

Na drogach żelaznych zagranicznych szybkość pociągów osobowych jest wogóle znacznie większa, niż na polskich drogach żelaznych, i wynosi dla najszybszych pociągów:

w Niemczech:

 szybkość handlowa 70 do 80 *km/godz.*

 „ średnia 80 do 88 „

we Francji, Angli i Stanach Zjednoczonych Ameryki Północnej:

 szybkość handlowa 80 do 95 *km/godz.*

 „ średnia 85 do 100 „

Na niektórych drogach żelaznych północno-amerykańskich, posiadających niewielką długość, średnia szybkość najszybszych pociągów dosięga 110 *km/godz.* Największa szybkość jazdy w razie opóźnienia się pociągu dochodzi na drogach żelaznych francuskich do 120 *km/godz.* Na drogach żelaznych angielskich i północno-amerykańskich osiągnięto w niektórych razach szybkości, przewyższające 150 *km/godz.*

Szybkość pociągów towarowych we Francji, Niemczech i Stanach Zjednoczonych Ameryki Północnej jest mniej więcej taka sama, jak w Polsce. W Anglii średnia szybkość biegu pociągów towarowych wynosi 35 do 45 *km/godz.*

3. Oznaczenie czasu biegu pociągów. Sposoby wykreślne. Wykresy mocy i siły pociągowej parowozu. Wykres szybkości pociągu w zależności od pochylenia linii. Szybkość zasadnicza i długość zastępcza linii. Wykresy ruchu przyspieszonego i zwolnionego. Straty czasu wskutek rozpędzania i hamowania pociągu.

• Jak to zaznaczono powyżej, przy oznaczaniu średniej szybkości pociągu według rzeczywistych szybkości, z jakimi parowóz może prowadzić pociąg na rozmaitych odstępach drogi, koniecznem jest przyjąć pod uwagę straty czasu wskutek zwalniania i przyspieszania biegu przy zatrzymaniu się pociągu i ruszaniu z miejsca.

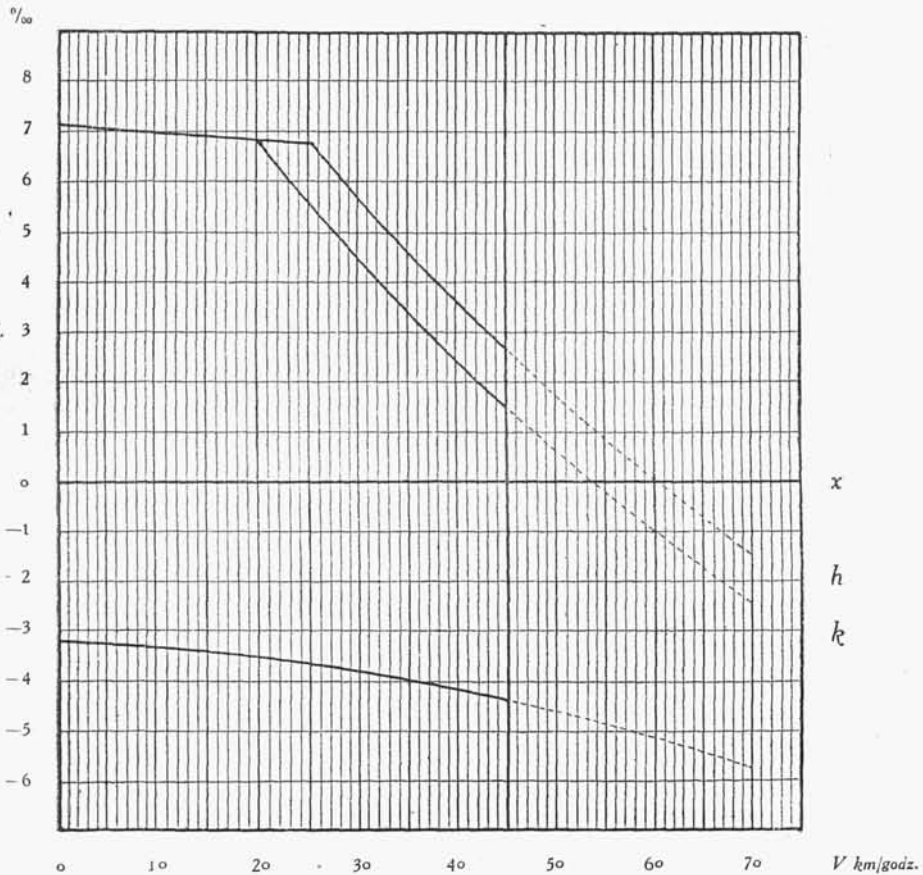
Właściwie straty te wynikają nie tylko przy wyjeździe ze stacyj i zbliżaniu się do nich, lecz również we wszystkich tych miejscach, w których przekrój podłużny raptownie zmienia się z trudniejszego na łatwiejszy, podczas gdy szybkość jazdy zmieniać się może tylko stopniowo. Jednakże straty te częściowo wynagradzają zyski w punktach, gdzie wskutek trudniejszego przekroju szybkość jazdy zmniejsza się również stopniowo, co wynika z poprzednio nabytej szybkości. Wobec tego można przyjąć, że na całej długości odstępu o jednostajnym przekroju pociąg dąży z jednostajną szybkością, odpowiadającą mocy parowozu i oporowi pociągu; straty zaś przy stopniowym dojściu do tej szybkości i zwalnianiu jej należy brać w rachubę tylko w początku i w końcu biegu pociągu, to jest przy wyjeździe ze stacyj i zbliżaniu się do nich.

Warunki przekroju podłużnego, w których dany pociąg może dążyć z pewną jednostajną szybkością, będą określone, jeżeli według danych przytoczonych powyżej (patrz str. 87—93 i 116—119), zostanie oznaczona dla tej szybkości siła pociągowa parowozu i opór pociągu na linii prostej i poziomej. Przewyżka siły pociągowej nad oporem na prostej poziomej może być użyta do przewyżczenia wzniesienia, którego wielkość równać się będzie wielkości tej przewyżki na jednostkę ciężaru pociągu.

siłę pociagową Z_1 , odpowiadającą największej stałej mocy parowozu, otrzymuje się dla nich szybkość

$$v_1 = \frac{75 N_1}{Z_1} \dots \dots \dots (6)$$

Moc stała parowozu przy innych szybkościach może być otrzymana z wzorów Strahl'a (11) i (12), poczem z wzoru (6) wiadoma będzie również siła pociągowa, która im odpowiada.



Rys. 66.

Wykres szybkości biegu pociągu przy różnych pochyleniach linii.

Jeżeli, następnie, zachodzi potrzeba oznaczenia składu pociągu, który dany parowóz mógłby prowadzić z pewną szybkością po danym wzniesieniu, to opór pociągu powinien być wyrażony w zależności od niewiadomej ilości wagonów, która określi się następnie ze zrównania siły pociągowej i oporu.

We wszystkich poprzednich obliczeniach nie należy przekraczać granic największej siły pociągowej zależnie od przyczepności kół napędnych i wymiarów cylindrów oraz największej szybkości, na jaką pozwala ustrój parowozu, jeżeli dla największej i najmniejszej szybkości nie są ustanowione ściślejsze granice w zależności od ustroju budowy wierzchniej, potrzeb przewozu i in.

Dla pociągu o danym składzie zależność pomiędzy szybkością jazdy a wielkością wzniesienia określa się najprościej wykreślnie.

Na wykresie rys. 65 uwidoczniło się zmiany mocy parowozu i jego siły pociągowej w zależności od szybkości dla pociągu tegoż składu, dla którego na wykresie rys. 57, tu powtórzonym, podany był opór w linii prostej poziomej. Rzędna ab wskazuje największą moc parowozu. Krzywe k i h siły pociągowej, największej stałej i krańcowej chwilowej, określono według wydajności kotła na zasadzie wzoru (6). Krzywe te ogranicza z jednej strony przyczepność kół napędnych, którą wskazuje odcięta cd , z drugiej zaś największa przyjęta szybkość pociągu.

Jak widać z wykresu, stosowanie szybkości mniejszych niż 20 km/godz. , która odpowiada sile pociągowej według przyczepności kół napędnych, nie daje zwiększenia siły pociągowej. Jest to więc szybkość najmniejsza, jaką można brać w rachubę w razie określenia największego składu pociągów według największej siły pociągowej, odpowiadającej przyczepności kół napędnych. Przytem jednak należy sprawdzić według wzoru (4), mając na uwadze wykres według rys. 37, czy siła pociągowa, jaką mogą dać cylindry przy największym napełnieniu (patrz str. 85, 4a), nie jest mniejsza od tej granicy, którą określa wydajność kotła.

Jeżeli wielkość siły pociągowej, którą wyobrażają rzędne krzywej k , odkładać będziemy nie od osi odciętych (rys. 65), lecz od krzywej oporów ¹⁾, odłożonych w kierunku odwrotnym od tej osi (rys. 66), to rzędne krzywej k będą wyrażać w tysiącnych pochylenie linii, po której pociąg może biec jednostajnie z daną szybkością. Pod pochyleniem linii można rozumieć pochylenie rzeczywiste (wzniesienie albo spadek) lub też *pochylenie urojone*, wyrażające pochylenie rzeczywiste w tysiącnych więcej opór w kg/t , spowodowany położeniem pochyłości w łuku. Wiedząc, jakie są szybkości pociągu, odpowiadające różnym pochyleniom urojonym, łatwo oznaczyć czas biegu pociągu, podzieliwszy długość każdej pochyłości przez odpowiednią szybkość.

Dla uproszczenia tego obliczenia przyjmuje się zwykle za podstawę szybkość na pewnej pochyłości, przeważnie na prostej poziomej, czyli tak zwaną *szybkość zasadniczą albo teoretyczną*.

Szybkość na prostej poziomej określa na rys. 66 przecięcie krzywej k z osią rzędnych ox , o ile ze względu na konstrukcję parowozu lub inne okoliczności nie została przyjęta szybkość mniejsza. Jeżeli do przebycia jednostki długości linii prostej poziomej potrzebny jest czas t_0 , do przebycia zaś jednostki długości linii, mającej pochylenie i i długość l , czas t , to wystarczy pomnożyć rzeczywistą długość l pochyłości przez współczynnik $\lambda = \frac{t}{t_0}$, aby otrzymać pewną długość $l_0 = \lambda l$ prostej urojonej, na której przebycie potrzebny będzie czas $l_0 t_0 = lt$, t. j. takiż sam, jak do przebycia danej pochyłości.

Współczynnik λ nazywa się *współczynnikiem zastępczym (wirtualnym)*, długość zaś l_0 *długością zastępczą (wirtualną)* do oznaczenia czasu biegu pociągu. Pomno-

¹⁾ Wykresy rys. 65 do 70 i 72 sporządzono dla pociągu towarowego o składzie wskazanym przy rys. 57 (str. 119), przyczem siłę pociągową i opór pociągu określono według wzorów Strahl'a.

żywszy rzeczywistą długość każdego odcinka linii o jednostajnym pochyleniu przez odpowiedni współczynnik zastępczy i dodawszy te iloczyny, otrzymamy długość zastępczą linii. Do oznaczenia czasu biegu pociągu na całej długości linii wystarczy podzielić jej długość zastępczą przez szybkość zasadniczą albo pomnożyć przez czas potrzebny do przebycia jednostki długości linii prostej poziomej.

Na rys. 67 wykres k z rys. 66 przerysowany jest na taką skalę poziomą, że odcięte krzywej wyrażają długość zastępczą linii o różnym pochyleniu w procentach od długości linii prostej poziomej, co ułatwia obliczenie czasu biegu pociągu.

Strata czasu na rozpęd i zatrzymanie. Wszystkie poprzednie rozważania dotyczyły wyłącznie ruchu z szybkością jednostajną. Aby dojść do tej szybkości niezbędna jest przewyżka siły pociągowej nad oporem ruchowi, dla przewyżczenia bezwładności pociągu i nadania mu przyspieszenia dopóty, dopóki nie nastąpi równowaga pomiędzy siłami poruszającymi pociąg i opierającymi się jego ruchowi. Tę przewyżkę siły pociągowej daje moc parowozu, którą chwilowo osiągnąć można, zwiększając natężenie paleniska. Wykres krańcowej chwilowej mocy parowozu oznaczony jest na rys. 66 górną krzywą h . Za wyjątkiem wypadku, gdy ruch pociągu odbywa się wyłącznie pod działaniem siły ciężkości, która przewyższa jego opór, do powrotnego przejścia w stan spoczynku wystarczy usunięcie siły popędowej przez zamknięcie przepustnicy. Hamulce pomagają normalnemu oporowi do strawienia energii kinetycznej masy pociągu będącego w ruchu i, zwalniając jego bieg, szybciej doprowadzają do ostatecznego zatrzymania pociągu.

Rozwiązanie zadań dotyczących tych zjawisk, na pierwszy rzut oka dość złożonych, może być osiągnięte w sposób bardzo prosty na zasadzie wyżej przytoczonych danych, odnoszących się do ruchu jednostajnego.

Wykresy jednostajnego ruchu pociągu przy rozmaitych pochyleniach linii dają nam zupełną możliwość oznaczenia wszystkich czynników zasadniczych ruchu przyspieszonego i zwolnionego przy pochyleniu stałym. W istocie, wykres rys. 66 daje dla rozmaitych szybkości nadwyżkę τ siły pociągowej w kilogramach na tonnę ciężaru pociągu, która przeznaczona była do przewyżczenia wzniesienia $i = \tau$. Jeżeli ruch odbywa się nie po największym wzniesieniu, dostępnym dla danej szybkości, lecz w warunkach łatwiejszych, naprz. po prostej poziomej, to pomieniona nadwyżka τ może być zużytkowana na przyspieszenie ruchu γ , które określa się wielkością samej nadwyżki, a mianowicie:



Rys. 67.

Wykres współczynników zastępczych do obliczania czasu biegu pociągu.
Szybkość zasadnicza 45 km/godz.

$$\gamma = \frac{\tau}{m} = \frac{g\tau}{1000} \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot (61)$$

W tym wyrazie m oznacza masę jednostki ciężaru pociągu, w danym wypadku 1000 kg, i g przyspieszenie siły ciężkości.

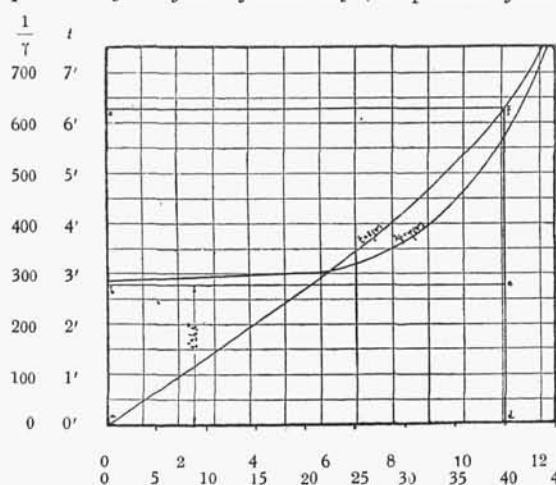
Tym sposobem dla otrzymania przyspieszenia, odpowiadającego danej szybkości, wystarczy pomnożyć różnicę τ w kg/t pomiędzy siłą pociągową i oporem dla tejże szybkości przez $\frac{g}{1000} = 0,00981$. Zależność ta daje nam możliwość oznaczenia szybkości jako funkcji czasu. Zauważywszy, że:

$$\frac{dv}{dt} = \gamma \quad \text{i} \quad \int_0^v \frac{1}{\gamma} dv = \int_0^t dt$$

odetnijmy na osi odciętych (rys. 68), podobnie jak na wykresie rys. 66, szybkości pociągu, a na osi rzędnych odpowiadające im wartości $\frac{1}{\gamma} = \frac{1000}{g\tau}$, zgodnie z ostatnim wykresem i równaniem (61). Płaszczyzny, ograniczone osią odciętych i wykreśloną w ten sposób krzywą $\frac{1}{\gamma} = f(v)$, zmierzone do linii pionowej, odpowiadającej jakiegokolwiek szybkości, będą wyrażać czas t , jaki upłynął od początku ruchu do momentu, gdy szybkość ta została osiągnięta.

Określone w ten sposób czasy t , odpowiadające różnym szybkościom, mogą być odcinane na osi rzędnych dla otrzymania krzywej $v = f(t)$ zależności pomiędzy szybkością i czasem. Płaszczyzna $afc = \int_0^t v dt = l$, zawarta pomiędzy

tą krzywą i osią rzędnych, wyobraża oczywiście długość drogi l przebytej w czasie t dla osiągnięcia szybkości v . Gdyby przez cały czas t pociąg dążył z jednostajną szybkością v , to długość drogi vt , którą przebył, wyraziłaby się płaszczyzną prostokąta $acfd$. Wynika stąd, że płaszczyzna afd , zawarta pomiędzy krzywą $v=f(t)$



Rys. 68.

Wykres ruchu przyspieszonego przy rozpędzaniu pociągu.

i osią odciętych, wyraża długość straconą na rozpęd. Płaszczyzna ta może być łatwo zmierzona planimetrem i zamieniona na prostokąt $abed$, którego jeden bok ad równa się szybkości zasadniczej v , drugi zaś ab wyraża stratę czasu na rozpęd.

Zgodnie z wykresem rys. 68, strata na rozpęd pociągu, którego bieg rozpatrujemy, wynosi 1'24". Do tego należy dodać około $\frac{1}{4}$ minuty na możliwe straty przy ruszaniu z miejsca.

Strata czasu na zatrzymanie pociągu może być określona w taki sam sposób, jak i strata na rozpęd. Cała różnica polega na tem, że przyspieszenie wskutek usunięcia siły popędowej określa się wielkością oporów, normalnego i pochodzącego z hamowania. Pierwszy z nich można otrzymać dla pociągu danego składu z wykresu rys. 57. Przyjmując, że ciśnienie na klocki hamulcowe wynosi 80% ciśnienia koła i posilując się dla współczynnika tarcia φ między klockiem i obręczą wzorem (52), otrzymujemy siłę hamującą:

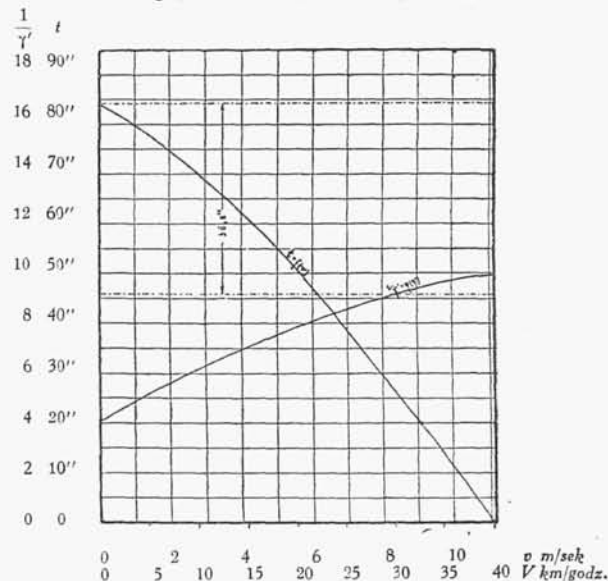
$$\psi = 0,8 \alpha \varphi = 0,2 \alpha \frac{1 + 0,0112 V}{1 + 0,06 V} \quad \dots \quad (62)$$

Dodawszy tę siłę do oporu pociągu w według wykresu rys. 57, otrzymamy siłę ogólną na jednostkę ciężaru pociągu, która bieg jego hamuje. Przyspieszenie odjemne γ' , wywołane siłą $w + \psi$, określa się według wzoru podobnego do wzoru 61:

$$\gamma' = \frac{w + \psi}{m} = \frac{g(w + \psi)}{1000} \quad \dots \quad (63)$$

Dalsze postępowanie w celu wykresnego oznaczenia straty czasu przy zatrzymywaniu się pociągu jest zupełnie podobne do przytoczonego powyżej przy oznaczaniu straty czasu podczas rozpędu i uwidocznione jest na wykresie rys. 69. Według tego wykresu strata czasu przy zatrzymywaniu pociągu na prostej poziomej wynosi około 36". Do tego należy dodać mniej więcej 15" na straty wskutek stopniowego naciskania hamulców i niejednoczesnego ich działania.

Sposób oznaczenia straty czasu na rozpęd i zatrzymanie pociągu, przedstawiony powyżej, może być również łatwo stosowany w razie, gdy rozpęd i zatrzymanie odbywają się nie na prostej poziomej, lecz na wzniesieniu lub spadku. Cała różnica w budowie wykresu ruchu niejednostajnego polega tylko na tem, że wielkość pochylenia w tysięcznych winna być dodana do współczynnika oporu w na prostej poziomej lub też odjęta od niego. Jednakże zwiększenie lub zmniejszenie straty czasu na rozpęd i zatrzymanie pociągu wskutek tego, że dojazd do stacji nie jest poziomy, nie przedstawia znaczenia istotnego przy obliczeniach zdolności prze-



Rys. 69.

Wykres ruchu zwolnionego przy zatrzymywaniu pociągu.

pustowej, bo wynikające stąd różnice w czasie przebiegu są bardzo nieznaczne i przytem znoszą się wzajemnie dla pociągów w kierunkach odwrotnych.

Przy sporządzaniu wykresów ruchu pociągów zwykle przyjmuje się dla pociągów towarowych stratę na rozpęd $2'$ i na zatrzymanie $1'$, ogółem $3'$, dla pociągów zaś osobowych ogółem $2'$.

4. Najkorzystniejsza szybkość pociągów towarowych. Koszta eksploatacji na pociągokilometr pociągów towarowych. Koszta eksploatacji na tonnokilometr przewozu w zależności od składu i szybkości pociągu; najmniejsza wartość tych kosztów.

Stale wzrastające wymagania co do szybkości pociągów osobowych w miarę postępów techniki są zupełnie zrozumiałe, ponieważ podróży osiąga przez to oszczędność na czasie, która często posiada dla niego bardzo ważne znaczenie. Z tego powodu, nie bacząc na wynikające stąd zwiększenie kosztów, pociągi osobowe winny posiadać dużą szybkość, o ile ze względów technicznych może być ona dopuszczoną. Co się zaś tyczy pociągów towarowych, to wahania szybkości tychże w pewnych granicach nie mają pod względem handlowym tak ważnego znaczenia, gdyż w pociągach tych czas jazdy stanowi względnie niewielką część ogólnego trwania przewozu. Wobec tego przy oznaczaniu szybkości, jaką winny mieć pociągi towarowe, należy przedewszystkiem brać pod uwagę, o ile ta szybkość będzie korzystna pod względem ekonomicznym.

Oznaczmy wydatki eksploatacyjne na pociąg i godzinę przez K . Jeżeli ciężar pociągu wynosi Q tonn, a jego szybkość V km/godz., to koszt przewozu jednej tonny na odległość jednego kilometra wyniesie $\frac{K}{QV}$. Szybkość pociągu, przy której pomieniony koszt wykonania jednostki przewozu okaże się najmniejszy, będzie najkorzystniejsza dla eksploatacji.

Z wydatku eksploatacyjnego K na pociąg i godzinę część, odnosząca się do parowozu określonego typu, jego ogrzewania i obsługi, może być przyjęta jako stała, druga zaś część, dotycząca wagonów, zależy od składu pociągu, t.j. od jego ciężaru Q . Na zasadzie danych statystycznych dróg żelaznych rosyjskich (patrz poniżej w dziale III rozdz. IV p. 4 o wydatkach trakcyjnych i w rozdz. VI o porównaniu kierunków, wzór 103), koszt eksploatacji na pociągokilometr pociągów towarowych wynosi w groszach:

$$0,175 Q + 132 = 0,175 (Q + 750). \quad (64)$$

czyli, że jest w stosunku prostym do $Q + 750$, i w tymże stosunku znajduje się koszt pociągo-godziny przy średniej szybkości pociągów towarowych, przyjętej na drogach żelaznych rosyjskich. Wynika stąd, że najkorzystniejsza szybkość odpowiadać winna warunkowi:

$$\frac{Q+750}{QV} = Min \quad (65)$$

Ciężar pociągu może być wyrażony w zależności od siły pociągowej parowozu i oporu pociągu. Przyjmując ten opór według wzoru uproszczonego:

$$w_{kg/t} = 2,4 + \frac{V^2}{1300} \quad (41b)$$