

Współczynnik f dosięga $1/4$, współczynnik zaś φ przy małych szybkościach wynosi prawie tyleż. Tem objaśnia się warunek stawiany zwykle, aby ciśnienie na klocki nie było większe od obciążenia osi.

Bez względu na ustrój hamulców i na ciśnienie na klocki hamulcowe, skuteczność hamowania pozostaje przede wszystkim w zależności od ciężaru na osiach hamowanych. Oznaczenie długości l , na której pociąg może być zahamowany, i potrzebnego na to czasu w zależności od ciężaru na osiach hamownych, ciężaru pociągu, jego szybkości i przekroju linii ma ważne znaczenie ze względu na bezpieczeństwo ruchu i skuteczność środków, zarządzanych w celu, aby to bezpieczeństwo było zachowane. Oznaczmy przez v_0 i V_0 szybkość pociągu w początku hamowania w m/sek i w $km/godz$; g przyspieszenie siły ciężkości; w współczynnik oporu pociągu, t. j. opór na jednostkę ciężaru pociągu w torze prostym i poziomym; c współczynnik dodatkowego oporu, pochodzącego z krzywizny toru; i pochylenie podłużne linii; φ współczynnik tarcia między klockiem a obręczą; α stosunek ciężaru na osiach hamownych do całkowitego ciężaru pociągu.

Jeżeli przyjmiemy, że ciśnienie na klocki hamulcowe będzie się równać obciążeniu osi hamowanych, to $\alpha\varphi$ będzie wyrażać siłę hamującą na jednostkę ciężaru pociągu.

Energja kinetyczna jednostki ciężaru pociągu, zużyta na długości l , którą przebiegnie pociąg od początku zupełnego hamowania do zatrzymania się, będzie się równać pracy oporów na tejże długości:

$$1,06 \frac{v_0^2}{2g} = \int_0^l w dl + (c \pm i) l + \int_0^l \alpha\varphi dl \quad (50)$$

W równaniu tem energja kinetyczna $\frac{v_0^2}{2g}$ ruchu postępowego zwiększona jest o 6% z uwagi na bezwładność kół, podległych ruchowi obrotowemu (patrz str. 108).

Opór w w linii prostej i poziomej na jednostkę ciężaru pociągu pozostaje w zależności od szybkości ruchu, która zmienia się od v_0 do 0. Również współczynnik φ tarcia klocków hamulcowych zmniejsza się w miarę zwiększania się szybkości, jak to wykazały spostrzeżenia Galton'a i Wichert'a, i wynosi dla obręczy stalowych i klocków z żelaza lanego:

według spostrzeżeń Galton'a w przybliżeniu:

$$\varphi = \frac{10}{30 + V} \quad (51)$$

według zaś Wichert'a:

$$\varphi = \beta \frac{1 + 0,0112 V}{1 + 0,06 V} \quad (52)$$

W tych wyrazach V oznacza szybkość w $km/godz$. Współczynnik β równa się 0,45 lub 0,25 w zależności od tego, czy trące się powierzchnie są suche, czy też wilgotne.

W rozdziale VI (str. 139—141) będzie wskazany sposób wykreślny wyznaczenia długości l , przyjmując pod uwagę łączny wpływ wszystkich oporów na zmianę szybkości. Na tem zaś miejscu, dla przybliżonego rozwiązania równania

(50), zrobione będą pewne przypuszczenia co do zależności średnich oporów przez cały czas hamowania od największej szybkości w początku tegoż hamowania.

Parowóz i tender zaopatrzone są w hamulce, których siła na jednostkę ich ciężaru własnego jest wogóle większa, niż takąż siła hamulców wagonowych. Ten nadmiar siły hamowania parowozu i tendra może być użyty do hamowania wagonów, będziemy go jednak uważali jako zapas bezpieczeństwa i zastosujemy równanie (50) tylko do wagonów.

Opór pociągu w linii prostej i poziomej jest znacznie mniejszy od siły hamującej. Wobec tego współczynnik w można przyjąć według przybliżonego wzoru (40):

$$w = 0,0024 + \frac{V^2}{10^6}$$

wprowadzając zamiast V średnią szybkość, która jest wogóle większa niż $0,5 V_0$. Według spostrzeżeń Wichert'a, energia kinetyczna (a zatem i V^2), zmniejsza się w ciągu hamowania mniej więcej w stosunku prostym do przebytej drogi. Na tej zasadzie średni opór w_m można przyjąć:

$$w_m = 0,0024 + \frac{0,5 V_0^2}{10^6} \quad \dots \quad (53)$$

co odpowiada średniej szybkości $V_m = 0,707 V_0$. Przypuszczając dalej, że siłę żywą pociągu pochłania sam tylko opór, wywołany tarciami klocków hamulcowych, i przyjmując dla współczynnika φ tegoż tarcia wzór (52) i $\beta = 0,25$, otrzymamy średnią jego wielkość φ_m za cały czas hamowania:

$$\varphi_m = \frac{0,125 V_0^2}{2,6785 V_0^2 - 389 V_0 + 34735 \log \text{nat} (1 + 0,0112 V_0)} \quad \dots \quad (54)$$

Wzór ten daje dla φ_m następujące wartości:

przy $V_0 =$	10	20	30	40	50	60	70	80	90	km/godz.
$\varphi_m =$	0,201	0,164	0,142	0,128	0,117	0,109	0,103	0,098	0,093	

W przybliżeniu też same wartości otrzymać można z wzoru doświadczalnego

$$\varphi_m = \frac{13}{60 + V_0} \quad \dots \quad (55)$$

Posiłkując się wzorami dla średnich współczynników oporu w_m i φ_m i podstawiając $v_0 \text{ m/sek} = \frac{1}{3,6} V_0 \text{ km/godz.}$, można napisać zamiast równania (50):

$$\frac{1,06 V_0^2}{2 \times 9,81 \times 3,6^2} = (w_m + c \pm i + \alpha \varphi_m) l$$

a więc

$$l = \frac{V_0^2}{240} \cdot \frac{1}{w_m + c \pm i + \alpha \varphi_m} \quad (\text{w metrach}) \quad \dots \quad (56)$$

Dla bezpieczeństwa ruchu szczególnie ważne jest określenie odległości l_1 , którą przebiegnie pociąg, licząc od chwili podania sygnału na zatrzymanie. Z tego powodu należy dodać do długości l hamowania, określonej z wzoru (56), długość $n \frac{V_0}{3,6}$, którą przebiegnie pociąg w czasie n sekund od chwili podania sygnału na zatrzymanie do chwili, kiedy hamulce zaczną całkowicie działać. Można przyjąć, że przy hamulcach zespolonych czas n wynosi 3 do 4 sekund, przy ręcznych zaś 12 do 18 sekund.

Procent hamowanego ciężaru pociągu niezbędny do zatrzymania go na odległości l_1 , licząc od chwili podania sygnału na zatrzymanie, może być określony z wzoru:

$$100 \alpha = \frac{1}{\varphi_m} \left\{ \frac{0,417 V_0^2}{l_1 - n \frac{V_0}{3,6}} - 100 (w_m + c \pm i) \right\} \quad . \quad . \quad . \quad (57)$$

W celu sprawdzenia wzoru teoretycznego (57) pod względem zastosowania praktycznego, przeprowadzono na drogach żelaznych niemieckich liczne doświadczenia co do odległości i czasu hamowania pociągów na linii prostej i poziomej i na różnych spadkach. Doświadczenia te wykazały, że na linii poziomej odległość hamowania zwiększa się w zależności od szybkości bardziej, niż by to wypadało ze wzoru (56), i że na spadkach ujawnia się ponadto dodatkowy wpływ szybkości. Praktyka dowiodła również, że hamulce ręczne nie zawsze działają z równą sprawnością i że nie należałoby liczyć na nacisk klocków hamulcowych większy niż $\frac{2}{3}$ nacisku osi hamownych.

Odpowiednio do rezultatów tych doświadczeń wprowadzono do wzoru (57) współczynniki praktyczne przy wyrazach energii kinetycznej, spadku i tarcia φ_m .

Wobec powyższego wzór na procent hamowanego ciężaru pociągu na spadku w linii prostej przybiera kształt następujący:

$$100 \alpha = \frac{1}{k \varphi_m} \left\{ \frac{a V_0^2}{l_1 - n \frac{V_0}{3,6}} + b i - 100 w_m \right\} \quad . \quad . \quad . \quad (58)$$

Przy szybkościach od 10 do 60 km/godz. współczynnik a waha się w granicach od 0,371 do 0,262, współczynnik zaś b od 87 do 147.

Procent hamowanego ciężaru pociągów, podany w tab. 10 (str. 130) i obowiązujący na drogach żelaznych polskich, określono na tychże zasadach, przy czym na drogach żelaznych znaczenia miejscowego, posiadających prostsze urządzenia, procent ten zwiększono, natomiast przy hamulcach zespolonych przyjęto odpowiednio mniejszy.

Odległość, na której pociąg ma być zatrzymany, licząc od chwili podania sygnału, przyjęto na drogach żelaznych znaczenia ogólnego, zgodnie z warunkami sygnalizacji, $l_1 = 700$ m. Najmniejszy procent ciężaru hamowanego przyjęto 6%.

Jeżeli odstęp czasu t będzie dość znaczny (w przepisach dróg żelaznych francuskich przypuszczono, że może on wynosić 2 do 3 minut), to procent ciężaru hamowanego w grupie wagonów, które się staczają wskutek rozerwania pociągu, potrzebny, według wzoru (59), do ich zahamowania, może się okazać większy, niż procent potrzebny do zatrzymania pociągu według wzoru (58).

ROZDZIAŁ VI.

Ruch pociągów i praca taboru.

1. Rodzaje pociągów i przewozów. Przewozy osobowe. Wagony bezpośrednie. Ilość miejsc zajętych. Przewozy towarowe. Ładunki wagonowe i drobne. Skład pociągu średni i największy. Porządek ustawiania taboru w pociągu. Skrajnia taboru.

Pociąg składa się z parowozu i szeregu wagonów, sprzężonych w pewnym określonym porządku, mających obsługę i zaopatrzonych w przyrządy sygnałowe i inne niezbędne podczas ruchu. Pociągi dzielą się według rodzaju przewozu, do którego służą, na *pociągi ruchu osobowego* i *ruchu towarowego*.

Pociągi ruchu osobowego bywają: *pośpieszne*, które zatrzymują się tylko na główniejszych stacjach i mają dużą szybkość biegu, *osobowe* komunikacji bezpośredniej i miejscowe, oraz *mieszane*, które, oprócz przewozów osobowych, dokonywają się też przewozy towarowe. Oprócz tego istnieją pociągi osobowe, mające przeznaczenie specjalne, jako to: *wojskowe*, *przesiedleńcze*, *pątnicze* i inne.

Pociągi ruchu towarowego bywają *pośpieszne* i *zwyczajne*.

Potrzeby eksploatacji wymagają wysyłania pociągów *służbowych*, *roboczych*, *ratunkowych* w razie nieszczęśliwych wypadków oraz oddzielnych parowozów, które podlegają tym samym przepisom ruchu co pociągi.

Pociągi kursują zwykle periodycznie w oznaczonych godzinach i dniach tygodnia, wskazanych w rozkładzie jazdy pociągów; z tych jedne są *stałe*, inne *dodatkowe*, kursujące w miarę potrzeby. Pociągi nieprzewidziane w rozkładzie i kursujące według osobnego rozkładu zowią się *nadzwyczajnymi*. Pociągi służbowe kursują bez rozkładu.

Przewozy osobowe, uskuteczniane pociągami osobowymi, są to podróźni, tłumoki czyli bagaż, przesyłki nadzwyczajne, przewożone według tychże przepisów co bagaż, poczta, zwłoki, pojazdy i zwierzęta oraz przesyłki pośpieszne, jako to mleko, produkty spożywcze i in., o ile przy niewielkim ruchu nie są one wyprawiane oddzielnymi pociągami towarowymi pośpiesznymi.

Wagony, wchodzące w skład pociągu osobowego, przeważnie pozostają w nim stale na całym przebiegu pomiędzy stacjami krańcowymi. Prócz tych *wagonów zasadniczych* dodawane bywają do pociągów osobowych w miarę potrzeby, w pewne dni lub na pewnych przebiegach, *wagony dodatkowe*, w punktach zaś rozgałęzienia dróg żelaznych *wagony bezpośrednie*, odczepiane od pociągów innych linii, o ile po liniach łączących się nie kursują pociągi bezpośrednie. Do wagonów bezpośrednich należą często również wagony pocztowe, bagażowe i z przesyłkami pośpiesznymi.

W rozdziale II str. 74 zaznaczono już, że całkowite obciążenie wagonów osobowych jest bardzo nieznaczne w porównaniu z ich ciężarem własnym. Stosunek ten staje się jeszcze mniej korzystny, gdy się zważy, że miejsca w wago-