

## 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. Wasiułyński, inżynier,

Profesor Politechniki Warszawskiej.

(Ciąg dalszy do str. 219 w № 18 r. b.).

8. Wykresy siły pociągowej zależnie od prędkości dla rozmaitych typów parowozów. Ilość wilgotnej pary, otrzymywanej na godzinę z  $m^2$  powierzchni rusztu, wynosi według NADAL'A:

$$\frac{S}{R} = 460 \sqrt{\frac{H}{R}} \quad (28).$$

Ponieważ węgiel Zagłębia Dąbrowskiego może odparować w kotle parowozu średnio  $6\frac{1}{2}$  jednostek ciężaru wody na jednostkę ciężaru własnego, zaś podczas obserwacji NADAL'A odparowanie wynosiło normalnie  $7\frac{1}{2}$ , więc dla naszych warunków należy odpowiednio zmniejszyć we wzorze (28) współczynnik przed pierwiastkiem. Współczynnik ten przyjąwszy  $460 \cdot \frac{6\frac{1}{2}}{7\frac{1}{2}} \approx 400$ , otrzymamy więc

$$\frac{S}{R} = 400 \sqrt{\frac{H}{R}} \quad (29).$$

Jak widać, przy średnim stosunku  $\frac{H}{R} = 65$  otrzymuje się  $\frac{S}{R} = 3200$ , co odpowiada umiarkowanym warunkom spalania węgla i odpowiedniemu odparowaniu  $500 \cdot 6\frac{1}{2} = 3250$ .

Zużycie wilgotnej pary na konia parowego i godzinę można przyjąć według obserwacji DEDOUTS'A i NADAL'A jednakowo dla parowozów z jednokrotnym i podwójnym rozprężeniem  $\frac{S}{N} = 12 \text{ kg}$ , skąd wypada moc parowozu w  $\text{mkg/sek}$ .

$$75 N = 75 \frac{S}{R} \cdot \frac{N}{S} \cdot R = \frac{30000}{12} \sqrt{\frac{H}{R}} \cdot R = 2500 \sqrt{H R} \quad (30).$$

Moc ta ma granicę w największej sile pociągowej cylindrów<sup>1)</sup>; dla największego napełnienia, t. j. około 70%, można tę siłę przyjąć przy jednokrotnym rozprężeniu za 0,8 (według obserwacji DEDOUTS'A), a przy podwójnym rozprężeniu za 0,55 teoretycznej  $\frac{p d^2 l}{D}$ , gdzie  $p$  oznacza manometryczne ciśnienie pary w kotle.

W parowozach z jednokrotnym rozprężeniem moc wyznaczona z wzoru (30) powinna dla małych prędkości ulec pewnemu zmniejszeniu. Zmniejszenie powinno się zaczynać przy sile pociągowej równej  $0,6 \frac{p d^2 l}{D}$  (odpowiadającej 40% napełnienia) i powinno dojść stopniowo do 30% przy największej sile pociągowej.

Według rzeczonych danych wykreślono na wykresach 8, 9 i 10 krzywe linii siły pociągowej w zależności od prędkości, w  $\text{kg/t}$  ciężaru pociągu z parowozem i tendrem (krzywe — — — D).

Na tych samych wykresach wykreślono dla porównania krzywe siły pociągowej, obrachowanej według wzorów (19), (20) i (22) prof. PETROWA i według BORRIES'A (tab. III).

Przy oznaczeniu siły pociągowej według prof. PETROWA wydajność pary w kotle przyjęto według wzoru (29).

Wobec tego, że wymiary powierzchni ogrzewalnej  $H'$  i powierzchni rusztu  $R'$  parowozów rosyjskich różnią się od

<sup>1)</sup> Przypuszczając, że siła przylegania (tarcia przy prędkości 0) kół do szyn będzie dostateczna.

wskazanych w tablicy BORRIES'A, w liczbach tej tablicy wprowadzono poprawkę, mnożąc je przez

$$\sqrt{\frac{H' R'}{H R}}.$$

## III. Jednostajna prędkość pociągów w zależności od profilu linii drogi żelaznej. Wirtualna długość linii drogi żelaznej.

Wykresy 8, 9 i 10 zestawione są dla tych samych typów parowozów i składu pociągów, co wykresy 1, 2 i 3, wyrażające opór w linii prostej i poziomej.

Ponieważ tak w jednych jak i w drugich wykresach siła pociągowa i opór są wyrażone w  $\text{kg/t}$ , więc różnica tych dwóch wielkości, t. j. przewyżka siły pociągowej nad oporem w linii prostej poziomej w  $\text{kg/t}$  wyraża w tysiącznych częściach rzeczywiste lub urojone wzniesienie toru, po którym może biec pociąg o danym składzie z daną jednostajną prędkością.

Dla dogodniejszego odczytywania wielkości wzniesienia toru, odpowiadającego danej prędkości, wykresy 1, 2, 3, 8, 9 i 10 mogą być złączone w ten sposób, aby wielkości siły pociągowej były odkładane od krzywej oporu na prawo.

Otrzymane w ten sposób wykresy 11, 12 i 13 wyrażają dla danego pociągu zależność między wielkością wzniesienia toru i możliwą prędkością jednostajnego biegu pociągu.

Największa siła pociągowa przy ruszaniu z miejsca i małych prędkościach posiada granicę w sile przylegania kół wodzących do szyn, t. j.

$$Z_{\max} < \frac{1}{5} P \quad (31),$$

gdzie  $P$  oznacza obciążenie osi wodzących, oprócz tego zaś w największej sile pociągowej cylindrów, t. j. dla parowozów z pojedynczym rozprężeniem:

$$Z_{\max} < 0,8 p \frac{d^2 l}{D} \quad (32)$$

i dla parowozów z rozprężeniem podwójnym:

$$Z_{\max} < 0,55 p \frac{d_1^2 l}{2 D} \quad (33),$$

gdzie  $d_1$  oznacza średnicę cylindra o niskim ciśnieniu.

Krzywe te są zupełnie analogiczne z krzywami znanego wykresu prof. SZCZUKINA<sup>2)</sup>. Krzywą III<sub>50</sub> tego wykresu, odpowiadającą pociągowi takiego składu, jaki przyjęliśmy dla pociągu towarowego z wozami, ważącymi  $11\frac{1}{2} \text{ t}$ , można dla porównania nałożyć na wykres 11<sup>3)</sup>.

Porównyując na wykresach 11, 12 i 13 krzywe PP, DD i RB potrzeba najpierw zauważyć, że pomimo znacznych różnic w wielkościach oporu pociągu i siły pociągowej parowozu według prof. PETROWA i DEDOUTS'A<sup>4)</sup>, wykazanych na

<sup>2)</sup> Por. artykuł F. A. Galicyńskiego w „Izwestiach Sobrania Inżynierow Putiej Soobszczienija” r. 1899 № 3.

<sup>3)</sup> W danym wypadku nie ma znaczenia, na co zużyje się przewyżka siły pociągowej w  $\text{kg/t}$ , ważnem jest tylko wiedzieć jej wielkość. Wobec tego urojone wzniesienie toru można zastąpić oporem w  $\text{kg/t}$ , pochodzącym z rzeczywistego wzniesienia toru i zbiegającej się z nim krzywej, lub też dodawać do niego zapas, wynoszący 0,001, jak uczyniono przy zestawieniu wykresu prof. SZCZUKINA.

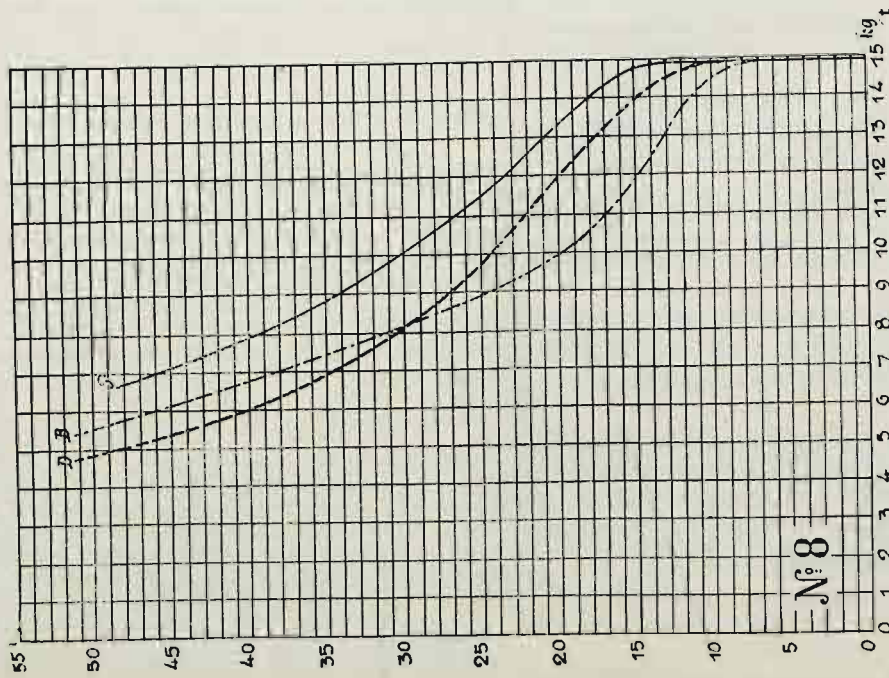
<sup>4)</sup> Całkowity opór pociągu według DEDOUTS'A i Frank'a jest mniejszy, niż według prof. PETROWA, w szczególności dla niecałkowicie ładownych pociągów towarowych, np. pociągów wojskowych. Odwrotnie, siła pociągowa jest większa według prof. PETROWA, niż według DEDOUTS'A.



### Wykresy siły pociągowej na tonię ciężaru pociągu.

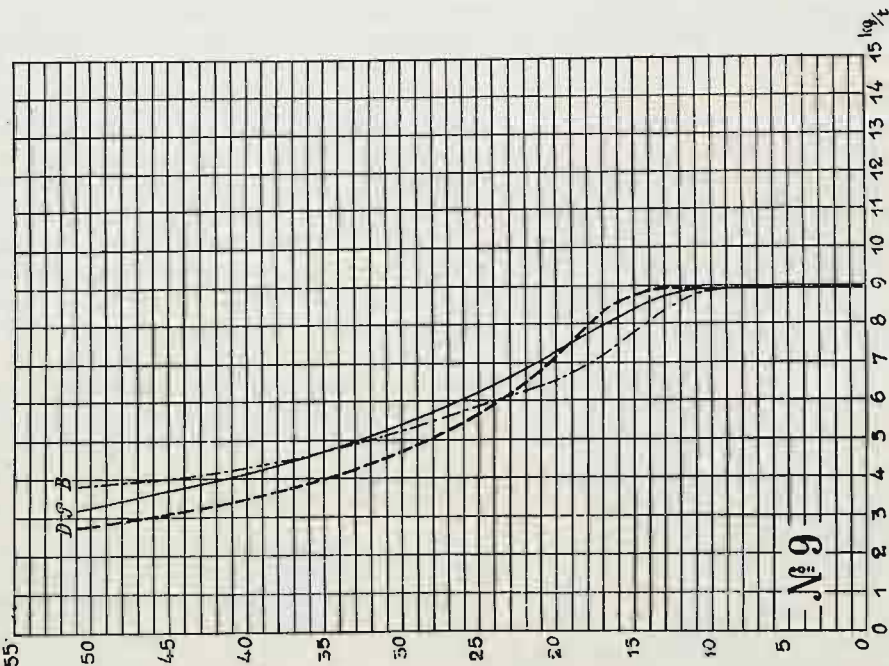
W składzie towarowego parowozu  $\frac{1}{4}$  z pojedynczym roz-  
preżeniem, z tendrem, o ciężarze ogólnym  $48+27=75$  t  
i z 50 wozami o ciężarze brutto po 11,5 t.

*l:m/g.*



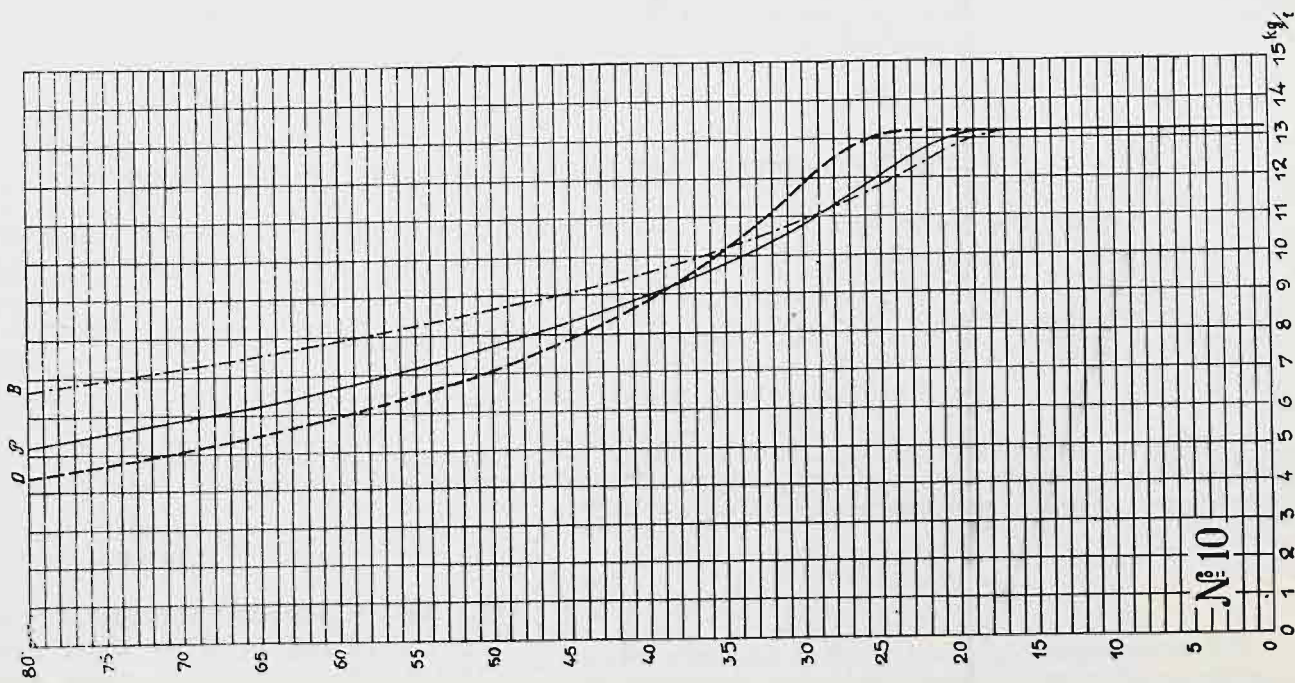
towarowego parowozu  $\frac{1}{4}$  z podwójnem roz-  
prężeniem (2 cylindry), normalnego typu rosyjskiego,  
o ciężarze ogólnym  $51\frac{1}{2} + 27 = 78\frac{1}{2}$  t i z 50  
tendrem, wozami o ciężarze brutto po 19 t.

km/g.



w składzie osobowego parowozu  $2\frac{1}{2}$  z podwojnem rozprężeniem i 4 cylindrami (tandem compound), z tendrem, o ciężarze ogólnym  $53 + 36\frac{1}{2} = 89\frac{1}{2}$  t, oraz wozu bieżącego 3-osobowego i 8 wozów osobow. 4-osobowych o ciężarze ogólnym  $36\frac{1}{2}$  t.

km/g.



WYJAŚNIENIE OZNACZEŃ.

1) — krzywe siły pociągowej według Dedouits'a.

prof. Petrowa.

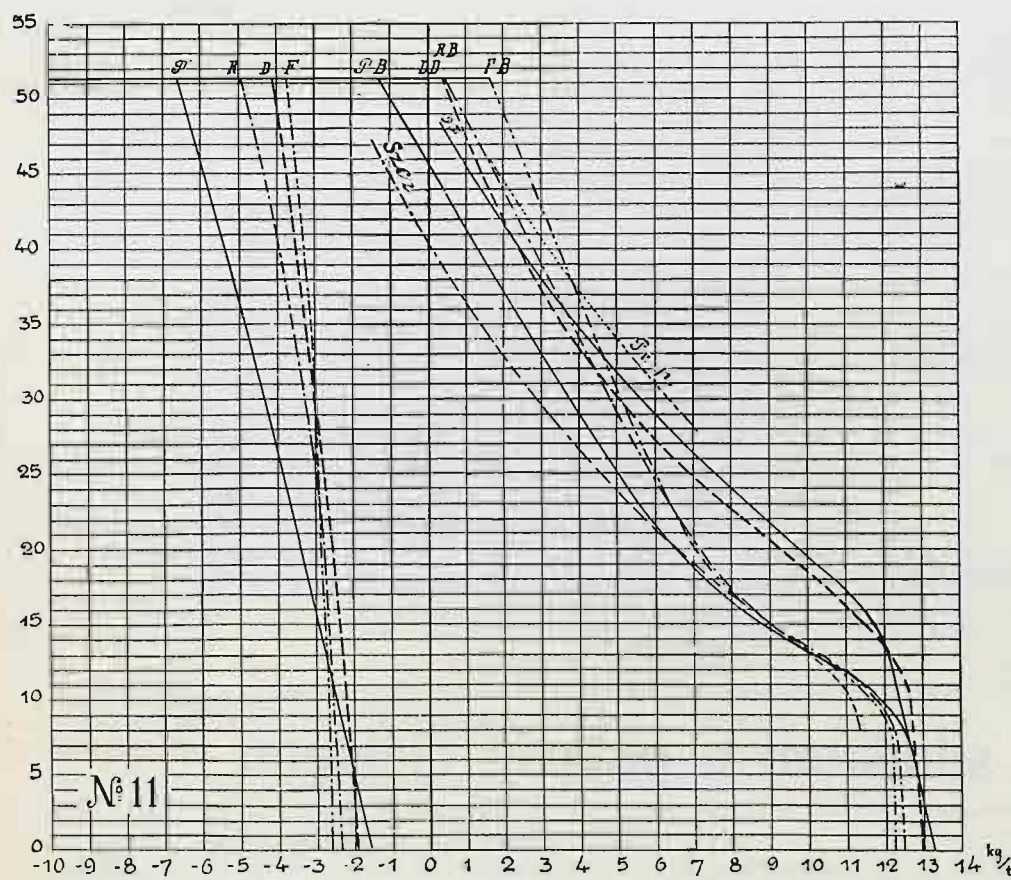
Borries'a.



a) Towarowego

 $km/g.$ 

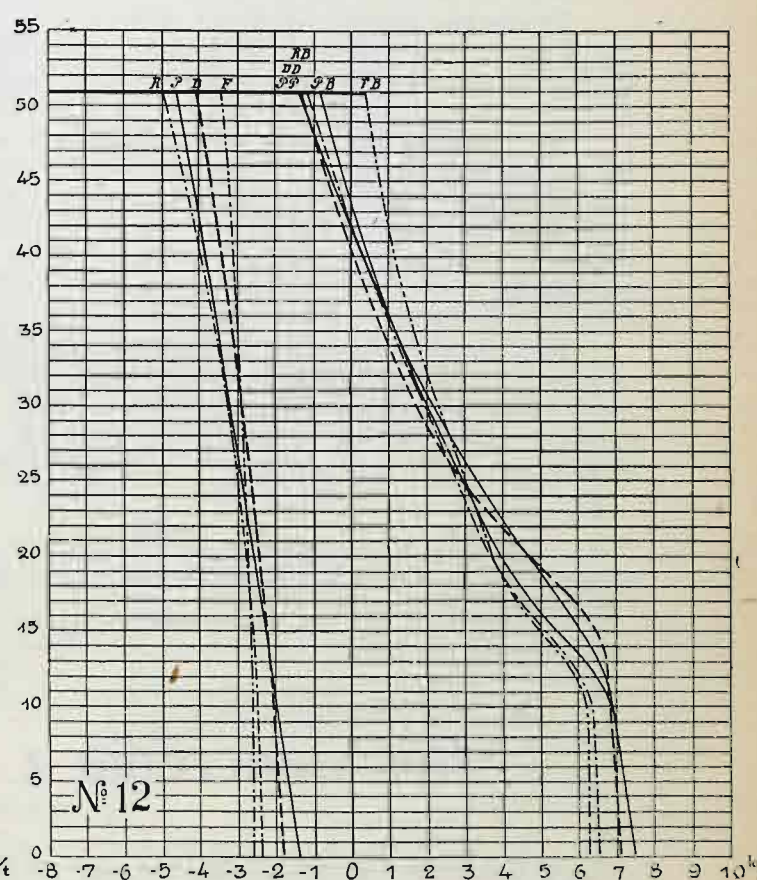
Rys. 11.



## b) Towarowego

 $km/g.$ 

Rys. 12.



c) Osobowego

Graph showing the reduced viscosity  $\eta_{sp}/c$  (Y-axis, 0 to 80) versus concentration  $c$  (X-axis, -10 to 13). The curves represent different polymers: R, P, D, F, RB, DD, PB, and FB. The curves generally show a decrease in reduced viscosity as concentration increases, with some polymers exhibiting a sharp drop at higher concentrations. A label "№ 13" is present in the bottom left corner.

Rys. 13.

# OBJAŚNIENIE OZNACZEŃ.

Dla otrzymania krzywych prędkości ruchu pociągów przyjęto:

$DD$	opór pociągu według Dedonits'a, siła pociągowa według Dedonits'a,
$PP$	prof. Petrova.
$BB$	Borries'a.
$RB$	Rüppel'a
$FB$	Frank'a (1901 r.)
$S_{\text{cz}}$	oznacza krzywą przedkości ruchu według wykresu prof. Szczykuna.

Krzywe opornociągów oznaczono tak samo, jak na wykresach 1, 2 i 3.



wykresach 1, 2, 3 i 8, 9, 10, otrzymane na zasadzie tychże danych krzywe prędkości w zależności od pochylenia toru, są niezbyt od siebie oddalone.

Odwrotnie, krzywa BORRIES'A wykazuje dla siły pociągowej przy prędkościach do 30 km/godz. wielkości znacznie mniejsze od otrzymywanych z wykresów prof. PETROWA i DEDOUTS'A.

W wykresie prof. SZCZUKINA, pomimo że za urojone wzniesienie toru wzięto nie tylko opór w kg/t, wynikający z rzeczywistego wzniesienia i zbiegającej się z nim krzywej, ale i zapas, oceniony na 0,001<sup>1)</sup>, na opory, wynikłe wskutek wiatru i zmiany temperatury, to jednak krzywa prędkości znalazła się znacznie niżej od krzywych, wykreślonych wedle danych prof. PETROWA, BORRIES'A i DEDOUTS'A.

Przy zestawianiu wykresu prof. SZCZUKINA opór pociągu na prostej poziomej określono według wzoru prof. PETROWA<sup>2)</sup>. Jeżeli krzywa prędkości według prof. SZCZUKINA nie zbiega się z odpowiednią krzywą według prof. PETROWA, oznaczoną w wykresie 11 linią ————  $P$ , to niezgodność ta może

<sup>1)</sup> Por. Blum, Borries i Barkhausen. „Sowremennaja tiechnika żelieznych dorog”. Tom I. Parowozy. Tłumaczenie pod redakcją prof. Szczukina, str. 53.

<sup>2)</sup> Por. dodatek do tłumaczenia wyżej wspomnianego dzieła „Parowozy”, str. 51–54.

pochodzić stąd, że przy wykreślaniu pierwszej z nich przyjęto mniejszą siłę pociagową.

Krzywą ————  $PB$  w wykresie 11 wykreślono, przyjmując opór na prostej poziomej według prof. PETROWA, siłę zaś pociagową według danych BORRIES'A. Jak widać, krzywa ta zbliża się do krzywej prof. SZCZUKINA, chociaż przy prędkościach, przewyższających 20 km/godz., wykazuje także wartości wzniesienia większe od ostatniej przeszło o 1‰.

Wyżej wyjaśniono, dlaczego, nie wdając się nawet w rozpatrywanie absolutnych wielkości oporu i siły pociągowej według prof. PETROWA i BORRIES'A, zestawianie ze sobą tych wielkości według dwóch różnych autorów nie może być dopuszczone.

Siła pociagowa według danych BORRIES'A nie może być wogóle porównywana z oporem, określonym według danych jakichkolwiek innych obserwacji, chociażby opór ten wyrażał opór parowozu i wagonów jako wozów, a więc bez oporów wewnętrznych mechanizmu, gdyż wspomniana siła pociągowa jest wielkością względną, mającą określone znaczenie tylko w związku z umówioną wartością oporu według wzoru RÜPPEL'A (8).

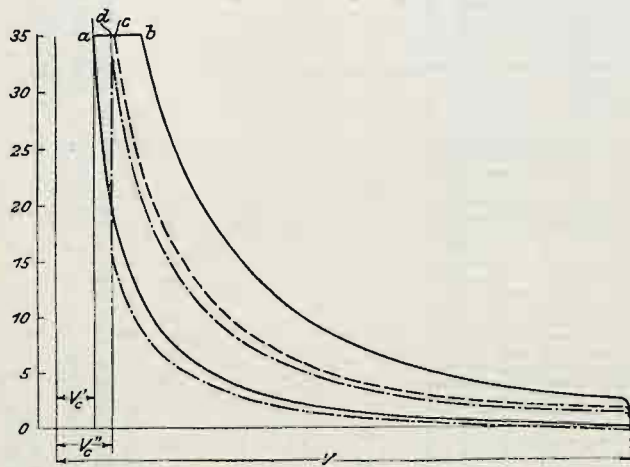
Z tegoż samego powodu krzywe, oznaczone na wykresach 11, 12 i 13 ————  $FB$ , dla których otrzymania wyznaczono opór według wzorów FRANK'A (11), (14) i (15), zaś siłę pociagową wedle BORRIES'A (tabl. II), nie zasługują również na zaufanie. (C. d. n.).

## Doświadczenia z silnikami o paliwie ciekłym.

(Dokończenie do str. 223 w № 18 r. b.).

W tym celu rozpatrzmy teoretyczny przebieg cyklu w obu tych rodzajach silników; na rys. 46 przedstawione są wykresy: 1) silnika DIESEL'A przy całkowitem obciążeniu (pełna linia), 2) przy połowie obciążenia (linia kreskowana) i 3) silnika Marienfelde (kreski z punktami); ten ostatni wykres nie ulega prawie zmianie z obciążeniem wskutek regulo-

Wykres teoretyczny.



Rys. 46.

wania „wstrzymującego“ (n. Aussetzer). Linia zgęszczania leży w silniku DIESEL'A wyżej, niż w spirytusowym, wskutek mniejszego spadku ciśnienia przy ssaniu powietrza; stosunek  $\frac{v_o}{v_c'} = \epsilon = 15,4$ ,  $\frac{v_o}{v_c''} = 10,26$  (jak wyżej). Zdostateczną dla naszego celu dokładnością możemy przyjąć, że spalanie odbywa się w silniku DIESEL'A przy stałym ciśnieniu = 35 atm. Drogi tłoka, podczas której odbywa się spalanie ( $ab$ , względnie  $ac$ ), znajdziemy z rzeczywistych wykresów indykowanych, przedłużając w tył krzywą rozprężenia aż do przecięcia z poziomą, odpowiadającą 35 atm. W ten sposób z wykresu na rys. 40 (przy pełnym obciążeniu) oznaczamy:  $ab = 0,09 v_o$ , a z rys. 41 (połowa obciążenia),  $ac = 0,04 v_o$ . Punkt  $d$ , leżący między  $a$  i  $b$ , odpowiada najmniejszej objętości  $v_c''$  w procesie silnika spirytusowego.

Jeżeli teraz rozłożymy za pomocą szeregu adiabat wszystkie trzy wykresy na wielką ilość nieskończenie małych

procesów cząstkowych (elementarnych), to łatwo zauważymy, że dla silnika spirytusowego wszystkie te procesy cząstkowe posiadają jednakowy stopień rozprężenia  $\epsilon = 10,26$ , czyli pod względem termodynamicznym są między sobą równe. W silniku DIESEL'A przeciwnie — dla cykli elementarnych, leżących na lewo od punktu  $d$ ,  $\epsilon$  jest większe od 10,26 (dla ostatniego z lewej strony  $\epsilon = 15,4$ ); w całej zaś prawej części wykresu (między punktami  $d$  i  $b$ ) cyfra ta jest mniejsza, niż dla silnika spirytusowego.

Jak wiadomo, od stopnia rozprężania zależy stopień doskonałości termicznej cyklu, a zatem przy pełnym obciążeniu proces silnika DIESEL'A, składający się częściowo z lepszych, częściowo z gorszych procesów cząstkowych, powinien ostatecznie wypaść niezbyt odmiennie, niż w silniku spirytusowym. Ponieważ zaś ze spadkiem obciążenia punkt  $b$  przesuwa się coraz dalej na lewo, odpadają przez to gorsze procesy cząstkowe i zaczynają przeważać korzystniejsze: tak np. przy połowie obciążenia punkt  $c$  leży już tak blisko  $d$ , że prawie wszystkie cykle cząstkowe silnika DIESEL'A znajdują się w korzystniejszych warunkach, a zatem i wyzyskanie paliwa musi być znacznie lepsze, niż w silniku spirytusowym. (Rozumowanie powyższe można zastosować wogóle do zasady spalania powolnego i wybuchowego, wstawiając w każdym poszczególnym wypadku odpowiednie wielkości).

Jako szczególną zaletę silnika DIESEL'A zaznaczyć jeszcze wypada, że na równi z naftą może zużytkowywać on równie korzystnie też i podrzędne gatunki paliwa, jak nieoczyszczone oleje ziemne i mniej wartościowe produkty destylacji węgla (wspomniany wyżej olej parafinowy i różne inne).

Podobnie jak silnik BANKI'EGO wśród benzynowych, tak DIESEL'A między naftowymi, zajmują wskutek zasadniczych właściwości swego działania zupełnie odrębne stanowiska; chcąc więc klasyfikować silniki według rodzajów paliwa, musieliśmy w każdej z tych kategorii przeciwstawić sobie dwie grupy: ogół silników benzynowych (względnie naftowych) z jednej i BANKI'EGO (względnie DIESEL'A) — z drugiej strony. Cechą znamioną każdej z tych grup stanowi stopień zgęszczania, które w pierwszej z nich nie może przekraczać 5–6 atm., w drugiej — dochodzi do 35 atm. (DIESEL); ponieważ zaś od tego przedewszystkiem zależy skutek użyteczny, więc z całą pewnością można a priori twierdzić, że pod względem zużycia paliwa oba silniki, o których mowa w pracy niniejszej, pozostawiają daleko w tyle za sobą wszyst-