

## V.

Czas jaki upływa pomiędzy podaniem sygnału i zahamowaniem pociągu.

Nazwijmy przez:

$T$  — czas wyrażony w sekundach, jaki upływa pomiędzy podaniem sygnału hamowania i wstrzymaniem biegu pociągu,

$S$  — drogę przebieżoną przez pociąg w czasie  $T$ , wyrażoną w metrach,

$S_1$  — drogę jaką pociąg przebiega, w ciągu czasu jaki upływa pomiędzy podaniem sygnału i rozpoczęciem hamowania, wyrażoną w metrach,

$t$  — czas wyrażony w sekundach, w ciągu którego pociąg przebiega drogę  $S_1$  i

$S_2$  — drogę wyrażoną w metrach, jaką pociąg przebiega w ciągu tego czasu, jaki upływa od chwili rozpoczęcia hamowania, aż do chwili, w której ustaje bieg pociągu.

Przyjmując, że pociąg przebiega drogę  $S_1$ , z jednostajną prędkością wynoszącą  $v$  metrów na sekundę, mieć będziemy:

$$S_1 = v t.$$

Skoro zaś pociąg rozpoczyna bieg swój po drodze  $S_2$  z prędkością  $v$  a prędkość w końcu tej drogi staje się równą zeru, przeto średnia prędkość jazdy po przestrzeni  $S_2$  wynosi  $\frac{v + 0}{2} = \frac{v}{2}$  metrów na sekundę, mamy więc:

$$S_2 = \frac{v}{2} (T - t)$$

że zaś  $S = S_1 + S_2$ , przeto z trzech równań:

$$S_1 = v t,$$

$$S_2 = \frac{v (T - t)}{2},$$

$$S_1 + S_2 = S,$$

otrzymujemy:

$$T + t = \frac{2S}{v}, \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (19)$$

wzór służący do obliczenia czasu, który upływa pomiędzy podaniem sygnału i zahamowaniem pociągu.

Podczas prób konkursowych, odbytych w czerwcu 1875 r. na angielskiej drodze żelaznej Midland, przekonano się, że pociąg składający się z 6 wagonów, zaopatrzonych w hamulce ręczne, idący z prędkością 17,3 metrów na sekundę, przebiegł 176 metrów w ciągu czasu, jaki upłynął pomiędzy podaniem sygnału i zatrzymaniem pociągu, to jest w ciągu 16,5 sekund. Ponieważ w tym razie było:

$$T = 16,5, \quad S = 176, \quad v = 17,3,$$

wstawiając więc te wartości liczebne we wzór (19) otrzymuje-

my  $t = 3,8$ , co nas poucza, że pomiędzy podaniem sygnału i zahamowaniem pociągu upłynęło 38 sekund, w ciągu którego to czasu pociąg przebiegł drogę  $= 3,8 \times 17,3 = 65,4$  metr.

Ponieważ czas, jaki upływa pomiędzy podaniem sygnału i zatrzymaniem pociągu, tylko w wyjątkowych okolicznościach jest znanym, przeto wartość na  $t$  obliczamy zwykle w sposób następujący:

Skoro  $S_1$  wyraża drogę, jaką pociąg przebiega w czasie, który upływa od chwili podania sygnału aż do chwili zahamowania pociągu, przeto rzeczywista przestrzeń, jaką należy mieć na względzie przy stosowaniu wzoru (12), wynosi nie  $S$ , lecz  $(S - S_1)$ , mieć więc będziemy:

$$(S - S_1) = \frac{51 \cdot v^2}{h} \dots \dots \dots (20)$$

Wstawiając zaś w powyższe wyrażenie za  $h$  wartość liczebną 130 oraz  $S_1 = vt$ , otrzymujemy:

$$t = \frac{S}{v} 0,392 v, \dots \dots \dots (21)$$

wzór dający nam w sekundach czas, jaki upływa pomiędzy podaniem sygnału i zahamowaniem pociągu.

Stosując powyższy wzór do wyników doświadczeń otrzymanych na angielskiej drodze żelaznej Midland, otrzymujemy na  $t$  wartość liczebną 3,4, która dostatecznie jest zbliżoną do wartości, jaką nam dał wzór (19).

Bezpośrednie obliczenie czasu, jaki upływa pomiędzy podaniem sygnału i zahamowaniem pociągu, za pomocą zegarka jest trudnem, ćwicząc się jednakże w wymawianiu liczb porządkowych od 1 do 20, przekonano się, że do wygłoszenia tego szeregu liczb potrzeba 15 sekund i zyskane w tym względzie doświadczenie zużytkowano dla zbadania na drodze praktycznej czasu, upływającego między podaniem sygnału i zahamowaniem pociągu.

Mierząc czas w sposób wyżej podany, przekonano się wielokrotnie: że średnio upływa 4 sekundy, zanim maszynista ujrawszy niespodzianie podany mu sygnał zatrzymania, zawezwie hamulcowych do działania,—że przy długich pociągach głos świstawki dochodzi po upływie dwóch sekund do ostatniego wagonu i że nim hamulcowy usłyszawszy ten głos rozpocznie hamowanie, upływa znowu 4 sekundy, tym sposobem całkowity czas jaki upływa pomiędzy podaniem sygnału zatrzymania i zahamowaniem pociągu, wynosi  $4 + 2 + 4$  czyli 10 sekund.

Jeżeli maszynista jest przygotowanym do otrzymania sygnału zatrzymania, a pociąg nie jest zbyt długim, to pomiędzy podaniem sygnału i zahamowaniem pociągu, upływa przeciąg czasu wynoszący 6 sekund.

Z wynikami powyższych doświadczeń liczyć się należy przy stosowaniu wzorów (19 i 21).

VI.

Rzeczywiste przestrzenie, po przebieżeniu których można zatrzymać pociąg w czasie jazdy.

Dla otrzymania wyrażenia mogącego służyć do obliczenia przestrzeni, po przebieżeniu której daje się zatrzymać pociąg w czasie jazdy, jeżeli się ma na względzie czas, jaki upływa pomiędzy podaniem sygnału i zahamowaniem pociągu, jak również i tę okoliczność, że nie wszystkie wagony wchodzące w skład pociągu zaopatrzone są w hamulce,—to należy rozumować jak następuje:

Skoro całkowity ciężar pociągu wynosi  $T$  tonn a  $\frac{1}{n}$  część takowego spoczywa na osiach opatrzonych w hamulce, to hamowana część pociągu przedstawia  $\frac{T}{n}$  tonn ciężaru, zaś część niehamowana  $\left(T - \frac{T}{n}\right) = \left(\frac{n-1}{n}\right) T$  tonn.

Jeżeli opór wytworzony przez hamowanie wynosi na każdą tonnę ciężaru poddanego działaniu hamulców  $h$  kilogramów, to całkowity opór sztuczny wynosi  $h \left(\frac{T}{n}\right)$  kilogramów.

Co się tyczy części pociągu niehamowanej, to ponieważ każdej tonnie ciężaru takowej, odpowiada naturalny opór ruchu wynoszący  $o$  kilogramów, przeto całkowity opór ruchu odpowiadający tej części pociągu wynosi  $o \frac{n-1}{n} T$  kilogramów.

Tym sposobem pociąg który uważamy, ważący  $T$  tonn, natrafia na opór który wynosi:

$$\left(\frac{h}{n} + o \frac{n-1}{n}\right) T$$

kilogramów; na jedną więc tonnę ciężaru pociągu przypada opór ruchu wynoszący:

$$\frac{h + o(n-1)}{n} \text{ kilogramów.}$$

Mając na względzie, że pociąg zahamowany przebiega nieznaczne przestrzenie, można nie brać pod uwagę wpływu, jaki na zwiększanie się oporu jednostkowego wywiera prędkość jazdy; ponieważ zaś opór ruchu odpowiadający każdej tonnie ciężaru niehamowanej części pociągu wynosi 4 kilogramy, przeto wstawiając we wzór powyższy za  $o$  wartość liczebną 4, otrzymujemy wyrażenie:

$$\left(4 + \frac{h-4}{n}\right),$$

dające jednostkowy opór ruchu dla pociągu, którego  $\frac{1}{n}$  część całkowitego ciężaru poddaną jest działaniu hamulców.

Wstawiając powyższą wartość za  $h$ , we wzór (20), przyjmując nadto, że  $S_1 = vt = 10v$ , otrzymujemy:

$$\left. \begin{aligned} S &= 10v + 51 \cdot \frac{v^2}{\alpha} \\ \alpha &= \frac{h-4}{n} + 4-m \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots, \quad (22)$$

Wzory te służą do obliczenia przestrzeni  $S$ , po przebieżeniu której można zatrzymać pociąg biegnący z prędkością  $v$  metrów na sekundę, po spadku  $m$  na tysiąc, jeżeli  $\frac{1}{n}$  część jego ciężaru spoczywa na osiach opatrzonych w hamulce i jeżeli nadto działaniem tych ostatnich wytworzyć można opór sztuczny wynoszący  $h$  kilogramów, na każdą tonnę ciężaru hamowanej części pociągu.

Jeżeli jazda odbywa się podczas pogody, w takim razie  $h = 130$ , wartość ta spada do 80 w czasie śloty, wzrasta zaś do 200 gdy sypiemy piasek na szyny.

Wstawiając we wzór (22) następujące wartości liczebne dla pociągów:

$$\begin{aligned} \text{osobowych.} & \dots \dots \dots 15 \\ \text{osobowo-towarowych } v &= \left\{ \begin{array}{l} 12 \\ 8 \end{array} \right. \quad \frac{1}{n} \left\{ \begin{array}{l} 0,50 \\ 0,33 \\ 0,25 \end{array} \right. \\ \text{towarowych} & \dots \dots \dots \end{aligned}$$

otrzymujemy następującą tabliczkę:

P o c i ą g						
biegnący po spadku wynoszącym na tysiąc.	osobowy.		osobowo-towa- rowy,		towarowy.	
	można zatrzymać podczas					
	pogo- dy	sloty	pogo- dy	sloty	pogo- dy	sloty
	po przebieżeniu drogi wynoszącej metrów					
0	321	423	280	373	172	222
5	334	460	303	426	186	261
10	351	510	324	506	208	331
15	369	575	356	644	240	488
20	394	671	403	936	266	1168

Z tabliczki powyższej widzimy jak wielki wpływ wywiera ślota na długość drogi, po przebieżeniu której można zatrzymać pociąg.

Pociąg osobowo-towarowy biegnący po spadku 0,010 z prędkością 10 metrów na sekundę czyli 43,2 kilometrów na godzinę, którego  $\frac{1}{3}$  całkowitego ciężaru spoczywa na osiach opatrzonych

w hamulce, może być zatrzymanym na szynach suchych, po przebieżeniu 324 metrów, na szynach wilgotnych zaś dopiero po przebieżeniu 506 metrów.

Na spadku 0,020 nie jesteśmy w stanie zatrzymać pociągu na przestrzeni 250 metrów, albowiem najmniejsza przestrzeń obliczona ze wzoru (22) wynosi 266 metrów.

Jeżeli pociąg zaopatrzony jest w taką ilość hamulców, jaka jest przepisana ustawą dróg związkowych niemieckich, to na spadku 0,020, stosownie do dokonanych doświadczeń zatrzymać można:

P o c i ą g	w c z a s i e	
	pogody	sloty
	na przestrzeni wynoszącej metrów.	
osobowy . . . . .	400	670
osobowo-towarowy . . . . .	400	940
towarowy . . . . .	300	1170

Liczby powyższe mało się różnią od wyników obliczenia dokonanego na podstawie wzoru (22).

\* \* \*

Jeżeli nie chodzi o *zatrzymanie* pociągu, lecz tylko o *sprawienie*, aby początkowa prędkość  $v$  metrów na sekundę, zesłała do wartości  $e$  metrów na sekundę, w takim razie należy we wzorze (13) zastąpić  $h$  przez wartość:

$$4 + \frac{h-4}{n},$$

zaś  $S$  przez  $S - S_1$ ; pamiętając przytem że  $S_1 = 10 v$ , otrzymujemy w takim razie:

$$\left. \begin{aligned} S &= 10 v + \frac{51 (v^2 - e^2)}{\alpha} \\ \alpha &= \frac{h-4}{n} + 4 - m \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (23)$$

Wzory te służą do obliczania przestrzeni, jakie przebiegają pociągi w czasie, w ciągu którego początkowa prędkość biegu wynosząca  $v$  metrów na sekundę, spada w skutku zahamowania do wartości  $e$  metrów na sekundę.

We wzorach powyższych  $\alpha$  ma następujące wartości:

$$\begin{aligned} \text{na szynach posypanych piaskiem} & \left\{ \begin{aligned} & \frac{196}{n} + 4 - m \\ \text{„ „ suchych . . . . . } \alpha = & \frac{126}{n} + 4 - m \\ \text{„ „ wilgotnych . . . . . } & \frac{76}{n} + 4 - m \end{aligned} \right. \end{aligned}$$

Gdybyśmy wiedzieć chcieli, jaką przestrzeń przebiegnie w czasie słoty pociąg idący po spadku 0,015, z prędkością 10 metrów na sekundę (36 kilometrów na godzinę), którego  $\frac{1}{5}$  całkowitego ciężaru spoczywa na osiach opatrzonych w hamulce, zanim początkowa prędkość spadnie w skutek zahamowania do wartości 4 metrów na sekundę (14,4 kilometrów na godzinę), to należy wstawić we wzór (23) następujące wartości liczebne:

$$v = 10, \quad c = 4, \quad m = 15, \quad \frac{1}{n} = \frac{1}{5},$$

$$\alpha = \frac{76}{n} + 4 - m = \frac{76}{5} + 4 - 15 = 4,2,$$

a wtedy otrzymamy:

$$S = 10 \cdot 10 + \frac{51 (10^2 - 4^2)}{4,2} = 1120 \text{ metrów.}$$

## VII.

### Ilość hamulców przy pociągach dróg żelaznych.

Wspomnieliśmy już powyżej, że w zwykłych okolicznościach można wytworzyć działaniem hamulców opór sztuczny wynoszący na każdą tonnę hamowanego ciężaru 130 kilogramów.

Jeżeli wagon próżny opatrzony w hamulce waży 5 tonn a tenże sam wagon naładowany 15 tonn, to hamując takowy wytwarzamy w pierwszym razie opór sztuczny wynoszący  $5 \times 130 = 650$  kilogramów, w drugim zaś razie  $15 \times 130 = 1950$  kilogr., przyjąć więc można, że hamowaniem jednego wagonu wytworzyć się daje opór sztuczny wynoszący średnio 1300 kilogramów.

Przypuśćmy teraz, że na przestrzeni 200 metrów zatrzymać potrzeba pociąg ważący 255 tonn, biegnący po linii poziomej z prędkością 10 metrów na sekundę, to ilość hamulców jakimi pociąg ten opatrzony być winien, obliczamy w sposób następujący:

Siła żywa, jaką gromadzi w sobie każda tonna, ciężaru pociągu biegnącego z prędkością 10 metrów na sekundę wynosi:

$$102 \cdot \frac{10^2}{2} = 5100 \text{ kilogrametrów,}$$

(albowiem jak to już powyżej wykazaliśmy—masa jednej tonny pociągu wyraża się przez liczbę 102 a dynamika uczy, że siła żywa ma za wartość połowę iloczynu z masy przez kwadrat z prędkości), że zaś pociąg, który mamy na względzie, waży 255 tonn, przeto siła żywa którą zniwieczyć należy przez hamowanie wynosi

$$255 \times 5100 = 1300500 = 13 \times 10^5$$

Skoro działaniem jednego hamulca wytworzyć się daje opór sztuczny wynoszący 1300 kilogramów,  $x$  zaś oznacza ilość hamulców działających w czasie, w którym pociąg przebiega 200 metrów,

to całkowita praca mechaniczna wykonana przez hamulce wyrazi się przez:

$1300 \cdot 200 x = 26 \cdot 10^4 x$  kilogrametrów,  
że zaś ta praca zniweczyć musi siłę żywą pociągu wynoszącego  $13 \times 10^5$  przeto mamy równanie:

$$13 \cdot 10^5 = 26 \cdot 10^4 x,$$

z którego otrzymujemy:

$$x = 5,$$

co oznaczałoby, że do zatrzymania w mowie będącego pociągu na przestrzeni 200 metrów wystarcza 5 hamulców.

Doświadczenie nie stwierdza wyniku naszego obliczenia, albowiem w okolicznościach powyżej podanych, do wywołaniażądanego skutku, należałoby w rzeczywistości rozporządzać większą ilością hamulców aniżeli wykazał powyższy rachunek.

Niezgodność zachodząca pomiędzy wynikami doświadczenia i danymi otrzymanymi z rachunku ma swoje źródło w niedokładności przyjętego sposobu obliczenia — i tak:

1<sup>o</sup> Przyjęliśmy wyżej, że hamowanie jednego wagonu wytwarza opór wynoszący 1300 kilogramów, przypuściliśmy więc tem samem, że wszystkie wagony opatrzone w hamulce wchodzące w skład pociągu są jednakowego ciężaru i że takowy wynosi 10 tonn.

2<sup>o</sup> Nie uwzględnialiśmy czasu, jaki upływa pomiędzy podaniem sygnału i zahamowaniem pociągu.

3<sup>o</sup> Nie braliśmy pod uwagę wpływu, jaki na bieg pociągu wywierają wagony niehamowane, w skład takowego wchodzące.

Chcąc się liczyć z powyżej wyszczególnionemi okolicznościami należy się uciec do wzoru (22), z którego otrzymujemy w takim razie:

$$\begin{aligned} \frac{1}{n} &= \frac{51 \cdot v^2}{126 (S - 10 v)} + \frac{m - 4}{126} = \\ &= \frac{1}{126} \left\{ \frac{51 v^2}{S - 10 v} + m - 4 \right\}, \quad \dots \quad (24) \end{aligned}$$

wyrażenie służące do obliczania ilości hamulców, w którym:

$\frac{1}{n}$  — oznacza część ciężaru całego pociągu, jaka spoczywa na osiach, opatrzonych w hamulce,

$v$  — prędkość jazdy w chwili podania sygnału hamowania, wyrażoną w metrach na sekundę,

$m$  — spadek toru w milimetrach na jeden metr poziomej odległości,

$s$  — przestrzeń wyrażoną w metrach, jaką pociąg przebiega w czasie, jaki upływa od chwili podania sygnału hamowania aż do chwili, w której w następstwie zahamowania pociąg się zatrzymuje.

Z wzoru powyższego obliczamy, że chcąc zatrzymać na przestrzeni 160 metrów, pociąg biegnący po spadku 0,025 z prędkością 10 metrów na sekundę (36 kilometrów na godzinę) należy połowę całego jego ciężaru osadzić na osiach zaopatrzonych w hamulce,

wstawiając bowiem za  $v \dots 10$ ,  $S \dots 160$ ,  $m \dots 25$  i zaokrąglając wynik rachunku, otrzymujemy że  $n = \frac{1}{2}$ .

Największy spadek, jaki ustawa dróg związkowych niemieckich dopuszcza na drogach żelaznych pierwszorzędnych wynosi 0,025. Jeżeli przyjmiemy, że po takim spadku chodzą pociągi osobowe, osobowo-towarowe i towarowe z prędkością 15, 12 i 8 metrów na sekundę, to na podstawie wzoru (24) i zaokrąglając liczby wynikające ze ścisłego obliczenia, otrzymamy następującą tabliczkę:

Ażeby na spadku 0,025 zatrzymać pociąg			
na przestrzeni wynoszącej metrów	osobowy	osobowo-towarowy	towarowy
	biegnący z prędkością metrów na sekundę		
	15	12	8
to na osiach zaopatrzonych w hamulce spoczywać musi część całkowitego ciężaru pociągu, wynosząca			
103	—	—	$\frac{1}{1}$
150	—	—	$\frac{1}{2}$
190	—	$\frac{1}{1}$	$\frac{1}{3}$
200	—	$\frac{1}{1}$	$\frac{1}{3}$
250	—	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$
259	$\frac{1}{1}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{4}$
300	$\frac{1}{1}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{4}$
400	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{4}$
500	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{4}$
600	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{5}$
1000	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{5}$

Tabliczka powyższa wykazuje pomiędzy innemi, że na przestrzeni 100 metrów niepodobna zatrzymać jakiegokolwiek pociągu na spadku 0,025, a dalej, że najkrótsza przestrzeń, na jakiej zatrzymać można pociągi biegnące po takim spadku, gdy wszystkie osie wagonów zaopatrzone są w hamulce, wynosi dla pociągów

osobowych. . . . . 259 metrów

osobowo-towarowych. . . . . 190 „

towarowych. . . . . 103 „

Ta sama tabliczka poucza, że na przestrzeni 500 metrów dłużej, można zatrzymywać pociągi biegnące po spadku 0,025 jeżeli na osiach zaopatrzonych w hamulce spoczywa:

$\frac{1}{2}$  całkowitego ciężaru pociągów osobowych

$\frac{1}{3}$  „ „ „ osobowo-towarowych i

$\frac{1}{4}$  „ „ „ towarowych

Liczby powyższe zgodne są z odpowiednimi przepisami, obowiązującymi na drogach związkowych niemieckich, z czego wnosić



można, że ustawa związkowa ma na względzie zatrzymanie pociągów biegnących po spadku 0,025 na przestrzeni 500 metrów długiej.

Na właściwem miejscu zwróciliśmy uwagę na tę okoliczność że liczby podane w powyższej tabliczce otrzymaliśmy przez zaokrąglenie wyników rachunku. Ściśle rzeczy biorąc ilości  $\frac{1}{2}$ ,  $\frac{1}{3}$  i  $\frac{1}{4}$  nie odpowiadają 500 metrom, lecz następującym przestrzeniom:

423 metrom dla pociągów osobowych,

468 " " " osobowo-towarowych i

389 " " " towarowych.

W praktyce przyjąć można, że przestrzeń na której daje się stawić ruch wynosi:

dla pociągów przewożących osoby . . . 500 metrów,

towary . . . 400 "

Wychodząc z tych ostatnich liczb i biorąc pod uwagę przepisy obowiązujące na drogach związkowych niemieckich sporządziliśmy następującą tabliczkę:

Chcąc zatrzymać pociąg						
na spadku wynoszącym na tysiąc.	osobowy		osobowo-towa- rowy		towarowy	
	przebiegający na sekundę metrów					
	15		12		8	
	na przestrzeni wynoszącej metrów					
	500				400	
	osadzić trzeba na osiach zaopatrzonych w hamulce część całkowitego ciężaru pociągu, wynoszącą według					
	teorii	ustawy d. z. n.	teorii	ustawy d. z. n.	teorii	ustawy d. z. n.
	2	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{7}$	$\frac{1}{10}$	$\frac{1}{15}$
3	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{6}$	$\frac{1}{7}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{14}$	$\frac{1}{10}$
5	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{6}$	$\frac{1}{7}$	$\frac{1}{11}$	$\frac{1}{8}$
10	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{6}$	$\frac{1}{7}$	$\frac{1}{7}$
13	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{6}$	$\frac{1}{6}$
17	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{5}$
25	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{4}$

Powyższe zestawienie wykazuje:

1° że dla spadków stromych, zawartych pomiędzy 0,010 i 0,025, wyniki teoretycznego obliczenia są prawie zupełnie zgodne z odpowiednimi przepisami obowiązującymi na drogach związkowych, czyli że pociągi zaopatrzone w hamulce odpowiednio do wymagań ustawy, mogą być zawsze na tych spadkach zatrzymane na przestrzeniach wyszczególnionych w tabliczce,

2° że pociągi osobowe i osobowo-towarowe, przebiegające spadki mniejsze od 0,010, winny być według teorii zaopatrzone

w większą ilość hamulców aniżeli to jest wymaganiem ustawą związkową, aby je można było zatrzymywać na przestrzeni 500 metrów,— i

3° że dla pociągów towarowych, przebiegających spadki łagodniejsze jak 0,010, teoria podaje mniejszą ilość hamulców, aniżeli ustawa związkowa czyli że pociągi towarowe na takich spadkach, mogą być zatrzymywane na krótszej od 400 metrów przestrzeni.

Poniżej podajemy tabliczkę, obliczoną na podstawie wzoru (22), w której uwidoczniliśmy przestrzenie, na jakich zatrzymać można na różnych spadkach pociągi, których część całkowitego ciężaru odpowiadająca wymaganiom dróg związkowych niemieckich, osadzoną jest na osiach zaopatrzonych w hamulce:

Na spadku wynoszącym na tysiąc.	P o c i ą g i					
	osobowe		osobowo-towarowe		towarowe	
	przy ilości hamulców odpowia- dającej $\frac{1}{n}$ części całkowitego ciężaru pociągu	mogą być zatrzymane na przestrzeni $S$ metrów długiej	przy ilości hamulców odpowia- dającej $\frac{1}{n}$ części całkowitego ciężaru pociągu	mogą być zatrzymane na przestrzeni $S$ metrów długiej	przy ilości hamulców odpowia- dającej $\frac{1}{n}$ części całkowitego ciężaru pociągu	mogą być zatrzymane na przestrzeni $S$ metrów długiej
2	$\frac{1}{8}$	870	$\frac{1}{10}$	624	$\frac{1}{12}$	341
3	$\frac{1}{6}$	670	$\frac{1}{8}$	552	$\frac{1}{10}$	320
5	$\frac{1}{4}$	624	$\frac{1}{7}$	552	$\frac{1}{8}$	302
10	$\frac{1}{2}$	600	$\frac{1}{6}$	610	$\frac{1}{7}$	352
13	$\frac{2}{3}$	498	$\frac{1}{5}$	572	$\frac{1}{6}$	352
17	$\frac{3}{4}$	547	$\frac{1}{4}$	516	$\frac{1}{5}$	258
20	$\frac{4}{5}$	422	$\frac{1}{3}$	468	$\frac{1}{4}$	389

Z powyższego zestawienia widzimy:

1° że np. pociąg osobowy przebiegający po spadku 0,010—15 metrów na sekundę, można zatrzymać na przestrzeni 600 metrów długiej jeżeli  $\frac{1}{4}$  część całkowitego jego ciężaru spoczywa na osiach zaopatrzonych w hamulce,— i

2° że dla każdego spadku, istnieje pewna jemu odpowiadająca przestrzeń, na której może być zatrzymany pociąg biegnący z pewną oznaczoną prędkością, t. j. że jeżeli pociąg zaopatrzony jest w taką ilość hamulców, jaką przepisuje ustawa dróg związkowych niemieckich, to takowy nie na każdym spadku, na tejże samej przestrzeni zatrzymać można przez zahamowanie.

Zasady przyjęte w ustawie dróg związkowych, odnośnie do ilości hamulców, nie są oparte na rachunku, lecz są następstwem spostrzeżeń, wyniki których ujęte zostały w ułamki jak najprostsze. Chcąc oznaczyć ilość hamulców, w jaką zaopatrzone być winny pociągi biegnące po rozmaitych spadkach, aby takowe zawsze

na jednej i tejże samej przestrzeni zatrzymywać było można, należałoby zastąpić w przedostatniej tabliczce zasadnicze jednostki obecnie przyjęte w ustawie dróg związkowych niemieckich, czyli ze rewizya ustawy względnie do tej kwestyi byłoby pożądaną.

## VIII.

**Największa prędkość jazdy, przy której można jeszcze zatrzymać pociąg, na pewnej oznaczonej przestrzeni.**

Zbyt wielka prędkość biegu pociągu może zagrażać bezpieczeństwu jazdy, nie tylko z przyczyny możebnego wykoślenia się takowego, ale nadto ze względu na trudności zatrzymania pociągu na pewnej przestrzeni.

Zdawać by się mogło, że ponieważ prędkość biegu jest określoną odpowiednimi przepisami, a ilość hamulców w czasie jazdy pomiędzy dwiema sąsiednimi stacyami zmienioną być nie może, to roztrząsanie pytania będącego przedmiotem tego rozdziału jest zupełnie zbytecznem. Tymczasem, pomijając już tę okoliczność, że gdy chodzi o naukowe rozbieranie pewnego przedmiotu, nawet zagadnienia na pozór niepraktyczne uwzględnianiami być winny, w obecnym wypadku uznać należy, że kwestya przez nas postawiona jest niezaprzeczenie ważną, zarówno dla urzędnika drogi żelaznej, który w danych okolicznościach może się znaleźć w potrzebie oznaczenia największej prędkości jazdy, możliwej przy ilości hamulców znajdujących się przy pociągu, jak i dla maszynisty, który wiedzieć powinien o ile może przyspieszyć jazdę na niektórych częściach drogi, nie pozbawiając się możności zatrzymania pociągu na pewnej oznaczonej przestrzeni. Jakkolwiek bowiem największa prędkość jazdy jest dla każdego pociągu odpowiednimi przepisami ustanowioną, to jednakże nie można uważać w praktyce za rzecz bezwarunkowo niemożliwą — przekraczania powyższych granic, zwłaszcza też gdy pociąg schodzi na tory więcej strome, na których wzmagają się nateżenia składowej siły ciężkości, spychającej takowy na dół.

Jeżeli pociągi podzielimy na trzy rodzaje, a mianowicie na takie których  $\frac{1}{2}$ ,  $\frac{1}{3}$  i  $\frac{1}{4}$  część całkowitego ciężaru spoczywa na osiach zaopatrzonych w hamulce, to największą prędkość jazdy, umożliwiającą zatrzymanie pociągów osobowych i osobowo-towarowych na przestrzeni 500 metrów, towarowych zaś na przestrzeni 400 metrów, obliczyć możemy ze wzoru (22), wstawiając w takowy za  $\frac{1}{n}$  kolejne wartości  $\frac{1}{2}$ ,  $\frac{1}{3}$  i  $\frac{1}{4}$ , a za  $S$  wartości 500, 500 i 400 i szukając dla dowolnie przyjętych wartości na  $m$ , odpowiadających im wartości na  $v$ . Wyrażenie ogólne jakie otrzymujemy zaokrąglając wyniki rachunku jest następujące:

$$v = \frac{1}{10} \left\{ \sqrt{\alpha(\alpha + 2S)} - \alpha \right\} \dots \dots (25)$$

a w niem:

$$\alpha = 4 - m + \frac{126}{n},$$

jeżeli jazda odbywa się w czasie pogody, zaś:

$$\alpha = 4 - m + \frac{76}{n},$$

jeżeli pociąg biegnie po szynach wilgotnych.

Na podstawie powyższego wzoru obliczyliśmy następującą tabliczkę:

Największa prędkość jazdy w czasie						
Po spadku na tysiąc	p o g o d y			s ł o t y		
	dla pociągów, których część całkowitego ciężaru spoczywająca na osiach zaopatrzonych w hamulce, wyraża się przez					
	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{4}$
	nie może przenosić na sekundę metrów.					
	0	20,0	17,4	13,7	16,6	14,3
5	19,4	16,4	12,9	15,9	13,2	10,3
10	18,8	15,7	12,0	14,9	11,9	8,9
15	18,2	14,8	10,9	13,9	10,4	7,2
20	17,5	13,7	9,2	12,9	8,0	2,8
25	16,7	12,5	6,7	12,1	5,9	—

Tabliczka powyższa wskazuje między innemi, że pociąg towarowy, w którym  $\frac{1}{4}$  część całkowitego ciężaru spoczywa na osiach zaopatrzonych w hamulce, można zatrzymać podczas słoty na linii poziomej na przestrzeni 400 metrów, tylko w takim razie, jeżeli prędkość jego biegu nie przenosi 11,5 metrów na sekundę — i że na spadku wynoszącym 0,025, w podobnych jak poprzednio warunkach, takiego pociągu przy najwolniejszym nawet biegu, na przestrzeni 400 metrów zatrzymać niepodobna. Poucza ona niemniej o ile stan meteorologiczny wpływa na prędkość jazdy, w obec której możliwem jest zatrzymać pociąg; przekonywamy się bowiem z tabliczki, że jeżeli pociąg, w którym  $\frac{1}{3}$  część całkowitego ciężaru osadzona jest na osiach zaopatrzonych w hamulce, możemy zatrzymać w czasie pogody na przestrzeni 500 metrów długiej gdy prędkość jazdy wynosi 13,7 metrów na sekundę, to w podobnych warunkach w czasie słoty, prędkość biegu nie może przenosić 8 metrów na sekundę.

# IX.

Jako zastosowanie praw powyżej roztrząsanych, podajemy następujące przykłady:

## Przykład 1.

W łuku o promieniu 600 metrów, położonym na spadku 0,009, oderwały się od pociągu wagony, zachodzi pytanie, z jaką prędkością biedz będą mijając mostek, położony w odległości 1000 metrów od punktu, w którym się odczepiły.

Wstawiając we wzór (7),

$$\text{za } \left\{ \begin{array}{l} m... 9 \\ r... 600 \\ c... 0 \\ S... 1000 \end{array} \right.$$

otrzymujemy:

$$u = \sqrt{\frac{50 \left( 9 - 4 - \frac{600}{600} \right) + 0}{1000 + 2550}} = 7,5$$

metrów, czyli że wagony, mijające mostek, biedz będą z prędkością 7,5 metrów na sekundę to jest 27 kilometrów na godzinę.

## Przykład 2.

Jak szybko biedz może pociąg po linii poziomej, ażeby było możliwem za-trzymać go podczas sloty na przestrzeni 100 metrów?

Wstawiając we wzór

$$S = i \cdot v^2$$

(którego prawdziwość udowodniliśmy w rozdziale 3),

$$\text{za } \left\{ \begin{array}{l} S... 100 \\ i... \frac{5}{8} \end{array} \right.$$

otrzymujemy

$$v = \sqrt{100 \cdot \frac{8}{5}} = 12,6$$

metrów, czyli że szybkość biegu wynosić może 12,6 metrów na sekundę to jest 45,36 kilometrów na godzinę, zwrócić nam tu jednakże należy uwagę na tę okoliczność, że każdy wagon tego pociągu zaopatrzonym być musi w hamulec.

## Przykład 3.

Pociąg, w którym  $\frac{1}{6}$  część całkowitego ciężaru spoczywa na osiach zaopatrzonych w hamulce, idzie z prędkością 10 metrów na sekundę po spadku 0,010, zachodzi pytanie, jaką przebiegnie przestrzeń w czasie, jaki upływa pomiędzy zahamowaniem pociągu i strawieniem ruchu?

Wyrażając  $\frac{1}{6}$ , w procentach całkowitego ciężaru pociągu i wstawiając we wzór (17),

$$\text{za } \left\{ \begin{array}{l} v... 10 \\ x... 20 \\ m... 10 \end{array} \right.$$

otrzymujemy

$$S = 318,7$$

metrów, czyli że zahamowany pociąg przebiegnie jeszcze 318,7 metrów.

### Przykład 4.

Pociąg, przy którym 33% całkowitego ciężaru spoczywa na osiach zaopatrzonych w hamulce, biegnie z prędkością 12 metrów na sekundę, zachodzi pytanie, jak stromym może być spadek, ażeby wprowadzając w działanie wszystkie hamulce, można było na takowym pociąg zatrzymać?

Wstawiając we wzór (17):

$$\text{za } \begin{cases} S \dots \infty \\ v \dots 12 \\ x \dots 33 \end{cases}$$

otrzymujemy:

$$m = 43,$$

co oznacza, że na spadkach łagodniejszych jak 0,043 można będzie zatrzymać w razie będący pociąg, wprowadzając w działanie wszystkie hamulce, zaś na spadkach bardziej stromych, stawianie ruchu przez zahamowanie nie będzie możebnem.

### Przykład 5.

W jak wielką ilość hamulców zaopatrzonym być winien pociąg biegnący z prędkością 36 kilometrów na godzinę po spadku 0,020, ażeby było możebnem zatrzymać go przez zahamowanie na przestrzeni 300 metrów, uwzględniając przytem czas jaki upływa pomiędzy podaniem sygnału hamowania i rozpoczęciem hamowania?

Prędkość 36 kilometrów na godzinę, odpowiada 10 metrom na sekundę, wstawiając przeto we wzór (22),

$$\text{za } \begin{cases} v \dots 10 \\ S \dots 300 \\ m \dots 20 \end{cases}$$

otrzymamy  $\frac{1}{n} = \frac{1}{3}$  czyli że  $\frac{1}{3}$  część ciężaru pociągu osadzoną być winną na osiach zaopatrzonych w hamulce.

Jeżeli wagony wchodzące w skład pociągu są jednakowo ciężkie, to w powyższych warunkach, każdy trzeci wagon zaopatrzonym być winien w hamulec.

### Przykład 6.

Przed zwrotnicą stacyjną wjazdową, znajduje się spadek 0,005, zachodzi pytanie, jak daleko przed tą zwrotnicą ustawić należy sygnał przedstacyjny, ażeby pociągi biegnące z prędkością 15 metrów na sekundę (54 kilometrów na godzinę), których  $\frac{1}{4}$  część całkowitego ciężaru spoczywa na osiach zaopatrzonych w hamulce, można było zatrzymać przez zahamowanie przed samą zwrotnicą.

Wstawiając we wzór (22):

$$\text{za } \begin{cases} \frac{1}{n} \dots \frac{1}{4} \\ m \dots 5 \\ v \dots 15 \end{cases}$$

otrzymamy  $S = 500$ . co oznacza, że sygnał przedstacyjny zabezpieczający od spotkania się pociągów na stacyi, umieszczonym być winien w odległości 500 metrów od zwrotnicy wjazdowej.

### Przykład 7.

Jaką może być największa prędkość jazdy w czasie słoty na spadku 0,015, jeżeli  $\frac{1}{4}$  część całkowitego ciężaru pociągu spoczywa na osiach zaopatrzonych w ha-

mulce, a zatrzymać chcemy tenże pociąg przez zahamowanie, na przestrzeni 400 metrów?

Wstawiając we wzór (25):

$$\text{za} \begin{cases} m... 15 \\ n... 4 \\ d... 4 + \frac{76}{4} - 15 = 8 \\ S... 400 \end{cases}$$

otrzymamy  $v = 7,2$ , co oznacza, że największa prędkość jazdy w powyższych warunkach, wynosić może 7,2 metrów na sekundę to jest 25,9 kilometrów na godzinę.

### Przykład 8.

Z przyczyny nieuwagi służby mechanicznej pociąg, w którym  $\frac{1}{5}$  całkowitego ciężaru spoczywa na osiach zaopatrzonych w hamulce, biegnie podczas sloty po spadku 0,015 z prędkością 12 metrów na sekundę t. j. 43,2 kilometrów na godzinę. Spostrzegłszy błąd służba poczyną hamować w chwili, gdy pociąg mija sygnał przedstacyjny, ustawiony w odległości 500 metrów przed zwrotnicą wjazdową założoną na stacyi zbudowanej w poziomie. Zachodzi pytanie, z jaką prędkością pociąg wjedzie na stacyą, jakoteż w którym miejscu takowej da się zatrzymać?

Wstawiając we wzór (23):

$$\text{za} \begin{cases} h... 80 \\ n... 5 \\ v... 12 \\ m... 15 \\ S... 500 \end{cases}$$

otrzymujemy  $c = 10,6$ , co oznacza, że pociąg wjedzie na stacyą z prędkością 10,6 metrów na sekundę t. j. 37,96 kilometrów na godzinę.

Wstawiając następnie w tenże wzór,

$$\text{za} \begin{cases} v... 12 \\ c... 0 \\ h... 80 \\ n... 5 \\ m... 15 \end{cases}$$

otrzymujemy  $S = 1956$  metrów co oznacza, że pociąg będzie można zatrzymać przez zahamowanie dopiero w odległości 1956 metrów poza sygnałem przedstacyjnym, ponieważ zaś środek stacyi oddalonym jest od tegoż sygnału na  $1000 + 500 = 1500$  metrów, zatem pociąg stanie w odległości 456 metrów poza środkowym punktem stacyi.

### Przykład 9.

Pociąg biegnący z prędkością 15 metrów na sekundę, najeżdża na pociąg stojący na stacyi zbudowanej w poziomie i staje się przyczyną nieszczęśliwego wypadku.

Najeżdżający pociąg składa się z 20 wagonów, ciężar zaś takowego wynoszący 320 tonn rozdziela się jak następuje:

parowóz . . . . .	36 tonn
tender . . . . .	22 „
4 wagony zaopatrzone w hamulce . . . . .	60 „
16 wagonów bez hamulców . . . . .	202 „

Razem 320 tonn



Maszynista pociągnięty do odpowiedzialności zeznaje, że podał sygnał hamowania, ujrawszy sygnał zatrzymania w odległości 800 metrów od zwrotnicy wjazdowej, lecz że z przyczyny niedostatecznej ilości hamulców jakoteż z przyczyny sloty, nie można było zatrzymać pociągu na wzmiankowanej powyżej przestrzeni, że zatem pomimo wszelkich wysiłków wypadek stał się nieuniknionym.

Zachodzi pytanie, czy i o ile zeznania maszynisty, poparte zaświadczeniem służby pociągowej, mogą go usprawiedliwić?

Ciężar spoczywający na osiach zaopatrzonych w hamulce, względnie do całkowitego ciężaru pociągu wynosi;

$$\frac{60}{320} = \frac{1}{5,3}$$

czyli zaokrąglając wyniki rachunku na korzyść maszynisty ...  $\frac{1}{6}$ .

Wzór (22) wykazuje, że podczas pogody, a więc gdy szyny są suche,

$$\alpha = \frac{130 - 4}{5} + 4 - 0 = 29,2$$

podczas sloty zaś, to jest gdy szyny są śliskie i wilgotne

$$\alpha = \frac{80 - 4}{5} + 4 - 0 = 19$$

Odpowiednio do powyższych wartości na  $\alpha$  pociąg biegnący z prędkością 15 metrów na sekundę, można zatrzymać będzie na szynach:

suchych na przestrzeni . . . . . 543 metrów

wilgotnych „ . . . . . 754 „

Najmniejsza zatem przestrzeń, na jakiej przez zahamowanie zatrzymać można pociąg biegnący w powyżej podanych warunkach wynosi 754 metrów, że zaś w danym razie maszynista nawet na przestrzeni 800 metrów pociągu zatrzymać nie umiał, to wnioskować stąd należy, że służba mechaniczna jest winną wypadku.

Poniższe obliczenie stwierdza w zupełności nasze mniemanie. Czas jaki upłynął pomiędzy podaniem sygnału i zahamowaniem pociągu, mógł w najgorszym razie wynosić 10 sekund, pociąg biegł z prędkością 15 metrów na sekundę, zatem przestrzeń przebieżona w ciągu tego czasu, nie mogłaby wynosić więcej jak 150 metrów, ponieważ zaś maszynista zeznał, iż podał sygnał hamowania w odległości 800 metrów od zwrotnicy wjazdowej, przeto pozostawałaby jeszcze przestrzeń  $800 - 150 = 650$  metrom do przebycia w czasie, jaki upłynął pomiędzy zahamowaniem pociągu i zetknięciem się pociągów na stacyi.

Ponieważ prędkość biegu w chwili rozpoczęcia hamowania wynosiła 15 metrów na sekundę, a takowa w chwili zetknięcia się pociągów powinna była zejść do wartości zera, zatem średnia prędkość jazdy na 650 metrów długiej przestrzeni wynosiła  $\frac{0 + 15}{2} = 7,5$  metrów, na sekundę.

Do przebycia 650 metrów długiej drogi z prędkością 7,5 metrów na sekundę potrzeba  $\frac{650}{7,5} = 86$  sekund czasu, cała zatem jazda od chwili ujrzenia sygnału przedstacyjnego aż do zetknięcia się pociągów na stacyi trwałaby  $10 + 86 = 96$  sekund, że zaś w takim czasie możnaby z pewnością zatrzymać pociąg, gdyby sygnał hamowania rzeczywiście podany został w tem miejscu, które maszynista wskazał, przeto wynika stąd, że zeznanie maszynisty mija się z prawdą i że sygnał hamowania podany został przez niego daleko bliżej stacyi.