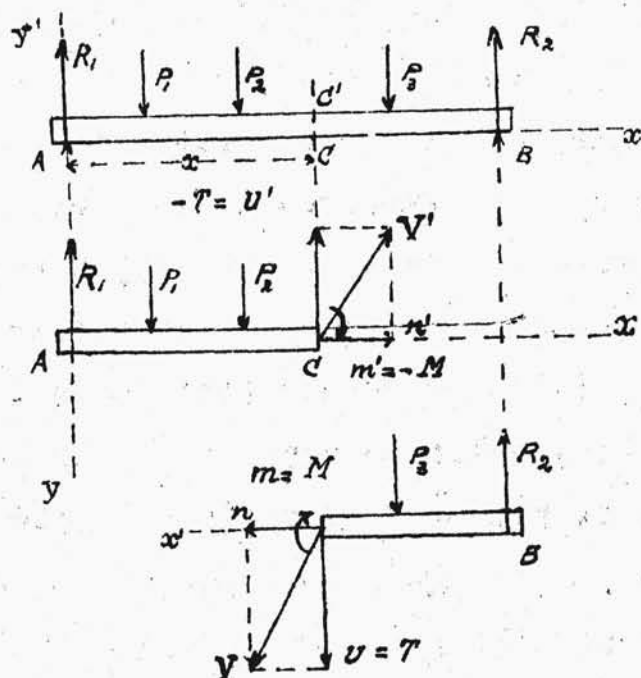


rzędnych układ prostokątny, należy tylko wykresy wykonać tak, aby linja zamykająca, czyli linja odniesienia t.j. oś $\mathcal{L}\mathcal{L}'$ była pozioma. W tym celu należy wielobok sznurowy sił przeprowadzić tak, aby punkty określające linję zamykającą np. \mathcal{L}_5 i \mathcal{L}_6 na rys. 133 leżały na linii poziomej, równoległej do osi belki. Łatwo to wykonać, stosując sposób przeprowadzenia wieloboku sznurowego przez dwa dane punkty przy danej odległości biegunowej /§ 66 p.o./ Tak możemy postąpić we wszystkich wypadkach obciążenia belki zwykłej. Przy belce jednym końcem zamocowanej wystarczy biegun \mathcal{B} /rys. 143/ przyjąć w \mathcal{B}' , tak, aby bok $\mathcal{L}_0\mathcal{L}_1$ był poziomy. W wypadkach belek wspornikowych mamy kilka zamykających. Pokażemy w jednym z następnych §, jak postąpić w tym wypadku.

Drugie znaczenie momentu gnącego i siły tnącej.

§ 114. Dotąd pod momentem gnącym w dowolnym przecięciu rozumieliśmy sumę momentów wszystkich sił /pionowych/, leżących nalewo od tego przecięcia /włączając i reakcje/ względem dowolnego

punktu tego przecięcia /też pionowego/. Przy
siłach pionowych ta suma momentów jest jednako-
wa dla wszystkich punktów przecięcia. Jednakże
moment gnący ma jeszcze inne znaczenie; doj-



Rys. 148.

dziemy je nie-
g- w sposób na-
stępujący. Wy-
obraźmy sobie,
ze belkę AB
rozdzieliliśmy
myślnie na
dwie części
 AC i CB
zapomocą prze-
cięcia CC'
Uważając każdą
część AC i CB
jako swobodną,

powinniśmy, na mocy zasady oswobodzenia od połą-
czeń, działanie odrzuconej części w przecięciu
 C zastąpić odpowiednimi reakcjami. Takie
reakcje działają w każdym punkcie przecięcia i
jest ich nieskończenie wiele. Reakcje te możemy
sobie wyobrazić, jako siły działające na jedną

powierzchnię. Zespół sił, odniesionych do jednej płaszczyzny nazywamy naprężeniami /§ 31 i 37/^{x/}. Podobnie, jak postąpiliśmy w § 110 możemy cały układ niewiadomych naprężeń zastąpić przez układ prostszy, mianowicie jedną siłę, przyłożoną do dowolnego punktu np. do środka ciężkości przekroju C i do pary sił. Jeżeli siły zewnętrzne znajdują się w jednej płaszczyźnie, to powyższa siła i para będą leżeć w tej samej płaszczyźnie. Oznaczmy naprężenie działające ze strony części AC na część CB w dowolnym punkcie przecięcia C przez t , naprężenie zaś ze strony części CB na część AC w tym samym punkcie przecięcia C przez t' . Na mocy zasady równości działania i przeciwdziałania w każdym punkcie naprężenie t' jest równe i wprost odwrotne do t . Wszystkie siły układu (t') we wszystkich punktach przecięcia są odpowiednio równe i wprost odwrotne do sił układu (t) . Oznaczmy sumę geometryczną sił układu (t) przez V t.j.

$$\bar{V} = \sum \bar{t}$$

; oznaczmy moment sił tego układu względem środka ciężkości przecięcia C przez

x/ ~~Scięcie~~ określenie naprężenia s. 17 w Rozdz. III.

m t.j. $m = \sum M(t)$. Oznaczmy odpowiednie wielkości dla układu (t') przez V' i m' , oczywiście V' jest siłą równą i odwrotną do V , moment zaś m' , jako wielkość algebraiczna, jest równa m i ma przeciwny znak, t.j. $m' = -m$. Oznaczmy moment gnący w przecięciu C przez M i napiszmy równanie momentów dla części AC , uważając ją za swobodną; równanie to będzie: $M + m' = 0$, ponieważ M oznacza moment sił R_1, P_1, P_2 a m' - moment układu (t') .

Podobne równanie dla części CB będzie: $(-M) + m = 0$, gdyż moment sił P_3 i B , wzięty jest to moment gnący z odwrotnym znakiem, t.j. $(-M)$, a m jest moment układu (t) .

$$m = \sum M(t) = M$$

$$m' = \sum M(t') = -M = m' = \sum M(t').$$

Stąd otrzymujemy drugie znaczenie momentu gnącego, mianowicie moment gnący M w przecięciu C belki jest to moment względem środka ciężkości przecięcia naprężeń, działających w przecięciu C z lewej części na prawą. Widzimy też, że moment gnący wzięty z odwrotnym znakiem $(-M)$ równa się momentowi naprężeń, dzia-

łajających w przecięciu C z prawej części
na lewą.

Rozłożmy siłę V na dwie składowe: n wzdłuż osi belki i U - prostopadle do osi; podobnie siłę V' rozłożymy na składowe: n' i U' ; oczywiście siły te są równe i odwrotne do n i U . Równanie rzutów na oś Ax sił, przyłożonych do części AC , wykazuje, że $n' = 0$, a zatem i $n = 0$. Gdyby w układzie sił zewnętrznych istniała składowa pozioma, to n i n' nie równałyby się zeru. Siły te miałyby wtedy znaczenie sił osiowych czyli nateżeń pręta. Ponieważ $n = \sum t_x$, a $n' = \sum t'_x$, widać więc, że siła osiowa jest sumą rzutów na prężeń t lub t' na oś belki. W naszym jednak wypadku siły te równają się zeru, pozostaje nam jeszcze wytłumaczyć znaczenie składowych U i U' , składowa U jest to rzut V na oś Ay , t.j. $U = \sum t_y$, składowa zaś U' jest to rzut V' na oś Ay' , t.j. $U' = \sum t'_y$.

Rozpatrując część CB i pisząc równanie rzutów sił na oś Ay , otrzymamy:

$$U + (-T) = 0.$$

ponieważ rzut sił P_1 i R_2 na oś Ay jest to siła tnąca T , wzięta z przeciwnym znakiem.

Piszao podobnie równanie rzutów części AC na oś Ay , otrzymamy:

$$-U' + T = 0$$

Z tych równań otrzymujemy następujące wyrażenie dla sił U i U' :

$$U = \sum t_y = T$$

$$U' = \sum t'_y = T.$$

T.j. siły U i U' równają się sile tnącej w przecięciu C . Przychodzimy w ten sposób do drugiego znaczenia siły tnącej. Siła tnąca w przecięciu jest to suma rzutów na oś Ay naprężeń, działających z lewej części na prawą, lub też jest to suma rzutów na oś Ay' naprężeń, działających z prawej części na lewą.

Siłę tnącą nazywają też często siłą ścinającą lub poprzeczną, gdyż wywiera ścinanie i ma kierunek poprzeczny do osi belki.

We wszystkich powyższych wywodach przejęto kierunki dodatnie reakcyj, sił osiowych, tnących, momentów sił i momentów gnących nie należy

rozumieć jako coś absolutnego; z dwóch możliwych kierunków zawsze się wybiera jeden dodatni i odwrotny za ujemny. Wygłoszone twierdzenia mają znaczenie oczywiście dla przyjętych przez nas kierunków dodatnich.

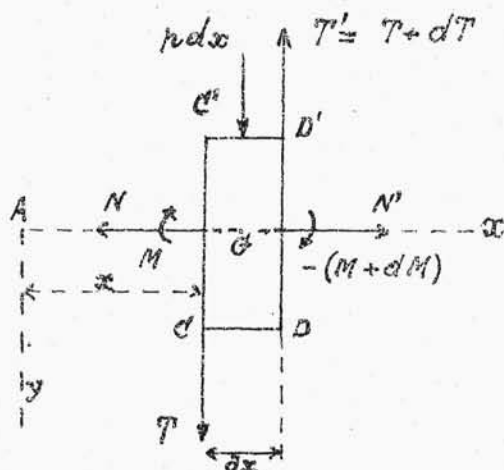
Przytoczone w tym paragrafie drugie znaczenie momentu gnącego i siły tnącej ma ważne znaczenie w statyce, zapomożą tego znaczenia łatwo rozwiązuje się wiele kwestyj. W następnym paragrafie udowodnimy ogólnie twierdzenie o pochodnej momentu względem odciętej.

Oczywiście, że przytoczone tutaj znaczenie M i T zachowuje się także i dla kratownic. Zamiast naprężeń ϵ będą tam występować siły osiowe, czyli natężenia S . Łatwo się o tem przekonać, przejrzawszy wzory § 97.

Twierdzenie o pochodnej momentu gnącego
względem odciętej.

§ 115. Rozpatrzmy belkę dowolnie podpartą i obciążoną siłami skupionymi P_1, P_2, \dots i ciągłymi $p = f(x)$. Wyodrębnimy dwa przecię-

ciami CC' i DD' część $CC'DD'$ /rys. 149/,



Rys. 149.

i rozpatrzamy ją jako swobodną. Znajduje się ona w równowadze pod działaniem sił: ndx oraz naprężeń w przecięciach CC' i DD' .

Żałujemy, że

część $CC'DD'$ obraliśmy tak, że na długości $C'D' = CD = dx$ nie działa żadna z sił skupionych. Zgodnie z drugim znaczeniem momentu gnącego i siły tnącej, możemy naprężenie działające w przekroju CC' ze strony odrzuconej lewej części zastąpić ogólnie przez siły N i T oraz parę z momentem M , który jest jednocześnie momentem gnącym w przecięciu CC' , siła T jest siłą tnącą w przecięciu /dodatni zwrot siły T odpowiada zwrotowi osi Ay /. Dla ogólności wprowadziliśmy i składową N , chociaż w powyższych wypadkach działania tylko obciążeń pionowych siła N równa się zero.

Z rozpatrzonych powyżej wykresów wiemy, że M i T są funkcjami zmiennej niezależnej x - odciętej w układzie osi Axy . Funkcja M jest zawsze ciągła, funkcja T jest ciągła, z wyjątkiem odosobnionych punktów w miejscach działania ciężarów skupionych, gdzie funkcja T ma przerwę ciągłości. Ponieważ na długości $C'D'$ niema takich sił, a więc w przecięciu DD' nieskończenie bliskim do CC' , funkcje M i T będą się różnić od wartości ich w CC' o nieskończenie małe wielkości dM i dT t.j. będą: $(M + dM)$ i $(T + dT)$. Z poprzedniego § wiemy, że działanie odrzuconej prawej części w przecięciu DD' może być zastąpione przez siły N' i T' /siła $T' = T + dT$ /, skierowane odwrotnie do dodatnich zwrotów i przez parę z momentem odwrotnym do momentu gnącego w tym przecięciu, t.j. na ścianę DD' działają siły N' $T' = T + dT$ i para z momentem: $-(M + dM)$. Walec $CC'D'D$ jest w równowadze pod działaniem powyższych sił /uwidoczniomych na rysunku/. Równanie momentów względem dowolnego punktu przecięcia DD' , np. względem D , będzie:

$$M - (M + dM) - Tdx - \mu dx \cdot \xi dx = 0,$$

gdzie $\xi < 1$, a ξdx oznacza ramię siły μdx .

Równanie po skróceniu przybiera postać:

$$\pm dM \pm Tdx \pm \varepsilon p dx^2 = 0$$

Wyraz dM , Tdx są nieskończenie małe 1-go rzędu. Wyraz $\varepsilon p dx^2$ jest nieskończenie mały 2-go rzędu, wobec czego możemy go odrzucić w porównaniu do wielkości 1-go rzędu, otrzymamy wtedy:

$$dM + Tdx = 0,$$

czyli

$$\frac{dM}{dx} = -T \dots \dots (a),$$

co właśnie chcieliśmy udowodnić.

Z wyводу widać, że równość (a) ma miejsce dla wszystkich przecięć belki dowolnie podparte, z wyjątkiem przecięć, w których leżą linje działania ciężarów skupionych.

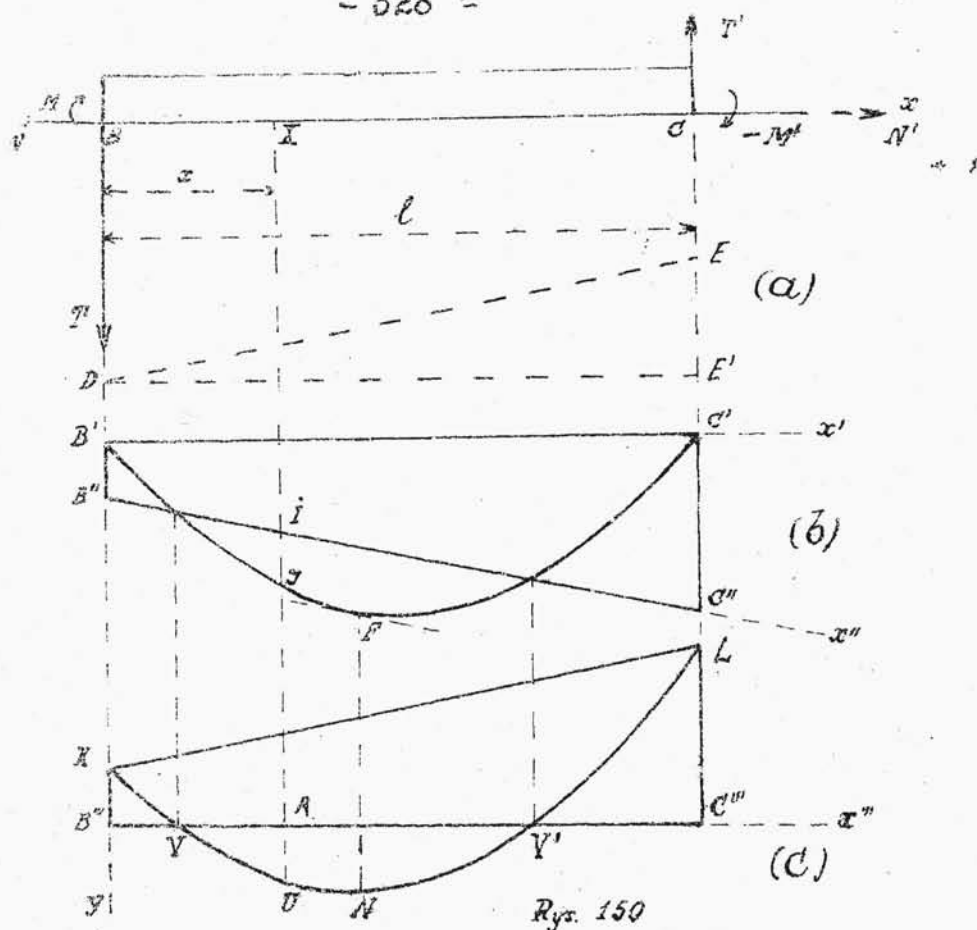
Ogólne wyrażenie momentu gnącego i siły tnącej dla belki z dowolnymi podporami lub dla oddzielnego przęsła w wypadku belki wieloprzęsłowej.

§ 116. Wróćmy do rys. 147 i zauważmy, że w

przecięciach podporowych a_1 i a_2 momenty gnące nie równają się zeru, są to wielkości proporcjonalne do odcinków ec' i fc' . Również mamy w przecięciach B i C na rys.146 i w przekroju podporowym B na rys.144. Podobne zjawisko mamy np. w belce z obu końcami zamocowanymi. Tutaj każda podpora, jak wyjaśniliśmy w § 110, wywiera reakcje, które są równoznaczne z trzema reakcjami prostymi: dwie składowe siły i moment pary t.zw. moment zamocowania. W następie spotkamy się z wieloma budowlami, w których pręty znajdują się w podobnych warunkach.

Wyobraźmy sobie, że np. z układu podobnego do pokazanego na rys.146, wyodrębnimy w myśli część środkową BC , jako swobodną /rys.150/. Wyobraźmy sobie, że nieskończenie blisko od podpory B na prawo wykonaliśmy 1 przecięcie i nieskończenie blisko od podpory C na lewo 2 przecięcie.

Dla zachowania równowagi części BC , jako ciała swobodnego, należy w przecięciach B i C przyłożyć odpowiednie reakcje. Działanie odrzuconej lewej części na przecięcie B wyraża się siłami podłużną N i tnącą T /liczymy je



w kierunkach dodatnich, jak pokazano na rys / oraz momentem gnącym M . Działanie prawej odciśniętej części na przecięcie C wyraża się siłami N' i T' o zwrotach przeciwnych do dodatnich i momentem $(-M')$, podczas gdy M' oznacza moment gnący w przecięciu C a T' - siłę tnącą. Oznaczmy w przecięciu X o odciętej x , moment gnący przez M , siłę tnącą przez T . Wyobraźmy sobie belkę bc tej samej rozpiętości co BC i tak samo obciążoną, lecz opartą swobodnie na dwóch podporach /t.j. belkę

zwykła/. Reakcje czyli siły tnące w przecięciach B i C oznaczmy tutaj przez \bar{v}_B i \bar{v}_C /momenty w tych przecięciach oczywiście równają się zeru/, moment gnący w przecięciu h w odległości x od B oznaczmy przez \mathcal{M} , a siłę tnącą przez \bar{v} . Moment \mathcal{M} jest to moment sił \bar{v}_B i sił obciążenia między B i C . Siłę tnącą T w belce BC można pomyśleć sobie jako złożoną z dwóch składników pionowych sił: \bar{v}_B i pewnego niewiadomego składnika C t.j. możemy napisać:

$$T = \bar{v}_B + C$$

Napiszmy wyrażenie momentu gnącego \mathcal{M} i siły tnącej \bar{v} w przecięciu X belki. Moment \mathcal{M} jest to moment sił: T , obciążenia na BH i pary o momencie M . Rozkładając siłę T na dwa składniki \bar{v}_B i C , możemy te siły podzielić na takie grupy: 1/ siła \bar{v}_B i obciążenie na BC , 2/ para o momencie M i 3/ siła niewiadoma C . Moment 1. grupy względem punktu X jest \mathcal{M} , moment 2. grupy M moment 3. grupy $(-Cx)$, całkowity więc moment gnący \mathcal{M} będzie:

$$\mathcal{M} = \mathcal{M} + M - Cx \dots \dots (a)$$

Podobnie można napisać wyrażenie dla siły tnącej \mathcal{C} . Rzut na oś Ay sił 1. grupy jest τ , drugiej grupy 0 , 3. grupy C , a więc będzie:

$$\mathcal{C} = \tau + C \dots \dots (b)$$

Stałą C możemy wyznaczyć z warunku, że moment \mathcal{M} w przecięciu C równa się M' w tym przecięciu $\mu = 0$, mamy więc dla $x = l$:

$$M' = 0 + M - Cl$$

Stąd

$$C = \frac{M - M'}{l}$$

Podstawiając tę wartość w (b) i (a), otrzymamy dla \mathcal{C} i \mathcal{M} takie wyrażenia:

$$\mathcal{C} = \tau + \frac{M - M'}{l} \dots \dots (c)$$

$$\mathcal{M} = \mu + M + \frac{M' - M}{l} x =$$

$$= \mu + M(1 - \frac{x}{l}) + M' \frac{x}{l} \dots \dots (d)$$

Z wzoru d przy $x = 0$, $\mathcal{M} = M$ przy $x = l$, $\mathcal{M} = M'$. Wzory (c) i (d) mają to znaczenie, że w wypadkach więcej skomplikowanego podparcia moment gnący \mathcal{M} i siła tnąca \mathcal{C} są wyrażone

w funkcji od momentów gnących w końcach przęsła M i M' oraz momentu gnącego M wzgl. siły tnącej τ przęsła tak samo obciążonego, lecz o podporach zwykłych. Wzory te mają bardzo szerokie zastosowanie w Statyce; narazie wykorzystamy je do rozwiązania kwestji sformułowanej w końcu § 113.

§ 117. Przedstawimy wzór (d) /pierwszy/ wykreślnie, t.j. wykonamy wykres funkcji M dla wszystkich odcinków x od 0 do l . W tym celu weźmy oś $B'x'$ /rys.150 b/ i zbudujmy nasamprzód linię $B'FC'$, przedstawiającą funkcję $M = M(x)$, jest to wykres momentu M . W wypadku np. obciążenia równomiernego ta linja byłaby parabolą. Drugi wyraz M jest stały dla wszystkich punktów; zwykle M i M' nad podporami są ujemne; wyraz M przedstawi się wykreślnie przez prostą DE' ze strony ujemnego kierunku osi $B'y$ w odległości $B'D = M$. Trzeci wyraz $\frac{M'-M}{l}x$ wyraża rzędną prostej DE , liczone od DE' , przy $x=0$ t.j. w p. D rzędna równa się 0, przy $x=l$, rzędna $E'E$ równa się

($M'-M$) Cały odcinek $C'E$ równa się M' . Dla otrzymania wykresu \mathcal{M} należy rzędne linii $B'FC'$ i DE dodać algebraicznie; można to wykonać, odłożywszy $B'B'' = BD$ i $C'C'' = C'E$ i połączwszy punkty B'' i C'' prostą $B''C''$. Teraz można przyjąć prostą $B''C''x''$ za prostą odniesienia, to przy pionowej osi $B''y$ rzędne, liczone od $B''x$ do krzywej $B'FC'$ będą wyrażać wielkości momentu \mathcal{M} . W ten sposób linia $B'FC'$ jest wykresem momentów przy osiach skośnych $B'x''y$. Teraz można przejść do osi prostokątnych $B'''x'''y$, /rys. 150 a/, odłożywszy w każdym punkcie rzędną RU , która się równa odpowiedniej rzędnej IJ w wykresie $B'FC'$.

Wykresy te można zbudować bezpośrednio wykreślnie. Przy pewnej odległości biegunowej:

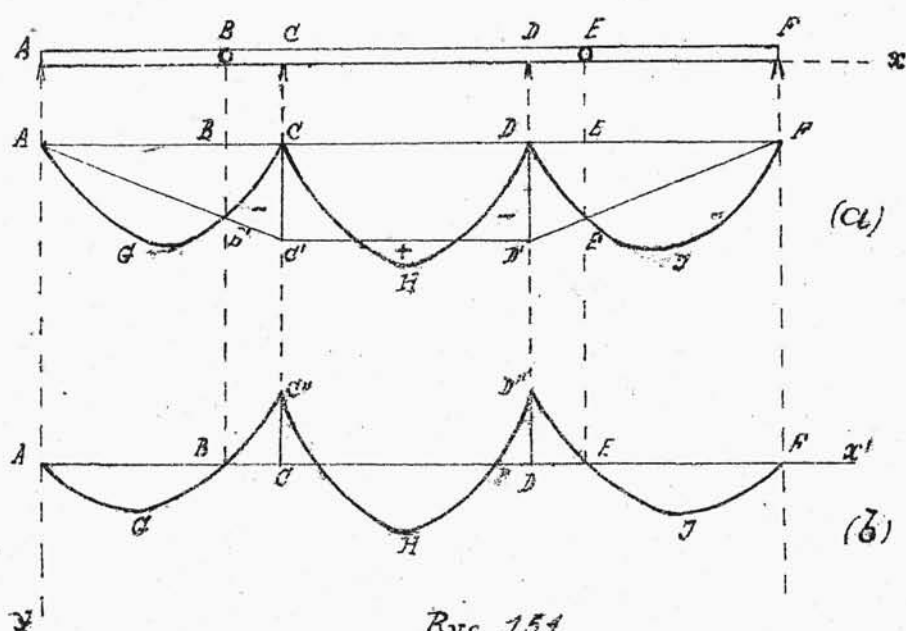
$k\beta = H$ można zbudować odpowiedni wielobok sznurowy /ewentualnie krzywą sznurową/ $B'FC'$ tak, aby pierwszy bok przeszedł przez punkt B' , ostatni - przez C' , przy czem $B'C' \parallel BC$. Następnie należy odłożyć $B'B'' = \frac{M}{H}$ i $C'C'' = \frac{M'}{H}$

i poprowadzić prostą odniesienia $B''x''$.

Otrzymaliśmy wykres M przy osiach skoszonych. Wykres o poziomej linii odniesienia można stąd otrzymać, jak powiedziano powyżej. Zauważmy, że niezależnie od położenia linii odniesienia, t.j. linii zamykającej, reszta wykresu stanowi zawsze wielobok sznurowy lub krzywą sznurową. Na tej podstawie można niekiedy wykres o poziomej linii odniesienia zbudować bezpośrednio, np. jeżeli zgóry są znane punkty zerowe momentu: XY i XY' między podporami. Możemy wtedy odrazu zbudować przy danej odległości biegunowej wielobok sznurowy /ew. krzywą/ tak, by odpowiednie boki /ew. styczne/ przechodziły przez punkty XY i XY' na prostej odniesienia poziomej $B''x''$. W ten sposób rzędne krańcowe wykresu w punktach B i C określają się w zupełności i żądany wykres otrzymujemy odrazu.

§ 113. Zastosujemy teraz rozważania poprzedniego § do zbudowania wykresu momentu gnącego dla belki wspornikowej /rys. 151/ przy obciążeniu np. równomiernem wszystkich przęseł. Możemy postąpić dwojako:

Moment gnący w każdym z przęseł AC , CD i DF można wyrazić wzorem (d) /§ 116/, czyli każda



Rys. 151

z tych funkcji składa się z właściwej funkcji M i części linjowej:

$$M + \frac{M' - M}{\ell} x.$$

W danym wypadku wykresy momentów M dla każdego przęsła stanowią odpowiednie parabole /rys. a/: AGC , CHD , DJF . W pierwszym przęśle AC przy zmianie przecięcia od A do C moment gnący M , zmieniając swe wartości, staje się zerem w punktach A i B , t.j.

$M_A = M_A = 0$ i $M_B = 0$. Część linjowa momentu M wyrazi się więc prostą $AB'C'$, gdzie punkt B' otrzymamy w przecięciu pionu BB' z

krzywą $A B' C$. Wykres \mathcal{M} przy prostej odniesienia $A C'$ w przedziale AB stanowi parabola $A G B'$, w przedziale BC - parabola $B' C$. Podobnie dla przęsła $D F$ otrzymujemy w wykresie \mathcal{M} część ujemną $D' D E$ i dodatnią $E' F J$. Ponieważ w ten sposób zostały określone wartości $C C'$ i $D D'$ momentu \mathcal{M} nad podporami C i D w przęśle $C D$ wystarczy dla zakończenia wykresu w tem przęśle połączyć punkty C' i D' prostą $C' D'$. Otrzymany wykres ma w każdym przęśle inną linię odniesienia: $A C'$, $C' D'$ i $D' F$. Dla otrzymania wykresu o jednej poziomej linii odniesienia należałoby /rys.151 b/ w przęśle $A C$ zbudować krzywą sznurową $A G B C''$, której pierwszy bok przechodzi przez punkt A , styczna zaś w punkcie, odpowiadającym podziałowi obciążenia między AB i BC , przechodzi przez punkt B . Podobnie w przęśle $D F$ zbudujemy krzywą sznurową $D' E J F$, przechodzącą przez punkty E i F . Wykres zakończymy, przeprowadzając przez określone w ten sposób punkty: C'' i D'' krzywą sznurową $C'' H D''$.

Z powyższych wykresów widać, że przy obciąż-

zeniu równomiernem bezwzględne wartości momentu gnącego w belce wspornikowej są znacznie mniejsze, niż w konstrukcji, składającej się z 3-ch oddzielnych belek zwykłych AC , CD i DF , dla której to konstrukcji wykresami momentów byłyby funkcje M t.j. w danym wypadku parabole: AGC , CHD i DJF o poziomej linii odniesienia AF . Stąd widać, że belki wspornikowe teoretycznie są oszczędniejsze od belek zwykłych.

§ 119. Z Wytrzymałości materiałów wiadomo, że sprawdzenie bezpieczeństwa belki o ściance całkowitej polega w praktyce na obliczeniu największego naprężenia normalnego σ i największego naprężenia ścinającego τ /§ 99/ i sprawdzeniu, czy naprężenia te, działające w belce, są mniejsze od właściwych bezpiecznych czyli dopuszczalnych t.j. na sprawdzeniu warunków:

$$\max. \sigma \leq R_o, \quad \max. \tau \leq R_t;$$

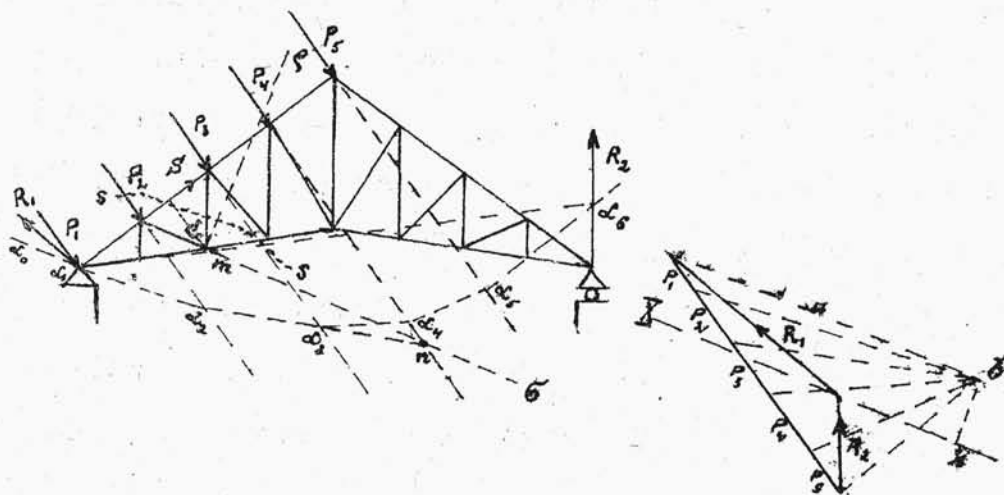
gdzie R_o - naprężenie dopuszczalne na rozciąganie, R_t - naprężenie dopuszczalne na ścinanie.

Ponieważ naprężenia σ i τ są proporcjonalne odpowiednio do momentu gnącego M i siły tnącej T , oczywiście, że $\max. \sigma$ i $\max. \tau$ odpowiadają tym przecięciom, gdzie zachodzi $\max./M/$ względnie $\max./T/$.

Przy obliczeniu belek w praktyce mamy zwykle do czynienia z siłami pionowymi: ciężar własny belki i ciężar obciążeń przypadkowych. W § 100 - 118 podaliśmy sposoby wykreślno budowania wykresów M i T , a tem samem i odszukania $\max./M/$ i $\max./T/$. Przy sposobności wspominaliśmy także o analitycznem obliczeniu tych wielkości. Z wyłożonego poprzednio jest rzeczą oczywistą, że przy obciążeniu cokolwiek więcej skomplikowanem rozwiązanie wykreślne jest bez porównania szybsze. W praktyce dla belek, używanych w konstrukcjach domowych i podobnych dokładność rozwiązania wykreślnego jest najzupełniej wystarczająca.

Wykreślne obliczenie belek w tych wypadkach ze względu na swą prostotę i szybkość jest najzupełniej wskazane.

§ 120. W wypadkach, gdy mamy do czynienia z siłami nierównoległymi i chodzi o wyznaczenie momentu sił należy się kierować ogólną regułą, podaną w § 95. Tak należałoby postąpić np. w wypadku gdybyśmy chcieli zastosować t zw. sposób Rittera /§ 41/ do rozwiązania wykreslnego. Rozpatrzmy np. kratownicę /rys. 152/, wystawioną na działanie wiatru z lewej strony. Chcemy znaleźć np. natężenie S w drugim przecie pasa górnego wykreslnie, sposobem Rittera. Przedewszystkiem znajdujemy reakcje podporowe. W tym celu budujemy dla sił $P_1 \dots P_5$



Rys. 152

wielobok sznurowy $\alpha_0 \alpha_1 \dots \alpha_6$, przeprowadzamy zamykając $\alpha_1 \alpha_6$ i znajdujemy reakcje R_1 i R_2 . Wyobrażamy sobie przecięcie SS i bierzemy względem punktu C sumę momentów sił przyłożonych do lewej części; otrzymamy znane równanie:

$$S \cdot h + M_c = 0,$$

gdzie h - ramię siły S , M_c - moment sił: R_1, R_2, P_2 względem punktu C . Moment ten znajdziemy wykreślnie. Wielobok sznurowy dla tych 3 sił już jest gotowy na rysunku, jest to część $\alpha_0 \alpha_1 \alpha_2 \alpha_3$ całego wieloboku sznurowego, pierwszym bokiem jest $\alpha_0 \alpha_1$, ostatnim $\alpha_2 \alpha_3$. Powyższe 3 siły posiadają wypadkową, której kierunek jest \underline{X} . Zgodnie z ogólną regułą /§ 95/, przeprowadzamy przez punkt C prostą Cb i zauważamy przecięcia m i n tej prostej z bokami $\alpha_0 \alpha_1$ i $\alpha_2 \alpha_3$. Budujemy odpowiednią odległość biegunową kb i otrzymujemy co do wielkości i znaku:

$$M_c = mn \cdot kb$$

Przeprowadzając jeszcze oś ramion Cp widzimy, że $mn > 0$, $kb > 0$, a więc $M_c > 0$. Znak ten jest oczywisty także bezpośrednio, gdyż wypadkowa przechodzi przez przecięcie boków

$\mathcal{L}_1, \mathcal{L}_2$ i $\mathcal{L}_2, \mathcal{L}_3$, t.j. nalewo od kratownicy i na zwrot względem punktu C zgodnie z ruchem wskazówki zegara, a więc moment jest dodatni.

Z powyższego równania otrzymujemy ostatecznie

$$S = - \frac{mn \cdot kb}{h}$$

OBCIĄŻENIE POŚREDNIE

§ 121. Rozpatrzone w poprzednich §§ wykresy momentów gnących i sił tnących dla belek dotyczą obciążenia t.zw. bezpośredniego, gdy zakładamy, że wszelki ciężar skupiony lub obciążenie ciągłe są zaczepione bezpośrednio do punktów belki.

W praktyce spotykamy jeszcze inny rodzaj obciążenia. W mostach kratowych np. obciążenie od pociągu przeważnie nie oddaje się bezpośrednio na dźwigary główne, lecz za pośrednictwem jezdni. Rozpatrzmy schemat konstrukcyjny mostu kratowego kolejowego jednotorowego z jezdnią górną /rys. 153/. Koła pociągu wywierają ciśnienia na szyny. Szyna zwykle opiera się na całym szeregu belek drownianych a, a' , t.zw. mostownice. Mostownice spoczywają na belkach podłużnych: b, b' ; c, c' ; d, d' ..., które są podparte przez belki po-