w_{kyl} = 2,5 + \left\{ \frac{1,2 + 0,925 n}{106 Q_2} + 0,000142 \right\} V^2 . . (15).$$

(C. d. n.).

Zastosowanie spirytusu do oświetlenia.

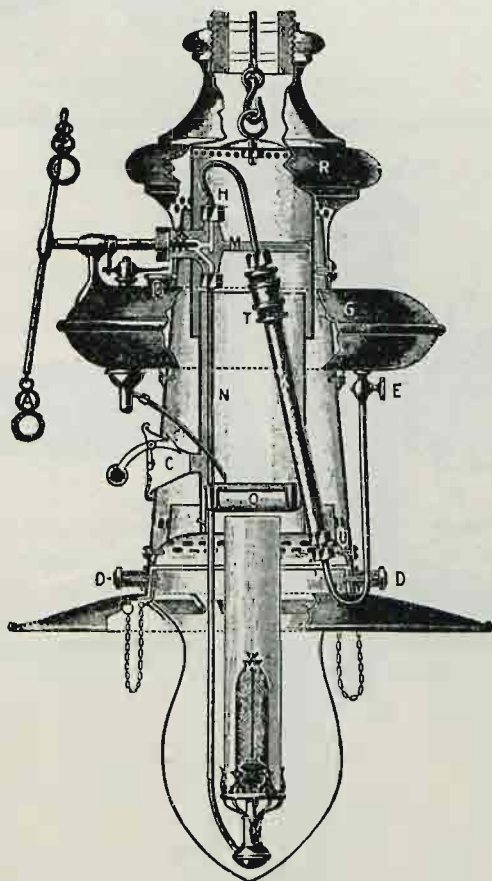
(Z uwzględnieniem Wystawy międzynarodowej zastosowań spirytusu i przemysłu fermentacyjnego w Wiedniu 1904 r.).

Napisał Wacław Krzepowski, inż.

(Ciąg dalszy do str. 119 w № 10 r. b.).

Lampy spirytusowe o silnem świetle, używane do oświetlenia zewnętrznego, są przeważnie tak urządzone, że własny płomień lampy zamienia spirytus na parę.

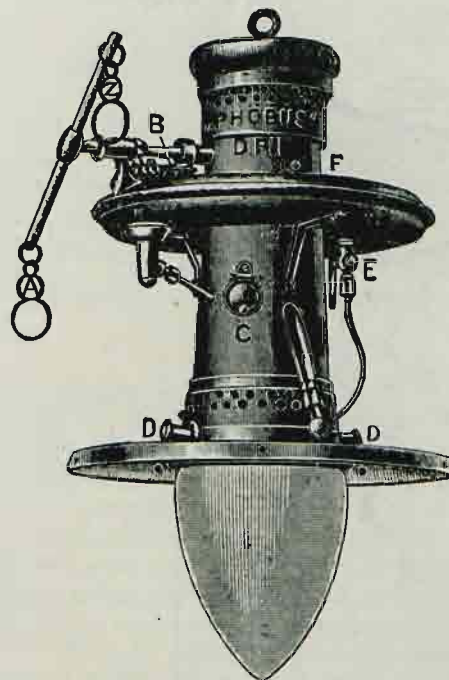
Tego systemu są lampy: „Phöbus“, „Schwert“, „Monopol“, „Rekord“, „Stella“, „Säcular“ i in.



Rys. 24.

Lampa typu „Phöbus“ wyrobu „Spiritusglühlicht-Gesellschaft“ w Dreźnie (rys. 24) składa się z naczynia na spirytus G , z tego naczynia spływa spirytus przez kurek E i rurkę do przeparnika K . Gdy się pociągnie na dół łańcuszek A dźwigni dwuramienniej, to otwiera się wentyl M i przeparówany spirytus dostaje się rurką N do palnika. Równocześnie z naczynka umieszczonego pod zbiornikiem G wypływa na miseczkę Q ma-

ła ilość spirytusu, który jest potrzebny do rozgrzania rury K . W miseczce leży pierścień azbestowy, który przez otwór C się zapala. Przeparówany spirytus zmieszany w palniku z powietrzem wychodzi przez cylinder lampy i tam się zapala przy płomieniu w miseczce Q . Wkrótce wypala się spirytus w miseczce, a dalsze ogrzewanie przeparnika K odbywa się pod wpływem ciepła samej lampy. Śruby D służą do trzymania reflektora. Lampa taka musi spokojnie wisieć i powinna być chroniona od wiatru, dlatego fabryka powyższa zastosowała odpowiednie urządzenia lejkowate, które pokry-



B —otwór do napełniania, C —otwór do zapalania.

$\frac{1}{7}$ natur. wiel.

Rys. 25.

wę R silnie przysrubowują. Również dla trzymania szklanego dzwonu służy patentowane urządzenie blaszane. Do czyszczenia można pojedyncze części składowe lampy odpowiednio otwierać. Co kilka miesięcy należy lampę dokładnie oczyścić od zanieczyszczeń spirytusu, oraz otwory palnika należy przedmuchać. Przy zapaleniu lampy należy dźwignię za łańcuszek A tylko raz w dół pociągnąć, gdyż w przeciwnym