

Inż. K. Skibiński
honorowy profesor lwowskiej Politechniki.

O WYTRZYMAŁOŚCI TORU KOLEJOWEGO

Wydane z zasiłku Ministerstwa kolei żelaznych.
MCMXXI.

Inż. K. Skibiński
honorowy profesor lwowskiej Politechniki.

O WYTRZYMAŁOŚCI TORU KOLEJOWEGO

1 ademp J. Karłowicz
12/vi 1921.

Wydane z zasiłku Ministerstwa kolei żelaznych.
MCMXXI.



II 32128

DRUKARNIA UDZIAŁOWA WE LWOWIE

Akc. Nr. 3242/51

Działanie obciążenia spokojnego, a jeszcze bardziej ruchomego na tor kolejowy, jest wielce skomplikowane. Tylko możliwie dokładne wniknięcie w grę sił działających może dać przybliżone pojęcie o wytrzymałości toru. Tymczasem obecnie używane wzory, służące ku temu celowi, stosowane dla obciążenia tylko jednym ciężarem, są za mało dokładne, nadto nie uwzględniają różnych czynników, wpływających na wielkość sił wewnętrznych toru. Do takich należą: obciążenie większą ilością ciężarów, w odstępach zbliżonych do rozstawu osi parowozu; pionowa siła odśrodkowa; wpływ złącza na stan szyn i nim spowodowana nierówność szyn; odstawanie podkładów od podłoża; mimośrodkowe przeniesienie obciążenia na podłoże; zużycie szyn; a nareszcie bardzo znaczny wpływ poziomej siły poprzecznej.

Należy także zbadać teoretycznie złącze.

Na koniec trzeba wysnuć wnioski dążące do ulepszenia toru.

Do opracowania niniejszego tematu posłużyły głównie następujące obce i własne prace:

1. Winkler: Die Lehre von der Elastizität und Festigkeit. Prag. 1867.

2. Winkler: Der Eisenbahnoberbau. Prag 1875.

3. Zimmermann: Die Berechnung des Eisenbahn-Oberbaues. Berlin 1888.

4. Ast: Die Beziehungen zwischen Gleis und rollendem Material. Wien 1893.

5. Francke: Träger mit elastischer Unterlage. Zeitschrift des Arch. u. Ing. Vereins zu Hannover 1896 i kilka rozpraw w Organ f. d. Fortschr. des Eisenbahnwesens.

6. Wasiutyński: Bulletin de la commission internationale du congrès des chemins de fer 1898. lub Organ f. d. F. d. E. 1899.

7. Skibiński: Beitrag zur Berechnung des Querschwellen-Oberbaues. Ztschr. d. oesterr. Ing. u. Arch. Vereins. Wien 1899.

8. Skibiński: Schwebestoss auf einer Querschwelle. Oesterr. Wochenschrift f. d. oeffentl. Baudienst. Wien 1904.

9. Dr. Wątarek: Nawierzchnia poprzeczna pod działaniem sił pionowych. Lwów 1908.

10. Skibiński: Ueber Schienenstossverbindungen. Organ f. d. F. d. Eisenb. Wesens. L. Band 1913.

11. Skibiński: Theoretische Untersuchung der Schienenstoss-Verbindung. Oesterr. Wochenschrift f. d. oeffentl. Baudienst. Wien 1913.

Te rozprawy będą cytowane podług powyższych numerów.

ROZDZIAŁ I.

Teorya wytrzymałości szyny nieprzerwanej.

§. 1. **Ogólne.** Obecnie używane wzory, służące do badania wytrzymałości nawierzchni kolejowej, są urabione dla działania tylko jednego ciężaru, lecz na krótkim torze z uwzględnieniem poddawania się podpór (Zimmermann), albo też na nieskończenie długim, ciężarami w równych odstępach obciążonym torze, ale na niepoddających się podporach (Winkler). Ten drugi rodzaj wzorów nie powinien być wcale stosowany, gdyż wszelkie podpory toru się poddają¹⁾.

W wzorach Zimmermanna tkwią dwie niedokładności. Pierwszą jest za krótki tor. W 7. rozprawie we wstępie podanej opracowałem teorię dla tak długiego toru (tor ułożony na ośmiu i siedmiu podkładach), że większa długość jużby się nie przyczyniła do dokładności. Wzory tej dokładnej teorii podają wyniki znacznie mniejsze niż wzory Zimmermanna. (Ob. §. 21.). Druga niedokładność polega na tem, że przyjęto działanie tylko jednego ciężaru, co nie jest zgodne z rzeczywistością.

Przyczyną, dla której dotychczas nie uwzględniono rzeczywistego najniekorzystniejszego obciążenia parowozem,

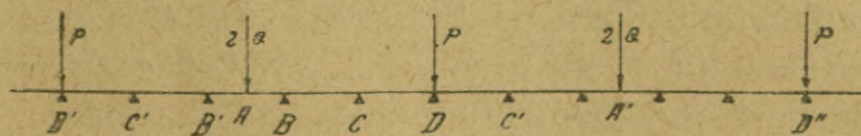
¹⁾ To dziwne, że normalja najnowsze nawierzchni austriackich kolei państwowych, są właśnie na podstawie tych wzorów rachowane.

jest niewątpliwie skomplikowane przeprowadzenie matematyczne, doprowadzające do mniej wygodnych wzorów. Jedynie praca Franckiego (rozpr. 5.), a za nim Wątorcka (rozpr. 9.) uwzględnia dowolne obciążenie toru, nie nadaje się jednakże do praktycznego zastosowania. W 7. rozprawie podałem sposób przybliżonego uwzględnienia większej ilości ciężarów posiłkując się wykresem.

W niniejszej pracy chcę przedstawić teorię mniej zawiłą, uwzględniającą z dostateczną dokładnością obciążenia, jakie wywiera parowóz. Zbytnią dokładność nie jest potrzebna, jeżeli się zważy, że do obrachowania wprowadza się tak niepewne czynniki, jak znamię podłoża żwirowego (C), zgniecenie drzewa pod obciążeniem etc. Natomiast postaram się uwzględnić czynniki przytoczone na wstępie, a które dotychczas, o ile mi wiadomo, nigdzie w takiej mierze nie były uwzględnione.

§ 2. **Przyjęte obciążenie. Znakowanie. Ilości C , v , D i φ .** Ryc. 1. okazuje obciążenie co dwa i pół odstępów podkładów na nieskończenie długim torze. Stosownie do odstępów podkładów 77 do 85 cm, wynosi odstęp ciężarów 192.5 do 212.5 cm, co odpowiada rozstawowi osi parowozu pospiesznego. Przyjęcie nieskończenie długiego toru niezmiernie upraszcza przeprowadzenie matematyczne bez uszczerbku dla dokładności, gdyż jeżeli weźmiemy na uwagę np. punkt

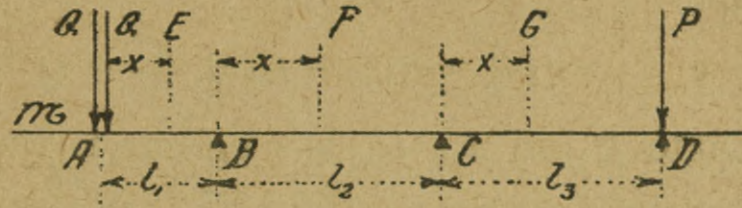
Ryc. 1.



A i grupę $D'AD$, to obciążenie w A' (lub podobnie na lewo położonego ciężaru) tak nieznacznie wpływa na wielkość momentu sił zewnętrznych i na ugięcie w punkcie A , że wpływ tego ciężaru może być praktycznie zaniechany. To samo można powiedzieć o wpływie ciężaru D'' na punkt D . Dowód na to twierdzenie znajdzie czytelnik na końcu 7 rozprawy.

badania wystarczy, z powodu symetrii układu część toru między punktami A i D (ryc. 2.). Znakowanie:

Ryc. 2.



Do podkładów	B	C	D odnoszą się:
oddziaływania	R_b	R_c	R_d
wgłęb. podkł.	y_b	y_c	y_d
spółczynniki φ	φ_1	φ_2	φ_3
ugięcia szyn	$y_1 = \varphi_1 y_b \quad y_2 = \varphi_2 y_c \quad y_3 = \varphi_3 y_d \quad (y_0 \text{ w } A)$		
Kąt stycznej linii ugięcia	τ_1	τ_2	0
ilości D	D_b	D_c	D_d
natężenia podłoża	p_1	p_2	p_3

W celu uogólnienia zagadnienia wprowadza się nie równe odstępy podkładów l_1, l_2, l_3 , i dla uproszczenia $l_1 + l_2 = l_{12}, l_1 + l_3 = l_{13}, l_2 + l_3 = l_{23}, l_1 + l_2 + l_3 = l$.

Warunek równowagi sił zewnętrznych daje równanie:

$$2Q + P - 2R_b - 2R_c - R_d = 0 \quad . \quad . \quad . \quad 4.$$

Z powodu symetrii układu ma być styczna w punkcie A pozioma. Ten warunek wymaga dodania w tym punkcie momentu \mathfrak{M} , o wielkości na razie nie znanej.

Moment sił zewnętrznych w punkcie E: $\mathfrak{M} - Qx \quad . \quad . \quad . \quad 5.$

a w punkcie A: $M_a = \mathfrak{M} \quad . \quad . \quad . \quad 5 a.$

Niech E i I oznaczają współczynnik sprężystości podłużnej stali i moment bezwładności przekroju szyny względem poziomej osi. Całkujemy 5. równanie, w celu uzyskania nachylenia τ stycznej do linii ugięcia szyny:¹⁾

$$EI \frac{dy}{dx} = \mathfrak{M} x - Q \frac{x^2}{2} \quad . \quad . \quad . \quad 6.$$

a dla punktu B, gdy się podstawią $x = l_1$:

$$EI \tau_1 = \mathfrak{M} l_1 - Q \frac{l_1^2}{2} \quad . \quad . \quad . \quad 6 a,$$

Z tego równania wyznaczy się $\mathfrak{M} = EI \frac{\tau_1}{l_1} + Q \frac{l_2}{2} \quad . \quad . \quad . \quad 7.$

¹⁾ Podług równania linii ugięcia: $EI \frac{d^2y}{dx^2} =$ momentowi sił zewnętrznych.

Całkując rów. 6. uzyska się ugięcie szyny zważywszy, że dla $x=0$ jest ugięcie równe y_0 i że ugięcie w dół uważa się za dodatnie:

$$EIy = EIy_0 - \mathfrak{M} \frac{x^2}{2} + Q \frac{x^3}{6} = EIy_0 - EI \frac{\tau_1}{l_1} \frac{x^2}{2} - Q \frac{x^2}{2} \left(\frac{l_1}{2} - \frac{x}{3} \right) \quad 8.$$

Dla punktu B jest $x=l_1$, zaś ugięcie równe y_1 , zatem

$$EIy_1 = EIy_0 - EI \frac{\tau_1}{l_1} \frac{l_1^2}{2} - Q \frac{l_1^3}{12} \quad . \quad . \quad . \quad 8 \text{ a.}$$

Z tego równania wyznaczy się y_0 , skoro y_1 i τ_1 będzie znane.

Moment w punkcie F : $\mathfrak{M} - Q(l_1 + x) + R_b x =$

$$EI \frac{\tau_1}{l_1} - Q \left(\frac{l_1}{2} + x \right) + R_b x \quad . \quad . \quad . \quad 9.$$

Przeprowadziwszy dwa razy całkowanie tego momentu jak powyżej, otrzyma się:

$$EI \frac{dy}{dx} = EI \frac{\tau_1}{l_1} (l_1 + x) - Q \frac{x}{2} (l_1 + x) + R_b \frac{x^2}{2} \quad 10.$$

$$\text{a dla } x=l_2 : EI\tau_2 = EI \frac{\tau_1}{l_1} l_{12} - Q \frac{l_2}{2} l_{12} + R_b \frac{l_2^2}{2} \quad 10 \text{ a.}$$

Dla $x=0$ jest $y=y_1$, a dla $x=l_2$ jest $y=y_2$ zatem

$$EIy = EIy_1 - EI \frac{\tau_1}{l_1} x \left(l_1 + \frac{x}{2} \right) + Q \frac{x^2}{2} \left(\frac{l_1}{2} + \frac{x}{3} \right) - R_b \frac{x^3}{6} \quad 11.$$

$$EIy_2 = EIy_1 - EI \frac{\tau_1}{l_1} \frac{l_2}{2} (2l_1 + l_2) + Q \frac{l_2^2}{2} \left(\frac{l_1}{2} + \frac{l_2}{3} \right) - R_b \frac{l_2^3}{6} \quad 11 \text{ a.}$$

$$\text{Nareszcie moment w } G; \mathfrak{M} - Q(l_{12} + x) + R_b(l_2 + x) + R_c x = EI \frac{\tau_1}{l_1} - Q \left(l_{12} - \frac{l_1}{2} + x \right) + R_b(l_2 + x) + R_c x \quad 12.$$

Po całkowaniu, gdy dla $x=0$ jest $\tau=\tau_2$:

$$EI \frac{dy}{dx} = EI\tau_2 + EI \frac{\tau_1}{l_1} x - Q x \left(l_{12} - \frac{l_1}{2} + \frac{x}{2} \right) + R_b x \left(l_2 + \frac{x}{2} \right) + R_c \frac{x^2}{2} \quad . \quad . \quad . \quad 13.$$

a dla $x=l_3$, zważywszy że styczna w D jest pozioma:

$$0 = EI\tau_2 + EI \frac{\tau_1}{l_1} l_3 - Q l_3 \left(l_{12} - \frac{l_1}{2} + \frac{l_3}{2} \right) + R_b l_3 \left(l_2 + \frac{l_3}{2} \right) + R_c \frac{l_3^2}{2} \quad . \quad . \quad . \quad 13 \text{ a.}$$

Całkujemy wz. 13. i zważmy, że dla $x=0$ jest $y=y_2$,
zaś dla $x=l_3$ jest $y=y_3$:

$$EIy = EIy_2 - EI\tau_2 x - EI \frac{\tau_1}{l_1} \frac{x^2}{2} + Q \left(l_{12} - \frac{l_1}{2} + \frac{x}{3} \right) \frac{x^2}{2} - R_b \frac{x^2}{2} \left(l_2 + \frac{x}{3} \right) - R_c \frac{x^3}{6} \quad . \quad . \quad 14.$$

$$EIy_3 = EIy_2 - EI\tau_2 l_3 - EI \frac{\tau_1}{l_1} \frac{l_3^2}{2} + Q \frac{l_3^2}{2} \left(l_{12} - \frac{l_1}{2} + \frac{l_3}{3} \right) - R_b \frac{l_3^2}{2} \left(l_2 + \frac{l_3}{3} \right) - R_c \frac{l_3^3}{6} \quad . \quad . \quad 14 a.$$

Mamy siedem niewiadomych, mianowicie: \mathfrak{M} , τ_1 , τ_2 , y_0 , y_1 , y_2 i y_3 . Do ich wyznaczenia posiadamy siedem równań: 7, 6a, 8a, 10a, 11a, 13a i 14a.

Ugięcia y zastąpimy oddziaływaniami. Mianowicie wynikają z wz. 1., w związku z wz. 3. ugięcia szyn:

$$y_1 = \frac{R_b \varphi_1}{D_b}, y_2 = \frac{R_c \varphi_2}{D_c}, y_3 = \frac{R_d \varphi_3}{D_d} \quad . \quad . \quad 15.$$

a gdy się wprowadzi za R_d wartość z wz. 4.:

$$y_3 = \frac{[2Q + P - 2R_b - 2R_c]}{D_d} \varphi_3 \quad . \quad . \quad 15 a.$$

Z równań 10a i 13a, wyznaczy się τ_1 i τ_2 :

$$EI \frac{\tau_1}{l_1} = Q \frac{l_{23}}{2} - R_b \frac{l_{23}^2}{2l} - R_c \frac{l_3^2}{2l} \quad . \quad . \quad 16.$$

$$EI\tau_2 = Q \frac{l_{12} l_3}{2} - R_b \frac{l_3}{2l} [l_1 l_{23} + ll_2] - R_c \frac{l_{12} l_3^2}{2l} \quad 17.$$

Jeżeli odstęp podkładów są jednakowe, równe a , wtedy $\left(l_1 = \frac{a}{2} \right)$

$$EI\tau_1 = \frac{a^2}{2} [Q - 0.8 R_b - 0.2 R_c] \quad . \quad . \quad 16 a.$$

$$EI\tau_2 = a^2 [0.75 Q - 0.7 R_b - 0.3 R_c] \quad . \quad . \quad 17 a.$$

Wartości z równań 16 i 17. należy wstawić w równania 11a i 14a, w związku z równ. 15, a otrzyma się dwa równania dla wyznaczenia oddziaływań R_b i R_c .

$$+ EI \frac{R_b \varphi_1}{D_b} - EI \frac{R_c \varphi_2}{D_c} - Q \frac{l_2}{12} [3 l_1 l_{23} + 3 l_{12} l_3 + l_2^2] + R_b \frac{l_2}{12l} [3 l_{23}^2 (2 l_1 + l_2) - 2 ll_2^2] + R_c \frac{l_2 l_3^2}{4l} (2 l_1 + l_2) = 0$$

$$+ EI \frac{R_c \varphi_2}{D_c} - EI \frac{(2Q + P - 2R_b - 2R_c) \varphi_3}{D_d} - Q \frac{l_3^2}{12} [3l_{12} + l_3] + \\ + R_b \frac{l_3^2}{12l} [3l_1 l_{23} + l(3l_2 + l_3)] + R_c \frac{l_3^2}{12l} [4l_{12} + l_3] = 0$$

Jeżeli się te dwa równania uporządkuje i oznaczy współczynniki przy Q przez a_1 i a_2 , przy R_b przez b_1 i b_2 , przy R_c przez c_1 i c_2 , a przy P przez d_2 , to się otrzyma równania:

$$\left. \begin{aligned} -a_2 Q + b_1 R_b + c_1 R_c &= 0 \\ -a_2 Q + b_2 R_b + c_2 R_c - d_2 P &= 0 \end{aligned} \right\} 18.$$

z których ostatecznie wyznaczy się R_b i R_c :

$$\left. \begin{aligned} R_b [b_2 c_1 - b_1 c_2] &= Q [a_2 c_1 - a_1 c_2] + P d_2 c_1 \\ R_c [b_2 c_1 - b_1 c_2] &= Q [a_1 b_2 - a_2 b_1] - P d_2 b_1 \end{aligned} \right\} 19.$$

Spółczynniki w wz. 18. i 19. mają następujące wartości:

$$\left. \begin{aligned} a_1 &= \frac{l_2}{12} [3l_1 l_{23} + 3l_{12} l_3 + l_2^2]; b_1 = \frac{l_2}{12l} [3l_{23}^2 (2l_1 + l_2) - \\ &- 2ll_2^2] + \frac{EI\varphi_1}{D_b}; c_1 = \frac{l_2 l_3^2}{4l} (2l_1 + l_2) - \frac{EI\varphi_2}{D_c}; \\ a_2 &= \frac{l_3^2}{12} [3l_{12} + l_3] + \frac{2EI\varphi_3}{D_d}; \\ b_2 &= \frac{l_3^2}{12l} [3l_1 l_{23} + l(3l_2 + l_3)] + \frac{2EI\varphi_3}{D_d}; c_2 = \frac{l_3^3}{12l} [4l_{12} + l_3] + \\ &+ EI \left[\frac{\varphi_2}{D_c} + \frac{2\varphi_3}{D_d} \right]; d_2 = \frac{EI\varphi_3}{D_d} \end{aligned} \right\} 18a.$$

Jeżeli odstęp podkładów są jednakowe, równe a :

$$\left. \begin{aligned} a_1 &= \frac{8.5}{12} a^3; b_1 = \frac{19}{30} a^3 + \frac{EI\varphi_1}{D_b}; c_1 = 0.2 a^3 - \frac{EI\varphi_2}{D_c}; \\ a_2 &= \frac{5.5}{12} a^3 + \frac{2EI\varphi_3}{D_d}; b_2 = \frac{13}{30} a^3 + \frac{2EI\varphi_3}{D_d}; \\ c_2 &= \frac{7}{30} a^3 + EI \left[\frac{\varphi_2}{D_c} + \frac{2\varphi_3}{D_d} \right]; d_2 = \frac{EI\varphi_3}{D_d} \end{aligned} \right\} 18b.$$

Podług wz. 19. obrachowane wartości R_b i R_c wstawi się: w równ. 4, w celu wyznaczenia R_d ; w równ. 16 i 17., w celu wyznaczenia τ_1 i τ_2 , które wartości wstawione w wz. 7 i 5a wyznaczą \mathfrak{M} i M_a . Podług M_a obrachuje się natężenie przekroju szyny. Następnie podług wz. 1 i 1a., uwzględniając znakowanie w § 3. podane, obrachuje się wgłębienie podkładów y_b , y_c , y_d , i natężenie podłoża p_1 , p_2 i p_3 . Nareszcie obrachują się ugięcia szyn podług wz. 15.

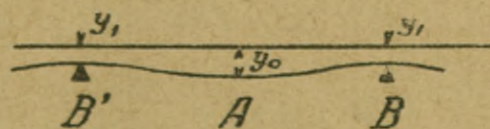
§ 4. **Odstawanie podkładów od podłoża.** Istnieją różne przyczyny, dla których po pewnym czasie niektóre podkłady nie spoczywają na podłożu, lecz częściowo lub całkowicie od niego odstają. Jedną z nich jest za krótki podkład, który po ubiciu żwiru odstaje końcami od podłoża. Drugą przyczyną jest niejednakowe ugniatanie (zgęszczenie) żwiru pod poszczególnymi podkładami. Trzecią przyczyną, najwydatniejszą, jest nierówność powierzchni szyny (falowanie, ob. 10. rozpr. ryc. 7). Parowóz uderza z siłą w dolinę fali i ugniata silniej żwir, poczem sprężystość szyny powoduje podniesienie podkładów.

Jeżeli odstawanie podkładu wynosi s cm, to podczas obciążenia musi szyna wprzód o s się obniżyć, poczem dopiero wgłębienie podkładu nastąpi. Nazwijmy y_s ugięcie szyny a y_p wgłębienie podkładu, to $y_s = s + y_p$ $\varphi = s + \frac{R\varphi}{D}$ jeżeli R jest oddziaływaniem podkładu. Zatem należy w wzorach dla EIy_s dodać EIs .

Przypuśćmy, że np. podkłady po obu stronach punktu A na ryc. 3 o s odstają, wtedy należy w wz. 11a. za EIy_1 podstawić $EI(y_1 + s)$, a w dalszej konsekwencji dodać EIs w pierwszym równaniu wz. 18., a w pierwszym równaniu wz. 19. dodać $c_2 EIs$, w drugim dodać $b_2 EIs$. (Przykłady w §. 13.).

§ 5. **Pionowa siła odśrodkowa.** Z powodu ugięcia szyny pod ciężarem, koło porusza się po krzywolinijnej drodze $B'AB$ (ryc. 3.), więc ciężar $2Q$ wytwarza siłę odśrodkową $2O$, stosownie do chyżości pociągu i promienia krzywizny w punkcie A . O tę siłę zwiększa się obciążenie, co powoduje zwiększenie ugięcia y_0 , momentu sił zewnętrznych i natężenia szyny. Niech v oznacza chyżość pociągu w metrach na sekundę, ϱ promień krzywizny w A w metrach, to w przybliżeniu jest:

Ryc. 3.



$$2O = \frac{2Qv^2}{10\varrho} \quad \dots \quad 20.$$

W celu wyznaczenia promienia ρ zastąpmy krzywą $B'AB$ parabolą, o połowie cięciwy równej x , a strzałce $y_0 - y_1$. Równanie takiej paraboli opiewa: $x^2 = 2p(y_0 - y_1)$, gdy p jest parametrem. Ponieważ promień krzywizny w wierzchołku paraboli równa się parametrowi, zatem

$\rho = p = \frac{x^2}{2(y_0 - y_1)}$. Strzałka $y_0 - y_1$ da się w przybliżeniu

przedstawić wzorem $aQ + \beta$ (ob. przykład w § 15), gdy a i β są stałymi współczynnikami. W ten wzór należy wstawić

$Q + O$, to się otrzyma $\rho = \frac{x^2}{2[a(Q + O) + \beta]}$, wtedy wz. 20.

otrzyma postać

$$O = \frac{Qv^2 [a(Q + O) + \beta]}{5x^2}$$

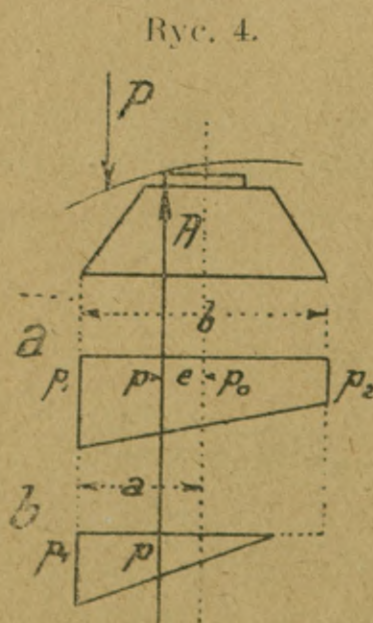
z którego, gdy podstawimy $\frac{5x^2}{Qv^2} = c$, otrzymamy wzory dla wyznaczenia O i ρ :

$$O = \frac{aQ + \beta}{c - a} \text{ i } \rho = \frac{Qv^2}{10O} \text{ (z wz. 20.)} \quad 21,$$

Przykłady w § 15.

§ 6. Mimośrodkowe działanie obciążenia na podłoże.

Skoro tor podczas obciążenia się podda, to w chwili odciążenia sprężysta szyna podrywa podkłady za pomocą łączni-



Ryc. 4.

ków, tak, że następuje rozluźnienie połączenia szyny z płytką podkładową. Taki stan ułatwia migrację szyn i powoduje, że koło nadjeżdżające przenosi obciążenie na podkład nie całą powierzchnią płytki, lecz przez jej krawędź, a więc mimośrodkowo. Rozkład ciśnienia na podłoże nastąpi albo podług ryc. 4a, skoro linia oddziaływania R pozostaje jeszcze w środkowej trzeciej części szerokości b podkładu, — albo podług ryc. 4b., jeżeli linia R wychodzi poza jądro przekroju. W pierwszym przypadku

współdziała całkowita szerokość podkładu, w drugim tylko część a . Niech p_0 oznacza ciśnienie na cm^2 podłoża, powstające przy równomiernym rozkładzie obciążenia, a e mi-

mośród, to podług nr. 28 rozprawy 11 (ob. także rozpr. 10. II 2) zachodzą następujące stosunki:

$$\text{Do ryc. 4a: } p_1 = \frac{b + 6e}{b} p; \quad p_2 = \frac{b - 6e}{b} p_0 \quad 22.$$

Z tych wartości nie trudno wyprowadzić, że w linii działania siły R ciśnienie na podłoże

$$p = p_0 + \frac{12 e^2}{b^2} p_0 \quad 23$$

zaś wgłębienie podkładu w tej linii wynosi $y_p = p : C$, ugięcie szyny $y_s = \varphi y_p$. Ponieważ ilość D (wz. 1.), równa $R : y_b$ dla punktu B , była wyznaczona podług jednostajnego rozkładu ciśnienia, to w uważanym przypadku otrzyma się inną wartość D_1 równą $R : y_p$, więc należy wprowadzić

$$D_1 = D \frac{y_b}{y_p} = D \frac{b^2}{12 e^2} \quad 24.$$

Do ryc. 4b. W rozprawie powyżej przytoczonej wyznaczono

$$a = \frac{3b - 6e}{2} \quad \text{i} \quad p_1' = \frac{2b}{a} p_0 \quad 25.$$

Ponieważ linia R wpada w jedną trzecią część długości a , to

$$p = \frac{2}{3} p_1' = \frac{4b}{3a} p_0 \quad 26.$$

Zatem w linii działania siły R jest

$$y_p = \frac{4b}{3a} y_b, \quad y_s = \varphi y_p \quad 27.$$

Nareszcie zmienione D :

$$D_1 = D \frac{y_b}{y_p} = \frac{3a}{4b} D \quad 28.$$

Zwiększenie ugięcia y_s i krańcowego natężenia p_1' jest bardzo znaczne.

§. 7. **Anormalne obciążenie osi parowozu.** Wielce skomplikowany ruch parowozu, w połączeniu z nierównością toru, powoduje anormalne obciążenie szczególnie przedniej osi parowozu. Przy parowozach dawnej budowy wykazały doświadczenia zmiany w wielkości obciążenia dochodzące do ± 0.63 obciążenia osi. W nowszych parowozach, posiadających na przodzie skręcalny wózek lub oś toczną mniej obciążoną, tak wielkie zmiany nie nastąpią. Jeżeli jednak z czasem powierzchnia szyny przyjmie kształt falisty, jak to w 10 rozprawie (do ryc. 7.) wykazałem, to parowóz

wpada w dolinę fali i powstaje to przez Coüarda spostrzeżane kiwanie się parowozu. Wtedy przednia oś parowozu uderza o szynę tem silniej, im fale są wybitniejsze i im większa chyżość pociągu. Efekt tego uderzenia nie jest znany, jednakże podług nowszych doświadczeń nie trzeba przyjąć zwiększenia obciążenia w ogóle nad 50%. W tem jest także zawarty wpływ drgań sprężystego toru. (Przykłady w § 14.).

§ 8. **Pozioma siła poprzeczna.** Na tor działa także w poprzecznym kierunku siła, tak na prostym jak na łukowym torze. Jedną z przyczyn jej powstawania jest wężykowaty ruch parowozu, powodujący uderzenia rąbków kół o boki szyn. Znaczniejszy jest wpływ nierówności toru, połączający te uderzenia.

Drugą przyczyną jest siła odśrodkowa, występująca w łukach, gdy przednia oś prowadząca naciska na tok zewnętrzny. Jeżeli przechyłka toru jest do największej chyżości pociągu dostosowana, wtedy ten nacisk nie jest znaczny. Przy tak wielkiej przechyłce naciskają pociągi o małej chyżości na tok wewnętrzny, składową siły pociągowej, wynikającą z ukośnego względem siebie ustawienia wozów. Ten nacisk powtarzający się pod każdym pociągiem o małej chyżości, powoduje przesunięcie toru wraz z podkładami ku wnętrzu łuku, co się objawia odstawaniem zewnętrznych czoł podkładów od żwirówki. Na górskiej linii spostrzegaliśmy w ostrych łukach przesunięcia dochodzące do 1 cm. W łuku, podobnie jak na prostej, wystąpi siła poprzeczna tem silniej, im większa nierówność toru. Gdy parowóz zjeżdża z góry fali, znajdują się jego przednie osi chwilowo niejako w powietrzu; wtedy działa na nie w całości siła odśrodkowa i wraz z uderzeniem na dolinę fali przenosi się na szynę. Tu zatem *sumuje* się działanie obciążenia pionowego i siły poprzecznej, chociaż na gładkim torze takie współdziałanie sił rzadko nastąpi.

Wielkość siły poprzecznej podawana przez badaczy aż do 0·67 obciążenia osi, jest uważana za przesadzoną. Podług innych doświadczeń (ob. nr. 15 w rozpr. 11) nie przekracza ona 5 ton, coby się zgadzało z przyjęciem niektórych zarządów kolejowych, wynoszącym 0·3 normalnego obciążenia osi (16 ton). Wprowadzimy $H = 5000$ kg.

Do wyznaczenia wpływu siły poprzecznej H na tor, mogą służyć te same wzory z § 3. Podparcie szyny podkładami zastępuje tu podparcie łącznikami, którymi szyna jest przytwierdzona do płytki, a płytka do podkładu. One stanowią opór przeciw przesunięciu toru. Przy uderzeniach na boki szyn przesunie się nie tylko szyna na podkładzie, ale i podkłady wezmą udział w przesunięciu.

Ponieważ tu zachodzi działanie siły odosobnionej, to zastosujemy dokładniejszą a prostszą teorię, podaną dla jednej siły w 7. rozprawie¹⁾. Przyjmujemy, że siła H działa w punkcie A (ryc. 2.). Teoria podaje dla oddziaływania R_b i momentu M_a wzory w postaci ułamków, których liczniki:

$$\left. \begin{array}{l} \text{dla } R_b = H [341 + 1295 \gamma + 474 \gamma^2 + 4 \gamma^3] \\ \text{dla } M_a = Ha [97 + 568 \gamma + 524 \gamma^2 + 32 \gamma^3] \end{array} \right\} 29.$$

a wspólny mianownik:

$$N = 8 [71 + 330 \gamma + 194 \gamma^2 + 4 \gamma^3]$$

W tych wzorach oznacza γ (podobnie jak u Zimmermanna) $6 EI : a^3 D$, gdy a oznacza stały odstęp podkładów.

Przesunięcie toru na liniach pospiesznych w punkcie działania siły poprzecznej nie może być wielkie, wobec stosowania doskonałych łączników i ostrego tłuczonego szutru do podłoża. Obieramy je na 0.4 cm. Wtedy ilość v przesunięcia jednostkowego dla $H = 5000 \text{ kg}$ wyniesie $0.4 : 5000 = 0.00008$, a jej odwrotność $D = 12500$. Za I wprowadzi się moment bezwładności przekroju szyny względem osi pionowej. (Przykłady w § 16.).

§ 9. **Podkłady żelazne.** Powyższe teorie mają w całości zastosowanie dla toru o żelaznych podkładach. Gdy współczynnik φ , określający ściśliwość materiału drzewnego nie ma tu zastosowania, to należy podstawić $\varphi_1 = \varphi_2 = \varphi_3 = 1$.

ROZDZIAŁ II.

Przykłady.

§ 10. **Rodzaj stosowanej nawierzchni. Ilości zasadnicze.** Poszczególne wpływy na wytrzymałość nawierzchni,

¹⁾ Wzory Zimmermanna dają za wielkie wyniki. Ob. porównawcze zestawienie w § 21.

omawiane powyżej, rozpatrzmy na szeregu przykładów Do nich zastosujemy nawierzchnię dawnych austr. kolei państwowych, ułożoną w Małopolsce, systemu A dla linii pospiesznych. W tym systemie wynosi dla szyny nowej $I = 1440 \text{ cm}^4$, $W = 205.3 \text{ cm}^3$, $EI = 10.6 \cdot 2880$; dla szyny na 10 mm zużytej $I = 1172 \text{ cm}^4$, $W = 173.8 \text{ cm}^3$, $EI = 10.6 \cdot 2344$. Podkłady drewniane 15 cm wysokie, dolna szerokość 25 cm, długość 250 cm, więc podług § 2. jest $v = 2 : 25.250 C$. Dla linii pospiesznych przypuszczamy dobry tłuczony szuter, dla którego znamię $C = 8$, zatem $v = 0.00004$, a $D = 25000$. W 2. wzorze oznacza f pow. powierzchnię płytki podkładowej, równą $35.4 \times 14 = 496 \text{ cm}^2$, więc $v' = \frac{0.1}{3472} = 0.0000288$. Z tej wartości weźmiemy tylko połowę, gdyż po pewnym czasie drzewo pod wpływem obciążenia się zgęści. Wstawmy w 3. wzór wartość za v i połowę za v' , a otrzymamy $\varphi_1 = \varphi_2 = \varphi = 1.36$. Odstępy podkładów jednakowe, równe 81 cm, więc w wz. 11 b. należy wstawić $a = 81 \text{ cm}$.

Jako normalne obciążenie koła wprowadzamy 8000 kg, anormalne 10000 i 12000 kg, siłę poprzeczną $H = 5000 \text{ kg}$. Obciążamy (ryc 2.) punkty A i D. Punkt A jest obciążony ciężarem $2Q$, zatem Q jest połową ciężaru przypadającego na koło.

§ 11. Wzory dla pionowego obciążenia. W wzorach uwzględnimy dodatki dla odstawiania podkładów B 0 s, podług § 4. Podług wz. 18 b obrachowano współczynniki, poczem podług wz. 19. wyznaczono R_b i R_c , a R_d podług wz. 4., τ_1 z wz. 16 a., τ_2 z wz. 17 a, wgłębienie podkładów z wz. 1., natężenie podłoża z wz. 1 a, ugięcie szyny z wz. 15., moment sił zewnętrznych M_a w punkcie A z wz. 5. i 7, nareszcie natężenie szyny $\sigma_a = M_a : W$.

a. Szyna nowa.

Dla $I = 1440$ jest $EI \frac{\varphi}{D} = 10.6 \cdot 0.15667$.

$$\left. \begin{aligned} R_b &= + 0.7855 Q + 0.0246 P - 5329 s \\ R_c &= + 0.2187 Q + 0.2412 P + 4877 s \\ R_d &= - 0.0083 Q + 0.4684 P + 904 s \end{aligned} \right\} 30.$$

b. Szyna zużyta.

$$\text{Dla } I = 1172 \text{ jest } EI \frac{\varphi}{D} = 10.6 \cdot 0.12752.$$

$$\left. \begin{aligned} R_b &= + 0.8202 Q + 0.0110 P - 4839 \text{ s} \\ R_c &= + 0.1985 Q + 0.2412 P + 4636 \text{ s} \\ R_d &= - 0.0374 Q + 0.4956 P + 406 \text{ s} \end{aligned} \right\} 31.$$

§ 12. Przykłady. a. Szyna nowa:

Przykł. 1. Obciążenie normalne $Q = 4000$, $P = 8000$.

kg	cm	cm	kg/cm ²
$R_b = 3339$	$y_b = 0.134$	$y_1 = 0.182$	$p_1 = 1.07$
$R_c = 2804$	$y_c = 0.112$	$y_2 = 0.152$	$p_2 = 0.89$
$R_d = 3714$	$y_d = 0.149$	$y_3 = 0.203$	$p_3 = 1.19$

$$\tau_1 = 10.875 = 182''; \tau_2 = -10.407 = -87''$$

$$y_0 - y_1 = 0.0254 \text{ cm}; M_a = 143,208 \text{ kgcm}^2; \sigma_a = 697 \text{ kg/cm}^2$$

Przykł. 2. Obciążenie anormalne $Q = 5000$, $P = 8000$.

$R_b = 4124$	$y_b = 0.164$	$y_1 = 0.224$	$p_1 = 1.31$
$R_c = 3023$	$y_c = 0.121$	$y_2 = 0.165$	$p_2 = 0.96$
$R_d = 3706$	$y_d = 0.148$	$y_3 = 0.201$	$p_3 = 1.18$

$$\tau_1 = 10.1248 = 260''; \tau_2 = -10.100 = -21''$$

$$y_0 - y_1 = 0.0348; M_a = 188,852; \sigma_0 = 926$$

Przykł. 3. Obciążenie anormalne $C = 6000$, $P = 8000$.

$R_b = 4910$	$y_b = 0.196$	$y_1 = 0.266$	$p_1 = 1.56$
$R_c = 3241$	$y_c = 0.130$	$y_2 = 0.177$	$p_2 = 1.04$
$R_d = 3697$	$y_d = 0.147$	$y_3 = 0.200$	$p_3 = 1.18$

$$\tau_1 = 10.1621 = 338''; \tau_2 = +10.207 = +43''$$

$$y_a - y_1 = 0.0444; M_a = 236,803; \sigma_a = 1153.$$

b. Szyna zużyta.

Przykł. 4. Obciążenie normalne $Q = 4000$, $P = 8000$.

$R_b = 3379$	$y_b = 0.135$	$y_1 = 0.184$	$p_1 = 1.08$
$R_c = 2723$	$y_c = 0.109$	$y_2 = 0.148$	$p_2 = 0.87$
$R_d = 3815$	$y_d = 0.158$	$y_3 = 0.208$	$p_3 = 1.22$

$$\tau_1 = 10.1052 = 219''; \tau_2 = -10.510 = -106''$$

$$y_0 - y_1 = 0.03075; M_a = 141,912; \sigma_a = 816.5$$

Przykł. 5. Obciążenie anormalne $Q = 5000$, $P = 8000$.

$$R_b = 4199 \quad y_b = 0.168 \quad y_1 = 0.228 \quad p_1 = 1.34$$

$$R_c = 2921 \quad y_c = 0.117 \quad y_2 = 0.159 \quad p_2 = 0.94$$

$$R_d = 3778 \quad y_d = 0.151 \quad y_3 = 0.205 \quad p_3 = 1.21$$

$$\tau_1 = 10.1473 = 307''; \quad \tau_2 = -10.183 = -38''$$

$$y_0 - y_1 = 0.0411; \quad M_a = 186, 462; \quad \sigma_a = 1073.$$

Przykł. 6. Obciążenie anormalne $Q = 6000$, $P = 8000$

$$R_b = 5009 \quad y_b = 0.200 \quad y_1 = 0.272 \quad p_1 = 1.60$$

$$R_c = 3120 \quad y_c = 0.125 \quad y_2 = 0.170 \quad p_2 = 1.00$$

$$R_d = 3740 \quad y_d = 0.150 \quad y_3 = 0.204 \quad p_3 = 1.20$$

$$\tau_1 = 10.1905 = 397''; \quad \tau_2 = +10.142 = +29''$$

$$y_0 - y_1 = 0.05275; \quad M_a = 231,740; \quad \sigma_a = 1333.$$

§ 13. Uwzględnienie odstawania podkładów od podłoża. Do wzorów 30. i 31. wprowadzono wpływ odstawania o s podkładów B , po obu stronach punktu A położonych. Jeżeliby ilość s otrzymała wartość równą wgłębieniu podkładu w B , wtedy oddziaływanie R_b stanie się równe zeru. Nastąpi to wtedy, gdy w przykładach 1. do 3. obrachowane R_b zrównamy z 5329 s z wz. 30., lub z 4839 s z wz. 31. W ten sposób otrzyma się dla różnych wartości Q , graniczne wartości dla s :

$$\text{Do przykł. 1. : } s = 0.62 \text{ cm}$$

$$\text{„ 2. : } s = 0.77 \text{ „}$$

$$\text{„ 3. : } s = 0.92 \text{ „}$$

$$\text{„ 4. : } s = 0.70 \text{ „}$$

$$\text{„ 5. : } s = 0.86 \text{ „}$$

$$\text{„ 6. : } s = 1.03 \text{ „}$$

Przy takich wartościach dla s jest zatem $R_b = 0$, zaś oddziaływanie R_c i R_d doznają znacznego powiększenia. Jednakże tak wielkich wartości nie może s osiągnąć. Jeżeli przy największym anormalnym obciążeniu podkład wgrzęźnie, to odstawanie podkładu będzie mniejsze niż to wgrzężnięcie o sprężyste odkształcenie podłoża i gruntu na którym ono spoczywa.

Największe wgłębienie podkładu nastąpi przy mimośrodkowym obciążeniu największym ciężarem $Q = 6000$ kg. Dla tego przypadku wyznaczono w § 14 wgłębienie podkładu

na 0.372 cm. Ponieważ, jak wspomniano, s powinno być mniejsze, więc wprowadzimy do rachunku $s = 0.2$ cm.

Dla tej wartości i $Q = 6000$, a $P = 8000$ obrachuje się.

Przykł. 7. a. Szyna nowa.

$$R_b = 3844, R_c = 4216, R_d = 3878.$$

$$\tau_1 = 10.2110 = 439''; y_0 - y_1 = 0.0543, M_a = 282, 715$$

$$\sigma_a = 1322 \text{ kg/cm}^2.$$

Przykł. 8. b. Szyna zużyta.

$$R_b = 4041, R_c = 4047, R_d = 3821.$$

$$\tau_1 = 10.2741 = 571''; y_0 - y_1 = 0.0670; M_a = 280, 100;$$

$$\sigma_u = 1612 \text{ kg/cm}^2.$$

W porównaniu z przykładami 3. i 6. zwiększyło się natężenie przekroju szyny o 15, względnie 21%.

§ 14. Uwzględnienie mimośrodkowego obciążenia podkładu. Omówione w § 6. zastosujemy do przykładu. W uważanej nawierzchni wynosi szerokość płytki podkładowej 14 cm., więc mimośród $e = 7$ cm. Rozkład obciążenia na podłoże nastąpi podług ryc. 4 b. Dla szerokości podkładu $b = 25$ cm. otrzyma się z wz. 25. $a = 16.5$ cm., a z wz 28. $D_1 = 0.495 D = 12375$. Przyjąwszy że wz. 18 a, służący do wyznaczenia oddziaływać pozostaje bez zmiany¹⁾, to w wyrazie $EI \frac{\varphi}{D}$, należy za D wstawić D_1 , wtedy $EI \frac{\varphi}{D_1} =$

$= 10.6 0.32389$ dla nowej szyny. Następnie będzie

$$\left. \begin{aligned} R_b &= 0.66295 Q + 0.07705 P \\ R_c &= 0.27537 Q + 0.23386 P \\ R_d &= 0.12336 Q + 0.37818 P \end{aligned} \right\} 32.$$

Zastosujmy te wzory dla największego obciążenia $Q = 6000$.

Przykł. 9. $Q = 6000$, $P = 8000$. Szyna nowa.

Z wz. 31. wyznaczy się $R_b = 4594$, zatem $y_b = 0.184$,

z wz. 27 $y_p = \frac{100}{49.5} 0.184 = 0.372$ w linii działania siły R ,

$y'_p = 1.5 y_p = 0.558$ na skraju podkładu. Jeżeli porównamy te wgłębienia z wgłębieniem z 3. przykładu, wynoszącym

¹⁾ To nie jest zupełnie ściśle, gdyż przez przesunięcie oddziaływań na krawędź płytki, zmieniły się ich odstępny. Jednakże błąd popełniony nie jest wielki, a dokładność dla dalszego badania dostateczna.

0.196, to się okaże, że wgłębienie w linii R jest 1.89, na skraju 2.84 razy większe, gdy się uwzględni mimośrodkowe działanie obciążenia. W tym samym stosunku 2.84 wzrośnie natężenie podłoża i wyniesie skrajnie 4.43 kg/cm².

To natężenie jest tak wielkie, że sprężyste działanie podłoża i zasadnicze równanie $p = Cy$, są problematyczne. Przeciwnie należy przypuścić stałe wgrzęźnięcie podkładów, różne co do wielkości pod poszczególnymi podkładami, co utrudni utrzymanie równego toru. Naprawę tych stosunków umożliwi jedynie centryczny układ szyn, o czym później. Ob. § 24.

§ 15. Uwzględnienie pionowej siły odśrodkowej. W § 5 ustawiliśmy wzór 21. dla wyznaczenia siły odśrodkowej O i promienia krzywizny ϱ . Gdy $x = \frac{a}{2}$, równe połowie odstępów podkładów, to $c = \frac{5 a^2}{4 Q v^2}$. Ilość $y_0 - y_1$ przedstawiliśmy w postaci $\alpha (Q + O) + \beta$. Podług wartości $y_0 - y_1$ otrzymanych w przykładach 1. do 3. i 4. do 6. nie trudno wyznaczyć współczynniki α i β . Rachujemy wszystko w metrach i tonnach.

Dla nowej szyny wyznaczono $y_0 - y_1 = 10.95 (Q + O) - 10.126$. Podobnie wyznaczono natężenie $\sigma_a = 228 (Q + O) - 213$. Dla różnych wartości chyżości pociągu v obrachowano następujące tabliczki:

Przykł. 10. Szyna nowa. $Q = 4, P = 8 t$. W nawiasie chyżość w km/godz.

v w m sek =	0	10 (36)	15 (54)	20 (72)	25 (90)	30 (108)
$c \cdot 10^6$	∞	2050	911	512.5	328	228
O w t =	0	0.1299	0.3113	0.6084	1.0901	1.9098
ϱ w m =	∞	308	289	263	229	188.5
σ_a w kg =	697	729	770	838	947	1135

Przykł. 11. Szyna nowa. $Q = 6, P = 8 t$.

$c \cdot 10^6$	∞	1366.7	607.4	341.7
O	0	0.3491	0.8665	1.8000
ϱ	∞	172	156	133
σ_a	1153	1235	1352	1565

Przykł. 12. Szyna zużyta. $Q = 4, P = 8$ t.

$$y_0 - y_1 = 10 \cdot 110 (Q + O) - 10 \cdot 137; \sigma_a = 259 (Q + O) - 221.$$

$v =$	0	10	15	20
$c \cdot 10^6$		jak w przykł. 10.		
$O =$	0	0.1416	0.3783	0.7528
$\rho =$	∞	282.5	238	215
$\sigma_a =$	816.5	852	913	1010

Przykł. 13. Szyna zużyta. $Q = 6, P = 8$ t.

$O =$	0	0.4162	1.0515
$\rho =$	∞	144	128
σ_a	1333	1444	1605

Uzupełnienie tabliczek dla chyżości większych niż 20, względnie większych niż 15 jest zbędne. (Ob. § 22 a.).

§ 16. Działanie siły poprzecznej. W § 7. ustalono siłę H na 5000 kg., D na 12500. Moment bezwładności I przekroju szyny 256.5 cm⁴, moment oporu $W = 41.4$ cm³; dla szyny na 10 mm zużytej $I = 236.0$, $W = 39.6$. Podług wz. 29. wyznaczy się:

$$\text{Przykł. 14. Szyna niezużyta. } \gamma = \frac{10 \cdot 12 \cdot 256.5}{81^3 \cdot 12500} = 0.463;$$

$$M_a = \frac{475.85}{2127.60} \cdot 5000 = 90, 558 \text{ kgcm}; \sigma_a = 2187 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Przykł. 15. Szyna zużyta. } \gamma = 0.426; M_a = 89, 262; \sigma_a = 1297.$$

Te przykłady potwierdzają zapatrywanie fachowych autorów, że siły poprzeczne są najgorszym nieprzyjacielem toru¹⁾.

Dodać należy, że powyższe wyniki doznają jeszcze zwiększenia przez przez to, że siła poprzeczna stara się szynę skrócić.

ROZDZIAŁ III.

Złącze szyn.

§ 19. W rozprawie 11. podałem teorię wytrzymałości obecnie ogólnie stosowanego wiszącego złącza i wykazałem

¹⁾ Ob. np. Goering: Zeitschrift d. Vereins deutscher Ingenieure 1890, str. 1216. Ob. także rozprawę 11, punkt 31.

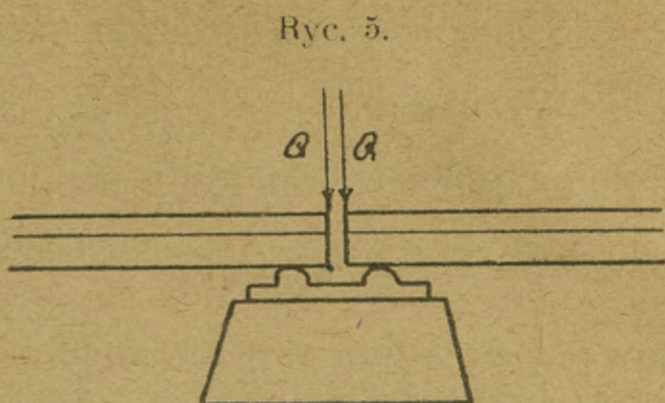
(również w rozpr. 10.), że to złącze jest główną przyczyną odkształcenia i migracyi toru. Wzory tam podane są urobione na podstawie odstepu ciężarów, równemu podwójnemu odstepowi podkładów. Gdy się wprowadzi większy rozstaw osi, zastosowany w niniejszej rozprawie, to wyniki rachowanych przykładów okażą się jeszcze cośkolwiek mniej korzystne. Rachowane przykłady wykazują dowodnie, że złącze wiszące wymaga, przede wszystkim dla linii pospiesznych, gruntownego ulepszenia. Wszelako wszelkie próby, dążące do tego celu, nia dały pożądaných wyników, gdyż zasada, na której to złącze zostało urobione, kryje znamiona jego destrukcyi. Ob. rozprawę 10. pod I. 3, 4 i 5.

Należy zatem złącze na innych podstawach urobić. Już w r. 1904 (rozpr. 8) wystąpiłem z projektem złącza, który wyzyskuje korzyści złącza wiszącego ze złączem podpartem. To złącze *wisząco-podparte* było później omówione w rozpr. 10., a jego teoretyczne uzasadnienie zawiera rozpr. 11. Teorya tam przedstawiona wykazuje tak znikome natężenie przekroju i ugięcia szyny, jak też tak znakomity opór przeciw sile poprzecznej, że ponowne rozpatrywanie jest zbyteczne.

Jednakże w innym kierunku należy badanie przeprowadzić. Mianowicie, jeżeli złącze ma odpowiedzieć celowi, powinno być natężenie podłoża pod podkładem stykowym, a zatem i wgłębienie tego podkładu, możliwie równe natężeniu pod podkładami szyny nieprzerwanej. Nadto musi być podkład stykowy szerszy przy centrycznym, a węższy przy zwykłym układzie szyn. To badanie następnie przeprowadzimy.

Badania nad złączem były w 11. rozprawie przeprowadzone dla małego odstepu ciężarów. W celu zbliżenia się do odstepu osi w parowozie, przeprowadzimy teorię wytrzymałości złącza wisząco-podpartego, podobnie jak dla nieprzerwanej szyny, dla układu ciężarów podług ryc. 1. W zastosowaniu do złącza zajdzie ta zmiana, że w punkcie A będzie styk, podparty jak na ryc. 5. Na 5 cm. wystające końce szyn są złączone łubkami, *lecz ich w teoryi nie uwzględniamy*, bo im z umysłu nie chcemy przypisać roli dźwigającej. Zatem przyjmujemy w punkcie A styk niepodparty, więc mniej

korzystny. Różnica w przeprowadzeniu teoretycznym polega tylko na tem, że gdy w § 3. trzeba było w punkcie A przyjąć moment \mathfrak{M} , dla wytworzenia stycznej poziomej, to tu na wolnym końcu szyny jest $\mathfrak{M} = 0$, a koniec szyny



wykaże pewien kąt styczności τ_0 . Zresztą przeprowadzenie jest podobne jak w § 3. Wzory 4., 8a i 19. pozostają bez zmiany, a tylko zmieniają się wartości współczynników w wz. 18. jak następuje:

$$\left. \begin{aligned} a_1 &= \frac{l_2}{6} [3 l_{23} l_{13} + 3 l_3 l_{12} + 2 l_2^2]; & b_1 &= \frac{l_2}{6} [3 l_{23}^2 - l_2^2] + \\ & & & + \frac{EI \varphi_1}{D_b}; \\ c_1 &= \frac{l_2 l_3^3}{2} - \frac{EI \varphi_2}{D_c}; & a_2 &= \frac{l_3^2}{6} [3 l_{12} + 2 l_3] + \frac{2 EI \varphi_3}{D_d}; \\ & & & \\ b_2 &= \frac{l_3^2}{6} [3 l_2 + 2 l_3] + \frac{2 EI \varphi_3}{D_d}; \\ c_2 &= \frac{l_3^3}{3} + EI \left[-\frac{\varphi_2}{D_c} + \frac{2 \varphi_3}{D_d} \right]; & d_2 &= \frac{EI \varphi_3}{D_d} \end{aligned} \right\} 33.$$

Jeżeli się zastosuje złącze wisząco-podparte przy zwykłym układzie szyn, to szerokość podkładu stykowego wynosząca trzydzieści parę centymetrów powinna wystarczyć. Dokładnie tej szerokości nie można wyznaczyć, gdyż nie wiadomo jaki efekt będzie z mimośrodowego działania obciążenia na tor, mianowicie czy i o ile podłoże zechowa się sprężyste, czy też nastąpi wgrzęźnięcie podkładu. Tu musi rozstrzygnąć doświadczenie.

Inaczej się rzecz przedstawia, jeżeli szyny są centrycznie na podkładach ułożone (ob. § 24b), gdyż wtedy działa podłoże sprężyste, a warunek jednakowego wgłębienia wszystkich podkładów powinien być dochowany. To badanie przeprowadzimy dla dolnej szerokości 40 cm. podkładu stykowego i anormalnego obciążenia $Q = 5000$ i 6000 kg.

Szyna nowa, centryczny układ szyn.

Wyznaczono $v = \frac{2}{8 \cdot 20 \cdot 250} = 0.00005$, $D_b = 20,000$. Gdy połowa powierzchni płyty na podkładzie stykowym wynosi 400 cm^2 , to $v' = \frac{1}{70.400} = 0.0000357$. Z tego weźmiemy połowę, z przyczyn w § 10 podanych, więc $\varphi_1 = \frac{500 + 178.5}{500} = 1.36$. Dla innych podkładów jest jak w § 10. $D_c = D_d = 25,000$, $\varphi_2 = \varphi_3 = 1.36$. Z temi ilościami wypada $EI \frac{\varphi_1}{D_b} = 10^6 \cdot 0.1958$, $EI \frac{\varphi_2}{D_c} = EI \frac{\varphi_3}{D_d} = 10^6 \cdot 0.15667$. Odstęp podpór na pokładzie stykowym wynosi 10 cm, zatem $l_1 = 5$. Następnie obieramy $l_2 = 60$, $l_3 = 74$, więc $l_{12} = 65$, $l_{13} = 79$, $l_{23} = 134$, $l = 139$. Podług tych danych obrachowano współczynniki z wz. 33. i otrzymano następujące równania:

$$R_b = 0.72730 Q - 0.00272 P$$

$$R_c = 0.30099 Q + 0.26168 P$$

$$R_d = 0.05653 Q + 0.48208 P$$

Przykład 17. $Q = 5000$, $P = 8000 \text{ kg}$:

$$R_b = 3615, y_b = 0.181, p_1 = 1.44$$

Przykład 18. $Q = 6000$, $P = 8000 \text{ kg}$.

$$R_b = -4362, y_b = 0.218, p_1 = 1.74.$$

Jeżeli porównamy te wyniki z wynikami przykładów 2. i 3. dla szyny nieprzerwanej i tego samego obciążenia, to się okaże, że one są nieco wyższe. Jeżeli się jednak zważy, żeśmy uie uwzględnili łubków, które przyczynią się do zmniejszenia wgłębienia podkładu, to wolno przypuścić, że dolna szerokość 40 cm. podkładu stykowego jest należycie dobrana.

§ 20. Wytrzymałość złącza wisząco podpartego. Nacężenia przekroju szyny nie wyznaczaliśmy, gdyż już w 11. rozprawie wykazano, że ona wynosi najwyżej 146 kg/cm^2 . Ugięcie na złączu jest wprost znikome, nie przekraczające 0.01 cm ., więc tworzenie się stopnia i wklęsłości jak na styku wiszącym, są wykluczone. Działanie pionowej siły odśrodkowej zupełnie odpada, gdyż przestrzeń 10 cm. między podporami szyn na złączu przejdzie koło nawet przy małej

chyżości pociągu bez dotknięcia wystających końców szyn. Nareszcie nateżenie szyny spowodowane siłą poprzeczną nie przekracza 308 kg/cm^2 .

ROZDZIAŁ IV.

Wyniki.

§ 21. Porównanie wzorów ogólnie używanych, z wzorami z § 3. Dla obrachowania wytrzymałości nawierzchni kolejowej, są głównie dwa wzory w użyciu: Winklera i Zimmermanna. Pierwszy urobiony na podstawie niepoddających się podkładów i dla obciążenia z rzeczywistością niezgodnego, wyznacza największy moment sił zewnętrznych na $0.189 G a$, gdy G jest obciążeniem przypadającym na koło, zaś a odstęp podkładów. Ten wzór wyznacza nateżenia przekroju szyny o wiele za małe i w ogóle nie jest przydatny.

Wzór Zimmermanna dla największego momentu opiewa:

$$M_b = \frac{8\gamma + 7}{4\gamma + 10} \cdot G \frac{a}{4}, \text{ gdzie } \gamma = \frac{6 EI}{Da^3}$$

D i a mają to samo znaczenie co w naszych wzorach, a γ jest to samo co w mojej rozprawie 7. Ten wzór oparty na podstawie działania tylko jednego ciężaru i teorii tylko przybliżonej, daje wyniki za duże. Moja, także dla jednego ciężaru w 7. rozprawie opracowana o wiele dokładniejsza teoria, daje mniejsze wyniki. Te obie teorie, oprócz tego, że obciążenie nie jest z rzeczywistością zgodne, posiadają jeszcze tę niewłaściwość, że przypuszczają ujemne oddziaływanie podpór (ob. ryc. 10 i 12 w r. rozpr.), a więc ciągnięcia, których podłoże wytworzyć nie może. Te obie niewłaściwości w tem się ujawniają, że wyniki dokładniejszej teorii z § 3. są znacznie mniejsze. Polskie Ministerstwo kolei żelaznych stosuje wzór Zimmermanna, z drobnem uproszczeniem.

Zimmermann ustawił także wzory na oddziaływanie podkładów, dla dwóch różnych obciążeń szyny, mianowicie

$$\frac{4\gamma + 1}{8\gamma + 1} G \text{ i } \frac{\gamma + 2}{3\gamma + 2} G$$

Również dla ugięcia szyny ustawił wzór, z rzeczywistością niezgodny. W celu unaocznienia, jak różne wyniki

z powyższych wzorów się otrzymuje, zestawiliśmy poniżej tabelę dla $G = 2 Q = 8000$ i 12000 kg., dla nawierzchni rozpatrywanej w przykładach 1., 3., 4. i 6.

Wzory	Winklera	Zimmer- manna	Moje dla jednego ciężaru (7. rozpr.)	Nowa teoria	
				dla $s = 0$ § 12.	dla $s = 0.2$ cm § 13.
a. Szyna nowa					
$G = 2 Q = 8000$			$2 Q = P = 8000$		
σ_a	596 (<14)	977 (>40)	897 (>28)	697	—
R_b	4000 (>19)	4264 (>28)	3222 (<3.5)	3339	—
$G = 2 Q = 12000$			$2 Q = 12000, P = 8000$		
σ_a	894 (<22)	1456 (>26)	1346 (>17)	1153	1322 (>15)
R_b	6000 (>22)	6396 (>30)	4833 (<1.6)	4910	—
b. Szyna zużyta.					
$G = 2 Q = 8000$			$2 Q = 8000, P = 8000$		
σ_a	704 (<14)	1095 (>34)	1019 (>25)	817	—
R_b	4000 (>18)	4352 (>29)	3332 (<1.5)	3379	—
$G = 2 Q = 12000$			$2 Q = 12000, P = 8000$		
σ_a	1056 (<20)	1643 (>23)	1527 (>15)	1333	1612 (>21)
R_b	6000 (>20)	6528 (>30)	5000 (<0)	5009	—

Liczby w nawiasie podają w procentach różnicę wyników wobec nowej teorii dla $s = 0$. Najznaczniejsze różnice wykazują wzory Zimmermanna. Także znaczny wpływ wykazuje odstawanie podkładów.

§ 22. **Streszczenie wyników.** Wszystkie powyżej rachowane przykłady odnoszą się do linii pospiesznych, o ciężkiej szynie, o doskonałym podłożu ($C = 8$) i na stałym torowisku. Dla słabszego podłoża są natężenia i ugięcia większe.

Rozpatrywanie wyników poprzednich dochodzeń należy rozdzielić na dwa skrajne przypadki: tor nowy i dobrze utrzymany i tor zużyty, źle utrzymany.

a. Tor nowy, dobrze utrzymany. Taki tor jest równy, to znaczy nie wykazuje fal szyny w płaszczyźnie pionowej, ani też zbieżności w płaszczyźnie poziomej. Na takim torze obciążenie normalne nie zwiększy się o 50%, jak to w 3. przykładzie przyjęto, dla tego zastosujemy tu 2 przykład, dla zwiększenia obciążenia o 25%; tam wykazano 926 kg/cm^2

jako natężenie przekroju szyny. Odstawanie podkładów od podłoża tylko wyjątkowo się zdarzy i będzie mniejsze niż w 7. przykładzie przyjęto, ocenimy zatem zwiększenie natężenia na 5% . Zatem natężenie przekroju szyny wzrośnie na 972 kg/cm^2 .

Wpływ pionowej siły odśrodkowej (§§ 5. i 15.) jest przy większej chyżości pociągu bardzo znaczny. Dla $Q = 5000$ i chyżości 25 m/s (90 km/godz.), zwiększa się natężenie przekroju szyny o 30% . Jednakże zarządy kolejowe, które ten wpływ uwzględniają, (np. austr. koleje państw.), niesłusznie w takiej wielkości ten wpływ wprowadzają. Aby się wytworzyła pionowa siła odśrodkowa musi nastąpić ugięcie szyny między podkładami. Do wytworzenia tego ugięcia ($y_0 - y_1$) musi być w środku między podkładami przeniesione całkowite obciążenie koła, co wymaga odpowiedniego poddania się sprężyn osiowych parowozu. Na to rozszerzenie się sprężyn, wywarcie nacisku i wytworzenie siły odśrodkowej potrzeba czasu. Jeżeli się zważy, że przy chyżości pociągu 25 m/s koło przebiega połowę przestrzeni odstepu podkładów, a więc np. 40 cm. w czasie 0.016 sekundy, to trudno przypuścić, żeby w tak krótkim czasie mogła się wytworzyć siła odśrodkowa, w wielkości wyznaczonej wzorami. Wyobrażam sobie, że począwszy od chyżości równej zeru będzie ona wzrastać, osiągnie maximum dla pewnej chyżości, po której zacznie maleć. Ta krytyczna chyżość nie jest znana, ale gdy się zważy, że nawet przy małej chyżości 10 m/s (36 km/godz.) powyższy potrzebny czas zwiększy się tylko do 0.04 sekundy, to wolno przypuścić, że powyżej tej chyżości zacznie się zmniejszanie siły odśrodkowej. Przy tej chyżości i $Q = 5000$ wynosi podług 12. i 13. przykładu zwiększenie natężenia przekroju szyny 6% . Sądzę, że wystarczy, jeżeli taki procent do rachunku wprowadzimy. Wtedy poprzednio uzyskana wartość dla $\sigma_a = 972$, wzrośnie na 1030 kg/cm^2 .

Działanie siły poprzecznej omówiono obszernie w § 8. Jej największa wartość, przyjęta na 5000 kg. wystąpi na nierównym torze. Tu bierzemy pod uwagę nowy równy tor, dlatego zredukujemy jej wielkość na 3000 kg. a przesunię-

cie toru na 0,3 cm. Dla tych wartości obrachowano w 16. przykładzie natężenie stopki szyny na 1297 kg/cm^2 .

Zapewne nie musi nastąpić równocześnie przeciążenie szyny i całkowite działanie siły poprzecznej, ale ten przypadek zdarzyć się może, a wtedy wyniesie natężenie przekroju szyny $1030 + 1297 = 2327 \text{ kg/cm}^2$.¹⁾

Jest to wysoka cyfra, nie dochodzi jednakże do granicy proporcjonalności stali zlewnej, więc sprężystość szyny jest zapewniona, jak długo inne wpływy stanu nawierzchni nie pogorszą.

Natężenia podkładów badać nie trzeba, gdyż jest ono nie wielkie. Na ich zużycie składają się inne czynniki.

Natomiast jest w dzisiejszej nawierzchni natężenie podłoża bardzo znaczne. Tę kwestyę rozpatrywaliśmy w § 14. (Ob. także § 24 b.).

b. Tor zużyty. W 10. rozprawie obszernie wyłuszczyłem, że główną przyczyną pogorszenia należytego stanu toru jest ogólnie stosowane wiszące złącze. W miarę jego zużycia przyjmuje szyna kształt falisty, co wskazuje na stałe odkształcenie. Doliny fal są to miejsca, gdzie występuje całkowite przeciążenie osi, wraz z działaniem siły poprzecznej. Nadto po uderzeniu nastąpi podniesienie się szyn wraz z podkładami, które od podłoża odstaną. W miejscu uderzenia wystąpi także pionowa siła odśrodkowa, odpowiadająca chyżości pociągu. Przykład 11. wykazuje dla chyżości 20 m/s zwiększenie natężenia σ_a o 17%. Punkt w którym następuje uderzenie, jest zatem miejscem, gdzie wszystkie rozważane wpływy w ich największych wartościach mogą się sumować. Dla anormalnego obciążenia $2Q = 12000 \text{ kg}$. i odstawiania podkładów o 0,2 cm, wykazuje 8. przykład natężenie przekroju szyny 1612 kg/cm^2 ; gdy się je zwiększy o 17% z powodu działania pionowej siły odśrodkowej, to ta liczba zwiększy się na 1896 kg/cm^2 . Jest to największe natężenie, wywołane siłami pionowymi.

Podług 15. przykładu wywołuje siła poprzeczna natężenie $\sigma_n = 2254 \text{ kg}$. Ponieważ wpływy sił pionowych i siły poprzecznej się sumują, to natężenie przekroju szyny, sto-

¹⁾ Rachowane podług wzoru Zimmermanna, wzrosłoby to natężenie około 300 kg.

sownie do stanu jej zużycia, znacznie przekroczy natężenie pod *a.* wykazane i może wyjątkowo osiągnąć 4150 kg/cm^2 . Przy takich natężeniach jest granica proporcjonalności stali przekroczona, czego dowodem stałe odkształcenie szyny.

Powyższe cyfry wskazują na znaczną przewagę działania siły poprzecznej nad siłami pionowymi. Następnie okazują, że norma przyjęta przez zarządy kolejowe, żeby natężenie przekroju szyny, rachowane podług wzoru Zimmermanna, nie przekroczyło dla sił pionowych 1600, czy 1800 kg, zupełnie nie daje pojęcia o wytrzymałości. Wszak do powyższych przykładów wprowadzona szyna (o wadze $44 \cdot 15 \text{ kg}$ na m. b.) jest bardzo silna i ułożona na doskonałym podłożu, a przecie okazała się za słabą.

O natężeniu podłoża pozostaje, co pod *a.* powiedziano.

§ 23. Jak wyznaczyć wytrzymałość nawierzchni. Przedewszystkiem należy wprowadzić szynę zużytą do dopuszczalnej granicy. Następnie, ponieważ wzór Zimmermanna jest bardzo wygodny, można go zastosować, ale ponieważ jego wyniki są o wiele wyższe od wyników dokładniejszej teorii, nie trzeba uwzględniać wpływu pionowej siły odśrodkowej i odstawiania podkładów. Wynik otrzymany da się zastosować podług wywodów § 22 *a.* do dowolnej chyżości pociągów. Natomiast koniecznie należy wprowadzić wpływ siły poprzecznej. Do tego celu posłużą dosyć wygodne wzory § 8. Dopiero wynik wspólnego działania sił pionowych i poziomych da wyobrażenie o wytrzymałości szyny. Przytem można przypuścić znacznie wyższe dopuszczalne natężenie. Mianowicie w chwili, gdy szyna z powodu zupełnego zużycia ma być z toru usunięta, może natężenie przekroju dojść prawie do granicy proporcjonalności stali. Zatem, jeżeli się uwzględniło działanie sił pionowych i poziomych, można dopuścić, a nawet przekroczyć, 3000 kg/cm^2 , dla szyny do dopuszczalnej granicy zużytej.

§ 24. Sposoby poprawienia toru.

a. Tor dzisiejszy. W 10. rozprawie wykazałem, że stosunki na torze nie dadzą się poprawić, jak długo pozostanie w użyciu złącze wiszące. Stan toru taki jak pod *a.* w § 22. rozpatrywano, da się tylko wtedy utrzymać, jeżeli się zastąpi złącze wiszące *złączem wisząco-podpartem*. Wtedy od-

padnie faliste odkształcenie szyny, zaczem zmniejszy się anormalne obciążenie; odpadnie działanie pionowej siły odśrodkowej na złączu. Przy dobrym utrzymaniu toru wpłynie na jego osłabienie jedynie zużycie szyny. Dla szyny zużytej, gdy $2Q = 10000$ kg, wykazuje 5. przykład $\sigma_a = 1333$ kg/cm². Działanie zmniejszonej siły poprzecznej jak w § 22 a. wywołuje natężenie 1297 kg/cm², zatem całkowite natężenie przekroju szyny zużytej do dopuszczalnej granicy wyniesie najwyżej 2630 kg/cm². Szkodliwe działanie siły poprzecznej może być wydatnie zmniejszone, przez *ogólne zastosowanie wózka na przodzie parowozu*

Następnie można zwiększyć wytrzymałość toru przez *węższy układ podkładów*, na co już z różnych stron zwracano uwagę. Zmniejszenie odstępu podkładów spowoduje zmniejszenie momentu sił zewnętrznych, działania pionowej siły odśrodkowej i siły poprzecznej. Także układ toru zyska na pewności.

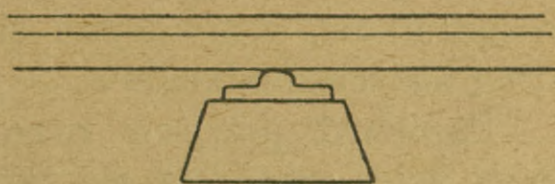
Najtrudniejszą jest poprawa pod względem nadmiernego natężenia podłoża. Wpływ węższego układu podkładów tylko nieznacznie wpłynie na zmniejszenie natężenia. Pewną poprawę uzyska się przez *zweżenie płytki podkładowej, a zwiększenie dolnej szerokości podkładu*, ale także nie wiele. Przy redukcji szerokości płytki do 12 cm. (zamiast 14) a rozszerzeniu podkładu do 30 cm (zamiast 25), uzyskuje się zmniejszenie natężenie podłoża z 4 46 na 3 33 kg/cm². Wprawdzie to zmniejszenie wpłynie niezaprzeczenie korzystnie na stałość toru, ale wymaga znacznego powiększenia kosztu podkładów.

b. Tor przyszłości. Pod a. wyszczególnione ulepszenia, które już na dzisiejszym torze mogą być wprowadzone, przyczynią się w znacznej mierze do zmniejszenia natężenia szyny i do spokojnego ruchu; wpłyną one także korzystnie na mechaniczne zużycie podkładów. Jeszcze pozostaje jeden krok ku ulepszeniu toru, mianowicie zmniejszenie nadmiernego obciążenia podłoża. Da się ono uskutecznić jedynie przez *centryczny układ szyn*.

Z tym projektem wystąpiłem w r. 1913 w 10. rozprawie pod II 2, gdzie wykazałem możliwość ułożenia szyny na powierzchni odpowiednio zaokrąglonej (ryc 6.). Przy takim

układzie natężenie podłoża nawet przy nadmiernem obciążeniu $2 Q = 10000$ kg nie przeniesie podług 2 przykładu 1.3 kg/cm^2 , czyli mniej niż trzecią część natężenia, które przy mimośrodkowem obciążeniu podkładu powstać może. Przy tak małym obciążeniu jest sprężystość podłoża zapewniona, odpada przyczyna nierówności toku szyny, a utrzymanie toru w należytem stanie jest ogromnie ułatwione. Centryczny układ szyn przedstawia zatem wielkie korzyści; czy i jakie posiada wady, należy sprawdzić doświadczeniem.

Ryc. 6.



Dalsza poprawa toru powinna nastąpić pod względem jego *sprężystości* i *spoistości*. Niespokojny ruch parowozu powoduje uderzenia na tor, które szkodliwie działają tak na tor, jak i na tabor kolejowy. Czem bardziej tor jest sprężysty, tem bardziej są te uderzenia uśmierzone. W tym celu należy przy wszystkich łącznikach zastosować *sprężyste wkładki*. A więc nie tylko pod naśrubki łubków, gdzie one są powszechnie stosowane, ale także pod naśrubki śrub łączących szyny z płytką i pod głowy śrub, łączących płytkę z podkładem. To zarządzenie zapobiegnie także rozluźnieniu łączników, które na dzisiejszym torze tak mimośrodkowe działanie obciążenia, jak również migracyę toru ułatwia. Ono przyczyni się zatem do zwiększenia spoistości toru.

Nareszcie przyczyni się w znacznej mierze do spokojnego ruchu parowozu i do zmniejszenia tak dla toru szkodliwej siły poprzecznej, *zastąpienie ruchu parowego elektrycznym*, — tym ruchem przyszłości na torze kolejowym.

§ 25. Spodziewane korzyści z poprawy toru. Zastosowanie proponowanych środków poprawy toru dozwala przypuścić, że się osiągnie następujące korzyści:

1. Poprawione złącze usuwa przyczynę falistego odkształcenia szyny; zatem
2. spokojniejszy ruch parowozu, skutkiem czego zmniejszenie anormalnego obciążenia i bocznych uderzeń na szynę.
3. Ono usuwa uderzenia na styku, które są główną przyczyną objawu migracyi toru (ob. 10. rozpr. pod I. 10.)

4. Do zmniejszenia migracji przyczynią się również sprężyste podkładki, gdyż one powodują stałe przyciskanie szyn do podkładek.

5. Centryczny układ szyny powoduje tak znaczne zmniejszenie natężenia podłoża, że stałe wgłębienie podkładów, jakoteż ich odstawanie od podłoża są wykluczone; zatem

6. oszczędność w utrzymaniu toru w należytych stanie.

7. Z powodu spokojniejszego ruchu wzmacnia się działanie łączników, a zmniejsza się ich zużycie, jakoteż mechaniczne zużycie podkładów.

Ponieważ przejście przez złącze jest gładkie, a szyna równa, więc zmniejszy się zużycie szyn, obręczy kół i sprężyn osiowych.

9. Te korzyści znajdują ostateczny wyraz w znacznym zmniejszeniu kosztów konserwacji toru i taboru.

10. Ponieważ w wisząco-podpartym złączu łubki nie mają tego znaczenia co w obecnym, gdyż ich celem nie jest przenoszenie obciążenia z jednego końca szyny na drugi, a z tego powodu w teorii wytrzymałości złącza nie były uwzględnione, — to obecnie używane silne podcięcie głowy szyny, szkodliwe dla należytego wyrobienia materiału podczas walcowania szyny, staje się zbyteczne. Można będzie powrócić do dawnego gruszkowego kształtu przekroju szyny, o łagodnym przejściu z głowy i ze stopki do ścianki, a długie i ciężkie łubki zastąpić krótkimi o słabych wymiarach.

W powyższych §§ omówiony ulepszony tor, miał być jeszcze przed wojną ułożony, w celu doświadczeń, dzięki funduszom udzielonym przez austr. Ministerstwo kolei żelaznych. Wybuch wojny temu przeszkodził. Obecnie Ministerstwo kolei żelaznych dostarczyło środków na ten sam cel. Próbną tor będzie z wiosną ułożony.



WYDZIAŁY POLITECHNICZNE KRAKÓW

BIBLIOTEKA GŁÓWNA



L. inw.

32128

Kdn., Czapskich 4 — 678. 1. XII. 52. 10.000

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



10000231549

Sprostowania :

- Str. 8 w. 6 z dołu ma być $x = 0$
- „ 12 w. 11 w liczniku wzoru niewyraźne α
- „ 13 w. wzorze 24 w mianowniku brakuje +
- „ 14 w. 19 z góry po słowie „składową” dodać: „względem osi pionowej, *„ciskana woda i”*
- „ 17 w. 13 z góry niewyraźne y_0
- „ 21 w. 16 z góry po słowach „przekroju szyny” dodać: „względem osi pionowej“.

Nareszcie musi Czytelnik wybaczyć wskaźniki nie należycie umieszczone i niewyraźne minusy i znaki równości.

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



II-32128

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000231549