

## Oznaczanie czasu biegu pociągów.

Opór pociągu. Moc parowozu. Prędkość jednostajna biegu pociągów w zależności od podłużnego zarysu (profilu) toru. Wirtualna długość linii drogi żelaznej. Przyspieszony i zwolniony bieg pociągów. Strata czasu na rozpęd i zatrzymanie pociągu.

Napisał A. Wasiutyński, inżynier,

Profesor Politechniki Warszawskiej.

(Ciąg dalszy do str. 190 w № 15 r. b.).

**5. Badania Dedouits'a i Nadal'a.** Na rządowych drogach żelaznych francuskich od lat dwudziestu aż dotychczas prowadzą się obserwacje nad zdolnością roboczą parowozu i oporem pociągu, jak o tem powyżej wspomniano.

Obserwacji tych dokonywano za pośrednictwem normalnych pociągów, t. j. w warunkach ruchu zwyczajnego.

Do określenia siły pociągowej i oporów posługiwano się wahadłem dynamometrycznym lub też obserwowaniem zmian prędkości ruchu po linii o pewnym wiadomym profilu.

Przyspieszenie pociągu podczas ruchu pod działaniem pary określało wypadkową sił poruszających, t. j. różnicę między siłą pociągową i oporem. Zamknawszy chwilowo regulator, t. j. usunawszy siłę poruszającą, można było określić w tychże warunkach sam opór, a zatem znaleźć, w związku z poprzednimi wynikami, dla danego stopnia napełnienia, prędkości i ciśnienia pary w kotle, wielkość całkowitej siły pociągowej.

Wahadło dynamometryczne jest szczególnie dogodnie do podobnego rodzaju obserwacji, ponieważ wskazuje bezpośrednio, bez konieczności jakichkolwiek obliczeń, przyspieszenie, jakie pociąg posiada w danej chwili.

Na podstawie tych obserwacji Dedouits ułożył dla rozmaitych typów parowozów wykresy zmieniającej się siły pociągowej przy rozmaitych napełnieniach cylindrów, w zależności od prędkości ruchu<sup>1)</sup>.

Z wykresów tych widać, że dla każdego stopnia napełnienia cylindrów siła pociągowa pozostaje przy małych prędkościach prawie bez zmiany. W miarę zaś zwiększania się prędkości, w przybliżeniu ponad 20 km/godz., siła pociągowa zaczyna szybko się zmniejszać, tem gwałtowniej, im większe jest napełnienie (por. wykresy rys. 5, 6 i 7).

W zwyczajnych warunkach ruchu, a mianowicie za wyjątkiem bardzo małych i bardzo wielkich prędkości, siła pociągowa, którą są w stanie wytworzyć cylindry parowozu, może być podtrzymywana tylko w ciągu krótkiego czasu, a mianowicie, póki starczy pary, dopływającej z kotła. W ten sposób największa siła pociągowa, która może się przejawiać w przeciągu dłuższego czasu, posiada granicę w wydajności kotła.

Wytwarzanie pary, a także zużycie wody na konia parowego są w zależności od stopnia napełnienia cylindrów i prędkości ruchu.

Jednakże w granicach, w których siła pociągowa jest ograniczona wydajnością kotła, wspomniana zależność jest mało widoczna.

Według Dedouits'a<sup>2)</sup> ilość pary, wytworzonej w kotle parowozu, wynosi przy dobrym węglu około 4000 l/m<sup>2</sup> powierzchni rusztu, zużycie zaś wody, dla parowozów z jednokrotnem i podwójnem rozprężeniem, około 10 l na konia i godzinę.

Różnica pomiędzy pracą parowozów z jednokrotnem i podwójnem rozprężeniem zasadza się wedle Dedouits'a na tem, że przy małych prędkościach i dużych napełnieniach moc pierwszych nieco się zmniejsza, drugich zaś pozostaje bez zmiany.

Zmniejszenie mocy w parowozach z jednokrotnem rozprężeniem daje się zauważyć począwszy od napełnienia 0,4, a przy największym napełnieniu 0,7 dosięga 30%.

Po śmierci Dedouits'a w r. 1900 obserwacje na rządowych drogach francuskich są w dalszym ciągu prowadzone przez inż. NADAL'A, który przedsięwziął sprawdzenie wyników, otrzymanych z poprzednich badań, za pomocą indykatora.

Jak powiedziano wyżej, badania NADAL'A stwierdziły wywody Dedouits'a dotyczące wielkości oporu, przeciwdziałającego ruchowi, i praca parowozu wedle wykresów indykatora zgadza się dobrze z pracą oporów, obliczonych według Dedouits'a.

Według NADAL'A zużycie pary na konia parowego i godzinę wynosi średnio 12 kg, wydajność zaś pary w kotle może być wyrażona przez wzór

$$S = 460 \sqrt{H \cdot R} \quad (26),$$

gdzie  $S$  oznacza ilość pary, dostarczonej przez kocioł, w kg/godz.,

$H$  — powierzchnię ogrzewalną w m<sup>2</sup>,

$R$  — powierzchnię rusztu w m<sup>2</sup>.

Postać tego wzoru została zapożyczona od MARIE, według którego

$$S = 368 \sqrt{H R} \quad (27).$$

Wzór ten dobrze wyraża zależność wydajności kotła nie tylko od wymiarów powierzchni ogrzewalnej, ale i od powierzchni rusztu, jak być powinno. W ten sposób według NADAL'A ilość pary wilgotnej, otrzymywanej na godzinę z m<sup>2</sup> powierzchni rusztu, wynosi:

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

co przy zwykłym stosunku  $\frac{H}{R}$  od 55 do 75 daje dla  $\frac{S}{R}$  od 3400 do 4000 kg.

Należy zauważyć, że badania NADAL'A dokonywane były przy ogrzewaniu węglem, którego kg wywiązywał nie mniej niż 7,5 kg pary wilgotnej.

**6. Badania Goss'a.** Wyniki Dedouits'a, dotyczące sprawności parowozów, stwierdzają pod wieloma względami badania Goss'a, dokonane w ostatnim czasie na stacyi doświadczalnej uniwersytetu w Purdue<sup>3)</sup>.

Goss obserwował średnie ciśnienie pary w cylindrach przy rozmaitych stopniach napełnienia i przy rozmaitych prędkościach, zmieniających się w granicach od 24 do 88 km/godz.

Tablica zestawiona przez niego wykazuje, że obydwa czynniki, stopień napełnienia i prędkość, wywierają wielki wpływ na wielkość ciśnienia pary w cylindrach. Tak np. przy ciśnieniu w kotle 9,1 kg/cm<sup>2</sup> i napełnieniu 25%, w miarę wzrostu prędkości od 24 do 88 km/godz., średnie ciśnienie na tłok zmieniało się od 3,1 do 1,27 kg/cm<sup>2</sup>.

Przeciwnie zaś, zużycie pary na konia parowego wraz ze zmianą prędkości i dopływu pary podlegało nieznacznym wahaniom i wynosiło średnio około 12,5 kg.

Wydajność pary w kotle Goss ocenia na 48 kg z m<sup>2</sup> powierzchni ogrzewalnej.

<sup>1)</sup> Dedouits. Résumé des expériences exécutées aux chemins de fer de l'Etat. Revue gén. 1890, I, p. 275 i jego też Note sur les nouvelles machines d'express. Revue gén. 1900, I, p. 301.

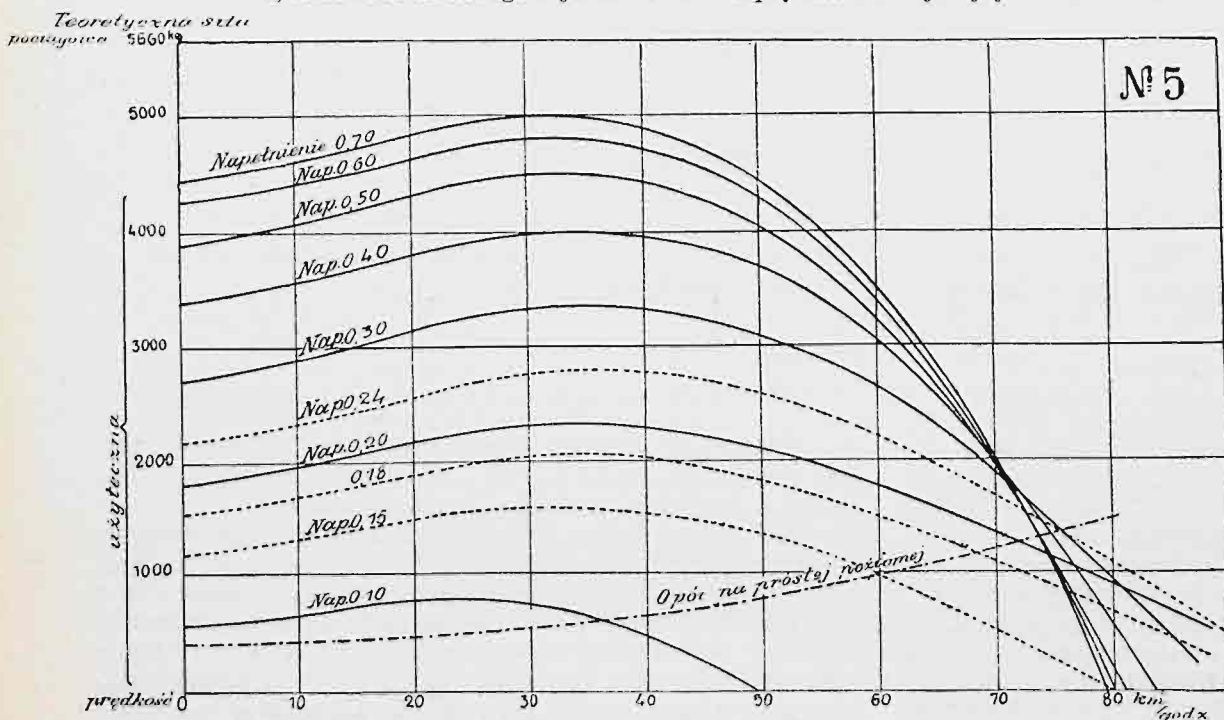
<sup>2)</sup> Note sur les nouvelles machines d'express etc. Revue gén. 1900, I, p. 302.

<sup>3)</sup> Engineering News, 6, III 1902 i Bulletin du Congrès des chemins de fer 1902, № 12.

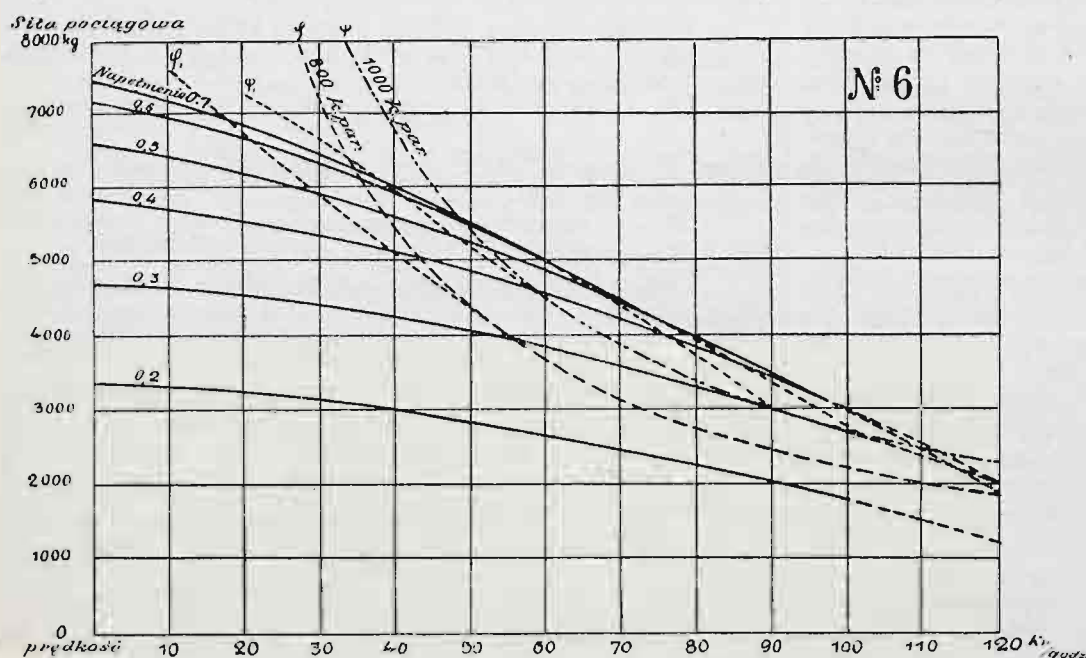


## Wykresy siły pociągowej parowozu wedle Dedouits'a.

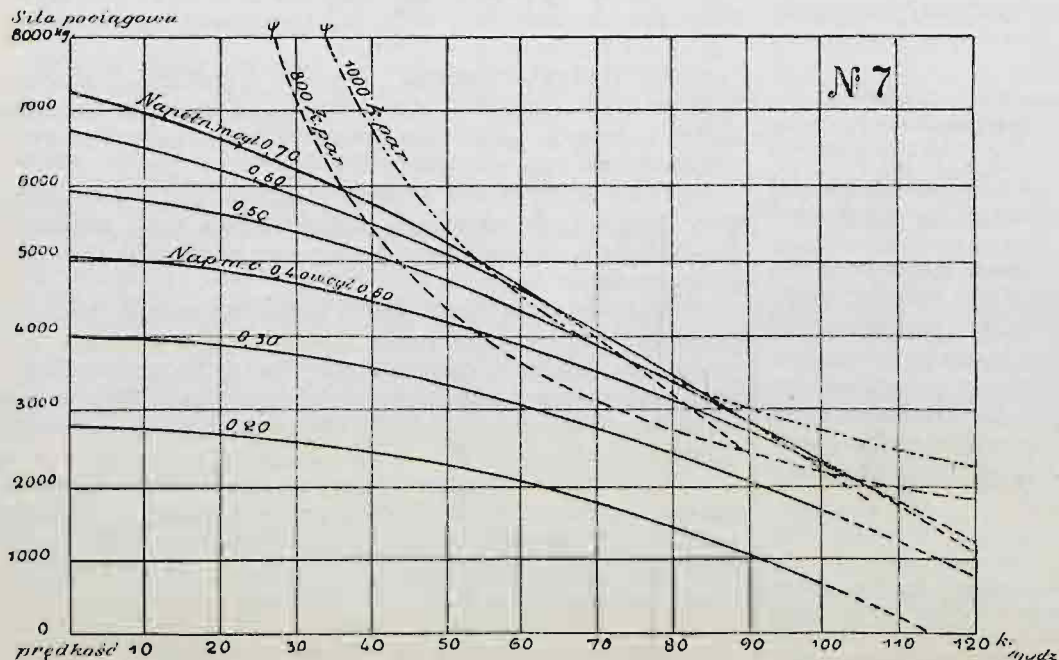
a) Parowozu osobowego z jednokrotnem rozprężeniem i zwyczajnymi suwakami.



b) Parowozu kuryerskiego  $\frac{3}{4}$  z jednokrotnem rozprężeniem i cylindrycznymi suwakami.



c) Parowozu kuryerskiego  $\frac{3}{4}$  z rozprężeniem podwójnem.



7. Uwagi, dotyczące rozmaitych sposobów oznaczenia mocy parowozu. Porównyując rozpatrzone powyżej dane i sposoby oznaczenia mocy parowozów, wypada przede wszystkim zauważyć, że wyznaczanie zależności pomiędzy siłą pociagową i prędkością, za pomocą oznaczania tej siły i mocy parowozu w zależności od stopnia napełnienia cylindrów, jest niezupełnie ścisłym, pomijając zawilosc tego rachunku.

Jak widać z badań nowszych, ciśnienie pary w cylindrach, wyznaczone przy pomocy indykatora, zależy nie tylko od napełnienia cylindrów, ale w znacznym stopniu także od prędkości.

Tymczasem dane GROVE'GO, otrzymane przy stałej prędkości, i wzory prof. PETROW'A wykazują, dla danego ciśnienia w kotle, indykowane ciśnienie pary w cylindrach tylko w zależności od stopnia napełnienia cylindrów.

GROVE uważa, że odparowanie zależy także od napełnienia cylindrów i oznacza je na jednostkę powierzchni ogrzewalnej.

Chociaż nie można wątpić, że napełnienie cylindrów oraz prędkość wywierają pewien wpływ na odparowanie, to jednak wpływ ten daje się zauważyć w parowozach z pojedynczym rozprężeniem przeważnie tylko przy dużych napełnieniach i małych prędkościach, w parowozach zaś sprężonych (compound) jest wogóle mało widoczny.

Wreszcie odparowanie jest jednakowo zależne od wielkości powierzchni ogrzewalnej i od powierzchni rusztu.

BORRIES bierze wzgląd ten pod uwagę i przytacza dla parowozów z rozmaitym stosunkiem powierzchni ogrzewalnej do powierzchni rusztu odpowiednie zmienne wielkości mocy na jednostkę powierzchni ogrzewalnej.

Powyżej były szczegółowo wykazane przyczyny, dla czego dane dróg rządowych pruskich i oparte na nich wnioski FRANK'A i BORRIES'A, dotyczące mocy parowozów, mają tylko względną wartość, wyrażając nie rzeczywistą moc parowozu, lecz tylko moc odpowiadającą pewnemu przypuszczalnemu oporowi.

Przeciwnie, sposób określenia mocy parowozu, zastosowany przez DEDOUITS'A, nie tylko odznacza się prostotą i jasnością, ale jako oparty na bardzo dokładnych obserwacjach i sprawdzony praktycznie, zasługuje na zupełne zaufanie. Jeżeli w zwyczajnych warunkach ruchu całkowita ilość pary, dostarczanej przez kocioł, zużywa się, jak być powinno, na dokonanie pracy, to przy jej oznaczaniu z natury rzeczy przyjąć należy za punkt wyjścia



praktyczne dane, dotyczące ilości węgla, jaką można spalić na jednostkę kwadratowej powierzchni rusztu, ilości wody, odparowanej przez jednostkę ciężaru węgla i zużycia pary na konia parowego.

Dane te, z których każda ma zupełnie określone znaczenie praktyczne, są ustalone przez liczne obserwacje. Posiłkując się niemi nie tak łatwo popełnić omyłkę, jak operując nad wielkościami najkorzystniejszego napełnienia, wywołującego tak różne ciśnienia w zależności od systemu roz-

działu pary, ilości cylindrów, stosunku między ich objętościami. Wątpliwem jest zresztą, czy tem właśnie najkorzystniejszym napełnieniem będzie się posługiwał maszynista.

Wzory FRANK'A i tablice BORRIES'A, pomijając niepewność ich zasady, są zestawione sztucznie. Dla oznaczenia mocy parowozów, różniących się co do typu, stosunków w wymiarach i t. p. od wskazanych przez nich, braknie danych.  
(C. d. n.).

## Praca odkształceń zeskładów żelaznobetonowych przy zginaniu.

Napisał Kazimierz Grabowski, inżynier.

(Ciąg dalszy do str. 196 w № 16 r. b.).

Teraz musimy gruntownie zastanowić się, co przedstawiają oddzielne składowe części ostatnio wyprowadzonych trzech równań.

Wyraz  $\int d B + \mu \int d F = \Omega$  może być nazwany „całkowitym przekrojem” pręta; przekrój taki otrzymuje się przez dodanie  $\mu$ -krotnie powiększonego przekroju żelaza do całkowitego przekroju betonu.

Wyrazy  $\int x_b d B + \mu \int x_f d F$  oraz  $\int y_b d B + \mu \int y_f d F$  przedstawiają „momenty statyczne” przekroju odnośnie do osi  $Y$  i  $X$ . Ponieważ 1) osie  $X$  i  $Y$  przechodzą przez odpowiednio określony środek ciężkości przekroju i 2) całkowanie rozprzestrzenia się na wszystkie bez wyjątku cząstki betonu i żelaza, przeto rozpatrywane „momenty statyczne” równać się będą zeru.

Wyrazy  $\int x_b^2 d B + \mu \int x_f^2 d F$  i  $\int y_b^2 d B + \mu \int y_f^2 d F$  będą odpowiednio „momentami bezwładności”, a wyraz  $\int x_b y_b d B + \mu \int x_f y_f d F$  — „momentem odśrodkowym” przekroju odnośnie do osi  $Y$  i  $X$ . Jako osi współrzędnych będziemy zawsze wybierali główne osie przekroju, dla których, jak wiadomo, moment odśrodkowy zawsze równa się zeru.

Oznaczywszy więc:

$$\int x_b^2 d B + \mu \int x_f^2 d F = I_y$$

$$\int y_b^2 d B + \mu \int y_f^2 d F = I_x,$$

będziemy mieli

$$N = \epsilon_c a \Omega$$

$$M_x = \epsilon_c c I_x$$

$$M_y = \epsilon_c b I_y.$$

Stąd

$$a = \frac{N}{\epsilon_c \Omega}; \quad b = \frac{M_y}{\epsilon_c I_y}; \quad c = \frac{M_x}{\epsilon_c I_x}.$$

oraz

$$\left. \begin{aligned} r &= \frac{N}{\Omega} + \frac{M_y}{I_y} x_b + \frac{M_x}{I_x} y_b \\ \rho &= \mu \left( \frac{N}{\Omega} + \frac{M_y}{I_y} x_f + \frac{M_x}{I_x} y_f \right) \end{aligned} \right\} \quad (4).$$

Jeżeli teraz  $\varphi = 90^\circ$ , t. j. siła  $Q$  działać będzie w kierunku osi  $Y$ , to

$$M_x = M \sin \varphi = M$$

$$M_y = M \cos \varphi = 0,$$

wobec czego

$$\left. \begin{aligned} r &= \frac{N}{\Omega} + \frac{M}{I} y_b \\ \rho &= \mu \left( \frac{N}{\Omega} + \frac{M}{I} y_f \right) \end{aligned} \right\} \quad (5).$$

Znaczący, że odpowiednio rozumiejąc określenia: środek ciężkości, całkowity przekrój, moment bezwładności, moment statyczny i t. d. w zastosowaniu do ściśkanego ekscentrycznego pręta żelaznobetonowego, otrzymujemy w rozpatrzonym wypadku dla wyznaczenia naprężeń znane powszechnie wzory NAVIER'A.

Nazwijmy przez  $z_b'$  i  $z_b''$  odległości najwięcej oddalonych od osi  $x$  warstw betonu (rys. 3); zwróćmy uwagę na znaki; wtedy zauważymy, że największe naprężenie w betonie powstanie w warstwie, leżącej po tej samej stronie środka

ciężkości, po której leży punkt przecięcia siły  $P$  z płaszczyzną przekroju:

$$r_{\max} = \frac{N}{\Omega} + \frac{M z_b'}{I} \quad (6).$$

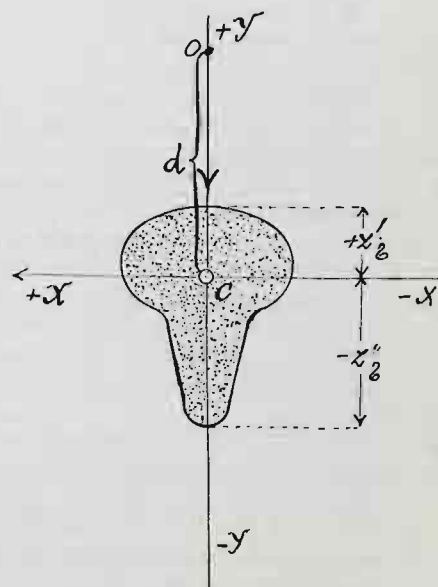
Najmniejsze naprężenie będzie w warstwie, leżącej z przeciwnej strony:

$$r_{\min} = \frac{N}{\Omega} - \frac{M z_b''}{I}.$$

Podobnie i dla żelaza istnieć będzie

$$\rho_{\max} = \mu \left( \frac{N}{\Omega} + \frac{M z_f'}{I} \right),$$

$$\rho_{\min} = \mu \left( \frac{N}{\Omega} - \frac{M z_f''}{I} \right).$$



Rys. 3.

Ponieważ  $M = Nd$ , przeto:

$$r_{\min} = \frac{N}{\Omega} - \frac{Nd z_b''}{I}.$$

To wyrażenie daje nam możność oznaczenia takiej odległości  $d$ , przy której jeszcze nie będzie rozciągania w warstwach betonu, gdyż wtedy  $r_{\min}$  powinno być większe od zera:

$$\frac{N}{\Omega} > \frac{Nd z_b''}{I}$$

$$d < \frac{I}{\Omega z_b''} \quad (7).$$

Przy wszystkich znaczeniach  $d$ , większych od wskazanego w nierówności (7), będzie miało miejsce rozciąganie w betonie, i wtedy nastąpi drugi wypadek, który też zaraz zbadamy.

§ 4. **Drugi wypadek.** Nazwijmy przez:

$r_c, \epsilon_c, dB_c$  — odpowiednio naprężenie, współczynnik sprężystości i różniczkę przekroju, odnoszące się do ściśkanego betonu;