WYRAŻENIA ANALITYCZNE I TABLICE
MOMENTÓW BEZWŁADNOŚCI
i
MOMENTÓW WYTRZYMAŁOŚCI
PRZECIĘĆ KSZTAŁTU PODWÓJNEGO T

przez

Maurycego Hulewicza

Inżyniera, b. ucznia szkoły dróg i mostów w Paryżu, naczelnika wydziału budowl metalicznych przy drodze żelaznej „Grande Ceinture de Paris".

Wzory i tablice, których wydanie polskie przedstawiamy czytelnikom Przeglądu Technicznego [1]), odnoszą się do przecięć belek żelaznych, składających się ze ściany pionowej pełnej lub opatrzonej wycięciami, z kątowników i nakoniec z pasów poziomych (Tabl. VI, fig. 1).

Powyższe składowe części belki, złączone ze sobą za pośrednictwem nitów (gwoździaków), uważają się w zastosowaniach jako stanowiące jedną całość, tak jak gdyby belka ukutą lub odlaną została z jednej sztuki,—a założenie to sprawdza się dostatecznie w tych przypadkach, gdy natężenie sił międzycząsteczkowych nie przekracza granicy praktycznej wytrzymałości. Wiadomo jak długie i nieraz mozolne są rachunki, które wykonać należy gdy chodzi o oznaczenie wymiarów poprzecznych belki w ten sposób, aby otrzymać jednocześnie—i wytrzymałość żądaną budowli—i największą możebną oszczędność na metalu.

Obliczanie wytrzymałości daleko jest dłuższem i mozolniejszem w przypadku przecięć niesymetrycznych, cechujących szczególnie łuki sztywne, z powodu większej trudności w wyznaczeniu momentów bezwładności rozmaitych przecięć wchodzących w skład danego łuku. I tak np., jeżeli połowa cięciwy podzieloną została na dziesięć równych części, jak się to zwykle zakłada, wtedy na-

---

[1]) Pracę tę wydał autor w końcu zeszłego roku po francusku, w oddzielnej broszurze; niniejszy tekst polski ułożył obecnie dla naszego pisma z niektóremi zmianami. *(Przyp. Red.)*

leży wyznaczyć 10 momentów bezwładności dla części przecięć znajdujących się ponad linią środkową i tyleż momentów dla części niższych, co stanowi razem 20 wartości. W przypadkach takich, daje się szczególnie czuć brak podręcznika lub zbioru wzorów i wartości liczebnych, pozwalających na uproszczenie i skrócenie rachunków.

Tablice momentów wytrzymałości przecięć symetrycznych były już ogłaszane drukiem; przyczyniają się one do zmniejszenia rachunków wstępnych i ułatwiają oznaczenie wymiarów przecięcia. Pomimo znacznej swej objętości, tablice powyżej wspomniane, w wielu razach dają tylko wypadki przybliżone, albowiem układ przecięcia do którego rachunki są stosowane, nie zawsze odpowiada temu, jaki się ma na widoku w pewnym danym przypadku—i pomimo kolumn poprawek dodanych do niektórych tablic, często jest się zmuszonym wykonać całkowity rachunek ze względu na obrane przecięcie.

Co się zaś tyczy przecięć niesymetrycznych, to część ta nie była dostatecznie opracowaną—i w wydawnictwach mających za przedmiot wytrzymałość materyałów, nie znaleźliśmy ani jednej pracy, mogącej się przyczynić do uproszczenia rachunków.

Brak ten chcieliśmy zapełnić. Używając innej metody obliczania, byliśmy w możności roztrząsać prawie wszystkie przypadki, jakie się mogą przytrafić w zastosowaniach, sprowadzając jednocześnie do minimum liczbę spółczynników do wyznaczenia. Opierając się na ogólnej teoryi wytrzymałości materyałów, nadaliśmy kształt prostszy wyrażeniom momentów bezwładności i momentów wytrzymałości i ułożyliśmy w sposób treściwy szeregi spółczynników, za pomocą których wykonywając jedno lub dwa mnożenia bardzo proste i jedno dodawanie, otrzymać można z łatwością: albo wyrażenie momentu bezwładności w funkcyi wysokości h i h' przecięcia niesymetrycznego, albo też wartość liczebną momentu wytrzymałości przecięcia symetrycznego.

Wypadki w ten sposób otrzymane przedstawiają tęż samą dokładność jak wypadki wprost obliczone; wzory i spółczynniki stosują się do wszystkich wymiarów ściany pionowej pełnej i pasów poziomych, jak również i do wymiarów najwięcej używanych przy zastosowaniu ściany z wycięciami. Co się tyczy kątowników, to wybraliśmy z pomiędzy wielkiej liczby typów fabrykowanych te, które się nam najstosowniejszemi wydały do składu belek; ułożyliśmy je w porządku o ile można ciągłym podług wymiarów rosnących, zaczynając od typu kątowników $\frac{70 \,.\, 70}{7}$, poza który rzadko się schodzi w zastosowaniach, aż do typu $\frac{150 \,.\, 150}{22}$ wchodzącego do składu belek o znacznym otworze.

Praca którą przedstawiamy dzieli się na dwie części:

W pierwszej części traktowane są przecięcia niesymetryczne; zawiera ona wyrażenia momentów bezwładności tych przecięć w funkcyi ich wysokości h i h'. Te ostatnie spółczynniki zawarte są w granicach dość rozległych i wartości ich w zastosowaniach obliczają się zwykle z przybliżeniem 0,001 ^{m}, — niepodobna więc nam było nadać tym spółczynnikom wartości liczebnych, jak w przypadku przecięć symetrycznych, bez znacznego rozszerzenia zakresu niniejszej pracy; wyrażenia zresztą rozwinięte w tej części, w kształcie pod jakim je przedstawiamy, dając się zastosować do wielkiej liczby przypadków, przyczyniają się w znacznej części do zmniejszenia rachunków jakie wykonać należy, aby przyjść do wyrażenia momentu bezwładności danego przecięcia. Przy końcu tej części podaliśmy wyrażenia stosunku powierzchni $\frac{\Omega_1}{\Omega}$.

Druga część obejmuje przecięcia symetryczne, które cechują belki proste. Oprócz wyrażeń ogólnych momentów wytrzymałości w funkcyi wysokości $2h$ (Tabl. VI, fig. 2) wyliczyliśmy w tej części wartości liczebne tych momentów wytrzymałości, nadając na wysokość $2h$ wartości kolejne, różniące się o 0,05 ^{m} w granicach zawartych między $2h = 0{,}20^m$ i $2h = 1{,}00^m$ i następnie wartości kolejne różniące się o 0,10 ^{m} w granicach zawartych między $2h = 1{,}00^m$ i $2h = 10{,}00^m$; sądzimy więc iż wyczerpaliśmy wszystkie wysokości mogące się przydać w zastosowaniach.

Co do wysokości pośrednich zawartych pomiędzy wysokościami poprzedzającemi, nie uważaliśmy za stosowne wprowadzić je w rachunek; dwa bowiem a nawet i więcej przecięć sąsiednich stosownie dobranych, których wysokości różnią się o 0,05 ^{m} albo o 0,10 ^{m}, mogą zawsze każde z nich zrównoważyć dany moment zgięcia; wysokości pośrednie nie są więc niezbędnemi, tembardziej iż źle się one stosują do układu belek o ścianie kratowanej.

Taki jest układ i zakres niniejszego zbioru. Był on nam wielce użytecznym przy obliczaniu wytrzymałości projektów mostów, do zredagowania których byliśmy powołani; sądzimy więc, iż ogłoszenie go drukiem przynieść może pewną korzyść w zastosowaniach.

I.

Przecięcia niesymetryczne.

Przecięcie kształtu podwójnego **T**, którego środek ciężkości nie przypada na połowie jego wysokości, nazywa się przecięciem niesymetrycznem.

W praktyce daje się zwykle też same wymiary ścianie pionowej i kątownikom w obu częściach przecięcia; w tym razie tylko grubość pasów poziomych c i c' jest różną (Tabl. VI fig. 1), szerokość zaś ich a jest jednakową. Układ ten ma na celu uproszczenie konstrukcyi i rozkład materyału zastosowany do natężeń sił, którym belka ma przeciwstawić opór; wiadomo bowiem iż siły międzycząsteczkowe mają najwięks e natężenia na kończynach wyższej i niższej części przecięcia, czyli właśnie tam gdzie się znajdują pasy poziome.

Przecięcia z tego rodżaju układem cechują łuki sztywne i belki proste poddane jednocześnie ciśnieniu i zgięciu, do tej więc tylko kategoryi przecięć zastosujemy poniższe rachunki, zaczynając od wyznaczenia momentu bezwładności.

Rachunki jakie należy wykonać dla wyznaczenia momentu bezwładności przecięcia niesymetrycznego dadzą się podzielić na trzy części: z których

1-a ma na celu wyznaczenie rzędnych h i h' środka ciężkości przecięcia względem skrajnych krawędzi kątowników;

2-a wyprowadzanie wyrażenia momentu bezwładności przecięcia w funkcyi rzędnych h i h'.

3-a wykonanie działań ostatecznych, wstawiając w poprzednie wzory za h i h' odpowiednie wartości liczebne.

Przy rozwinięciu wzorów i układaniu tablic tej części naszej pracy wykonaliśmy tylko dwa pierwsze działania, otrzymaliśmy stąd szeregi wyrażeń, które zastosowane do każdego szczególnego przypadku upraszczają już znacznie obliczenia, ponieważ ze wszystkich działań które należałoby wykonać, pozostaje tylko uskutecznić mnożenie przez czynniki h i h'.

Wyznaczenie rzędnej środka ciężkości przecięcia niesymetrycznego.

Wzory ogólne. Niech będzie przecięcie niesymetryczne uwidocznione na fig. 1 (Tabl. VI). Ma ono podług przyjętego założenia też same wymiary z każdej strony osi obojętnej AB, z wyjątkiem grubości pasów które są: c w części wyższej przecięcia i c' w jego niższej części.

Chcąc wyznaczyć położenie osi obojętnej AB, przechodzącej przez środek ciężkości przecięcia, dostatecznem będzie wynaleźć jedną z odległości h lub h' oddzielających ją od skrajnych krawędzi kątowników. W poniższych rachunkach przyjęliśmy odległości h i h' zamiast całkowitych odległości $h + c$ lub $h' + c'$, ponieważ ogólne wyrażenia momentów w funkcyi pierwszych spółczynników dają się przedstawić w kształcie daleko prostszym. Drugie uproszczenie wzorów wynika z podziału przecięcia na prostokąty, wykazanego na fig. 1.

Wyrażenie dające wartość na h', otrzymać można, biorąc momenty wszystkich części przecięcia względem osi poziomej XX przechodzącej przez zewnętrzną krawędź pasa poziomego. Mając na uwadze, że moment wypadkowy równa się sumie momentów składowych, otrzymamy najprzód równanie następujące:

$$\Omega(h' + c') = \frac{a}{2}\left[2Hc + (c + c')^2\right] + (H + 2c')\,(a'c_1 + a''c_2 + ec_3), \quad (1)$$

w którem Ω oznacza całkowitą powierzchnię przecięcia, inne zaś litery wymiary takowego według fig. 1.

Odpowiednio do wymiarów przecięcia mamy:

$$\Omega = a\,(c + c') + 2\,(a'c_1 + a''c_2 + ec_3),$$

skąd:

$$a'c_1 + a''c_2 + ec_3 = \frac{\Omega}{2} - \frac{a}{2}\,(c + c').$$

Podstawiając powyższą wartość w równanie (1) i upraszczając, mieć będziemy:

$$\Omega\,(h' + c') = \Omega\left(\frac{H}{2} + c'\right) + \frac{a}{2}\,(c - c')\,(H + c + c'),$$

a stąd ostateczne wyrażenie dające wartość rzędnej h':

$$h' = \frac{H}{2} + \frac{a}{2\,\Omega}\,(c - c')\,(H + c + c') \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (2)$$

Postępując w podobny sposób otrzymamy:

$$h = \frac{H}{2} - \frac{a}{2\,\Omega}\,(c - c')\,(H + c + c') \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (3)$$

Za pomocą dwóch ostatnich wzorów, można otrzymać wartości rzędnych h lub h' dla wszystkich przecięć niesymetrycznych powyżej określonych; wzory te stosują się więc do wszelkich wymiarów tychże przecięć.

W poniższej tablicy (I) zastosowaliśmy wzór (3) do takiego przypadku gdy kolejne grubości pasów poziomych c i c' różnią się pomiędzy sobą o 0,01 ^{m}, i to zaczynając od zera a kończąc na 0,09 ^{m}; takowe zmiany wymiarów odpowiadają grubościom blach zwykle wyrabianych, które najczęściej wchodzą do ustroju belek. Grubość 0,09 ^{m} odpowiada granicy grubości blach nitowanych, do której rzadko się dochodzi w praktyce.

Tablica I. Wyrażenia rzędnych środka ciężkości przecięcia.

Grubości pasów poziomych		Wyrażenia $2h'$	Grubości pasów poziomych		Wyrażenia $2h'$
c	c'		c	c'	
0,00	0,01	$H - 0{,}01\frac{a}{\Omega}\,(H + 0{,}01)$	0,00	0,07	$H - 0{,}07\frac{a}{\Omega}\,(H + 0{,}07)$
	0,02	$H - 0{,}02\frac{a}{\Omega}\,(H + 0{,}02)$		0,08	$H - 0{,}08\frac{a}{\Omega}\,(H + 0{,}08)$
	0,03	$H - 0{,}03\frac{a}{\Omega}\,(H + 0{,}03)$		0,09	$H - 0{,}09\frac{a}{\Omega}\,(H + 0{,}09)$
	0,04	$H - 0{,}04\frac{a}{\Omega}\,(H + 0{,}04)$	0,01	0,02	$H - 0{,}01\frac{a}{\Omega}\,(H + 0{,}03)$
	0,05	$H - 0{,}05\frac{a}{\Omega}\,(H + 0{,}05)$		0,03	$H - 0{,}02\frac{a}{\Omega}\,(H + 0{,}04)$
	0,06	$H - 0{,}06\frac{a}{\Omega}\,(H + 0{,}06)$		0,04	$H - 0{,}03\frac{a}{\Omega}\,(H + 0{,}05)$

Grubości pasów poziomych c	c'	Wyrażenia $2h'$	Grubości pasów poziomych c	c'	Wyrażenia $2h'$
0,01	0,05	$H-0{,}04\frac{a}{\Omega}(H+0{,}06)$	0,03	0,09	$H-0{,}06\frac{a}{\Omega}(H+0{,}12)$
	0,06	$H-0{,}05\frac{a}{\Omega}(H+0{,}07)$	0,04	0,05	$H-0{,}01\frac{a}{\Omega}(H+0{,}09)$
	0,07	$H-0{,}06\frac{a}{\Omega}(H+0{,}08)$		0,06	$H-0{,}02\frac{a}{\Omega}(H+0{,}10)$
	0,08	$H-0{,}07\frac{a}{\Omega}(H+0{,}09)$		0,07	$H-0{,}03\frac{a}{\Omega}(H+0{,}11)$
	0,09	$H-0{,}08\frac{a}{\Omega}(H+0{,}10)$		0,08	$H-0{,}04\frac{a}{\Omega}(H+0{,}12)$
0,02	0,03	$H-0{,}01\frac{a}{\Omega}(H+0{,}05)$		0,09	$H-0{,}05\frac{a}{\Omega}(H+0{,}13)$
	0,04	$H-0{,}02\frac{a}{\Omega}(H+0{,}06)$	0,05	0,06	$H-0{,}01\frac{a}{\Omega}(H+0{,}11)$
	0,05	$H-0{,}03\frac{a}{\Omega}(H+0{,}07)$		0,07	$H-0{,}02\frac{a}{\Omega}(H+0{,}12)$
	0,06	$H-0{,}04\frac{a}{\Omega}(H+0{,}08)$		0,08	$H-0{,}03\frac{a}{\Omega}(H+0{,}13)$
	0,07	$H-0{,}05\frac{a}{\Omega}(H+0{,}09)$		0,09	$H-0{,}04\frac{a}{\Omega}(H+0{,}14)$
	0,08	$H-0{,}06\frac{a}{\Omega}(H+0{,}10)$	0,06	0,07	$H-0{,}01\frac{a}{\Omega}(H+0{,}13)$
	0,09	$H-0{,}07\frac{a}{\Omega}(H+0{,}11)$		0,08	$H-0{,}02\frac{a}{\Omega}(H+0{,}14)$
0,03	0,04	$H-0{,}01\frac{a}{\Omega}(H+0{,}07)$		0,09	$H-0{,}03\frac{a}{\Omega}(H+0{,}15)$
	0,05	$H-0{,}02\frac{a}{\Omega}(H+0{,}08)$	0,07	0,08	$H-0{,}01\frac{a}{\Omega}(H+0{,}15)$
	0,06	$H-0{,}03\frac{a}{\Omega}(H+0{,}09)$		0,09	$H-0{,}02\frac{a}{\Omega}(H+0{,}16)$
	0,07	$H-0{,}04\frac{a}{\Omega}(H+0{,}10)$	0,08	0,09	$H-0{,}01\frac{a}{\Omega}(H+0{,}17)$
	0,08	$H-0{,}05\frac{a}{\Omega}(H+0{,}11)$			

Powyższa tablica obliczoną została w przypuszczeniu iż $c < c'$, można jednakże za pomocą wyrażeń w niej zawartych wyznaczyć wszystkie inne wartości rzędnych $2h'$ w przypadkach odpowiadających $c > c'$; dostatecznem będzie w tym razie uważać wysokość h' jako h przypadków poprzednich, czyli co wycho dzi na jedno, zmienić znak drugich wyrazów w wyrażeniach na h

Przykład. Niech będzie do wyznaczenia szereg wartości h' przecięć łuku sztywnego, mających wymiary następujące:
grubość ściany pionowej $e = 0{,}01^{m}$,
. szerokość pasów poziomych $a = 0{,}30$,
wymiary kątowników $\frac{90\,.\,90}{10}$.

Przypuśćmy nadto, iż ściana pionowa łuku jest pełną w jego środkowej części około klucza, a opatrzoną wycięciami w częściach bocznych ku przyczółkom, tak iż $c_3 = 0{,}40$, a dalej iż pasy poziome składają się z pewnej liczby blach o grubości 0,01, rozłożonych w ten sposób, iż całkowita grubość pasów zewnętrznych w kluczu $c = 0{,}05$, zmniejsza się ku przyczołkóm stopniowo za każdym razem o $0{,}01^{m}$, podczas gdy grubość pasów wewnętrznych w kluczu $c' = 0{,}01^{m}$, zwiększa się w podobny sposób o $0{,}01^{m}$ i dochodzi na przyczółkach do grubości $c' = 0{,}05^{m}$; taka zmiana w grubości pasów urzeczywistnia się w ten sposób, iż w częściach bocznych łuku w punktach odpowiadających podziałom cięciwy na części równe, powierzchnia przecięć Ω jest stałą.

Jeżeli wprowadzimy do odpowiednich wzorów tablicy I określone wartości, wtedy otrzymamy następujące wyniki:

a) W części środkowej łuku gdzie ściana pionowa jest pełną:

$$\text{dla } \left.\begin{matrix} c = 0{,}05 \\ c' = 0{,}01 \end{matrix}\right\} \text{ mamy } \Omega = 0{,}0248 + 0{,}01\,H, \text{ i następnie } h' = \frac{H}{2} + \frac{1200\,H + 72}{2000\,H + 4960}$$

$$\left.\begin{matrix} c = 0{,}04 \\ c' = 0{,}01 \end{matrix}\right\} \;\text{„}\; \Omega = 0{,}0218 + 0{,}01\,H \quad \text{„} \quad h' = \frac{H}{2} + \frac{900\,H + 45}{2000\,H + 4360}$$

$$\left.\begin{matrix} c = 0{,}03 \\ c' = 0{,}02 \end{matrix}\right\} \;\text{„}\; \Omega = 0{,}0218 + 0{,}01\,H \quad \text{„} \quad h' = \frac{H}{2} + \frac{300\,H + 15}{2000\,H + 4360}$$

b) W częściach bocznych łuku gdzie ściana pionowa jest opatrzoną wycięciami i gdzie przecięcie Ω jest stałem, wyrażenia tablicy I upraszczają się i mamy w tym razie:

$$\Omega = 0{,}0298$$

nadto dla

$$c = 0{,}03 \;\; c' = 0{,}02 \text{ mamy } h' = \frac{3280\,H + 15}{5960}$$

$$c = 0{,}02 \;\; c' = 0{,}03 \quad \text{„} \quad h' = \frac{2680\,H - 15}{5960}$$

$$c = 0{,}01 \;\; c' = 0{,}04 \quad \text{„} \quad h' = \frac{2080\,H - 45}{5960}$$

$$c = 0{,}00 \;\; c' = 0{,}05 \quad \text{„} \quad h' = \frac{1480\,H - 75}{5960}$$

Wyrażenia momentów bezwładności.

Wzory ogólne. Uważajmy część przecięcia kształtu podwójnego **T** określonego powyżej, tę naprzykład, która się znajduje ponad linią AB przechodzącą przez środek ciężkości całkowitego przecięcia (Tabl. VI fig. 2).

Wyrażenie momentu bezwładności I uważanej części przecięcia względem linii AB, podawane zwykle w kursach mechaniki stosowanej, jest następujące:

$$I = \frac{1}{3}\left[ab^3 - a_1 b'^3 - a' b''^3 - a'' b'''^3 - e b''''^3\right]$$

Obliczenie wartości na I, według powyższego wzoru, zastosowanego do pewnego szczególnego przypadku, wymaga poprzedniego wyznaczenia pięciu sześcianów; zmiana wymiarów poprzecznych przecięcia, pociąga za sobą zmianę większej części iloczynów cząstkowych i nakoniec najmniejsza zmiana wysokości b przy tychże samych innych wymiarach, wywołuje potrzebę obliczenia na nowo wszystkich sześcianów, a więc całkowitego przerobienia rachunków, te zaś które były wykonane poprzednio, pozostają bez najmniejszego użytku w uważanym przypadku.

Chcąc uczynić możebnem zastosowanie rachunków raz wykonanych do jak największej liczby przypadków, nadaliśmy inny kształt powyższemu wyrażeniu momentu bezwładności, a mianowicie: wyraziliśmy w niem wszystkie wysokości b w funkcyi wysokości b' którą nazwaliśmy ogólnie przez h, i w funkcyi wymiarów c,—wymiary zaś poprzeczne $a\,a,\ldots$ wskazane na fig. 2 zastąpiliśmy wymiarami odpowiedniemi wskazanemi na fig. 3.

Po wykonaniu podstawień i uproszczeń, powyższy wzór przybiera kształt następujący:

$$I = (ac + a'c_1 + a''c_2 + ec_3)\,h^2 + (ac^2 - a'c_1{}^2 - a''c_2{}^2 - ec_3{}^2)\,h + \\ + \tfrac{1}{3}\,(ac^3 + a'c_1{}^3 + a''c_2{}^3 + ec_3{}^3) \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (4)$$

Za pomocą ostatniego lub przedostatniego wzoru można również otrzymać wartość momentu bezwładności, niższej części przecięcia, znajdującej się pod linią AB; dostatecznem będzie w tym razie uważać wysokości h jako h' i nadać grubości c wartości odpowiadające c', a summa w ten sposób otrzymanych dwóch cząstkowych momentów bezwładności, da wartość momentu bezwładności całkowitego przecięcia względem tejże linii AB. Summa ta jest zawsze łatwą do otrzymania, poprzestaniemy więc tylko na rozwinięciu wzorów, odnoszących się do wyższej części przecięcia.

Wzór (4) przedstawia już znaczne uproszczenie, nadając bowiem spółczynnikom zawartym w nawiasach wartości liczebne, odpowiednie wymiarom przecięcia, otrzymamy wyrażenie momentu bezwładności w funkcyi h, to jest stosujące się do wszelkich wysokości takowego. Pomimo to przecież zastosowanie wprost tak uproszczczonego wzoru jest jeszcze dość mozolnem, albowiem stosuje się on do pewnego tylko przypadku wymiarów kątowników, ścian pionowych i pasów poziomych; chcąc więc wyczerpać liczbę przypadków, zawartą pomiędzy pewnemi granicami wymiarów przecięcia, należałoby wykonać liczbę rachunków równającą się liczbie odmian, jaką mogą przedstawiać rozmaite wymiary przecięcia zawarte w tych granicach i utworzyć tym sposobem obszerne tomy.

Sądziliśmy iż możebnem będzie uprościć rachunek i objąć jednocześnie znaczną liczbę przykładów, przyjmując sposób działania wskazany poniżej i zostawiając następnie niektóre czynniki w formie ogólnej.

Postępując tą drogą, otrzymaliśmy w kształcie treściwym szeregi spółczynników, mogące być zastosowanymi do wszelkiej kombinacyi wymiarów przecięcia (z wyjątkiem tylko wymiarów niektórych kątowników, nie uważanych jako niezbędne w zastosowaniach). Obliczone spółczynniki nie dają wprawdzie liczebnych ostatecznych wartości momentów bezwładności, ale takowe otrzymać łatwo wykonywując działania bardzo proste, jak o tem już powyżej wspomnieliśmy.

Metoda, którą zastosowaliśmy do obliczeń, polega na rozłożeniu wzoru (4) na trzy części odpowiadające trzem głównym podziałom przecięcia, czyli na oddzielnem obliczaniu wyrażeń momentów bezwładności ściany pionowej, kątowników i pasów poziomych. Każdej z tych części nadać można rozwinięcia, które trudno byłoby zastosować do całkowitego wzoru (4).

Oznaczywszy tedy przez I_a, I_c i I_s cząstkowe momenty bezwładności ściany pionowej, kątowników i pasów poziomych otrzymamy ogólne wyrażenie:

$$I = I_a + I_c + I_s\,.$$

Aby otrzymać ostateczne wyrażenie momentu bezwładności w funkcyi wysokości h, dostatecznem będzie wybrać w tablicach podanych poniżej, równania odpowiadające danemu przecięciu, zastosować je do uważanego przypadku i dodać odpowiednie wyrazy tych równań, przyjmując tylko niezbędną ilość dziesiętnych. Otrzymamy w ten sposób szereg równań prostych, podobnych do wskazanych w przykładzie, jaki w dalszym ciągu naszej pracy podajemy.

a). Moment bezwładności ściany pionowej.

Wyrażenie momentu bezwładności ściany pionowej przecięcia względem osi obojętnej AB, otrzyma się z wzoru (4), zachowując w nim tylko czynniki e i c_3 i usuwając pozostałe czynniki;—po przekształceniu, wzór ten przedstawi się w kształcie następującym:

$$I_a = e c_3 \left(h^2 - c_3 h + \frac{c_3^2}{3}\right) \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; (5)$$

Wzór (5) stosuje się do wszelkich wymiarów ściany pionowej. Kładąc w tym wzorze $c_3 = h$, otrzymamy wyrażenia momentów bezwładności, odpowiadające przypadkowi ściany pełnej; podstawiając zaś za c_3 wartości przyjęte w praktyce, otrzymamy wyrażenia tegoż momentu odpowiadające przypadkom ściany opatrzonej wycięciami. Stosując wzór (5) do tych ostatnich przypadków, przyjęliśmy dla c_3 wartości kolejne różniące się pomiędzy sobą o 0,05, a zawarte pomiędzy $c_3 = 0{,}20$ i $c_3 = 1{,}00^{\text{m}}$. Powyższe wysokości wzięte w liczbach okrągłych, nadają się najlepiej tak do wyrobu blach, jako też i do dobrego rozkładu nitów przytwierdzających sztaby ściany pionowej; można więc z łatwością usunąć wszystkie wysokości pośrednie.

Co się tyczy grubości ściany e, to takowa odpowiada wymiarowi blach będących w użyciu. Z pomiędzy rozmaitych wartości liczebnych tego wymiaru, wybraliśmy cztery główne, które szczególniej nadają się do ustroju belek prostych i łuków. Wypadki odpowiadające innym grubościom otrzymać można łatwo, mnożąc wyrazy drugiej kolumny Tablicy II, przez odpowiedni spółczynnik.

W celu zmniejszenia liczby dziesiętnych, jak również dla ułatwienia użycia tablic następnych, pomnożyliśmy przez 1 000 000 spółczynniki liczebne równań w nich zawartych; dla ułatwienia zaś dodawań i zachowania wartości dokładnych, pozostawiliśmy kształt ułamkowy trzecim wyrazom tychże równań, pomimo iż w niektórych przypadkach są one podzielnemi przez 3, — dzielenie to wykonać można po dodaniu trzech wyrażeń odpowiadających danemu przecięciu, i w ten sposób otrzymać będzie można iloczyn z żądanem przybliżeniem.

Tablica II. Momenty bezwładności ściany pionowej.

Wysokości	Wyrażenia dla 1 000 000 I_a, skoro grubość ściany e wynosi:	
c_3	0,008	0,010
h	$\frac{8000}{3}h^3$	$\frac{10000}{3}h^3$
0,20	$1600h^2 - 320h + \frac{64}{3}$	$2000h^2 - 400h + \frac{80}{3}$
0,25	$2000h^2 - 520h + \frac{125}{3}$	$2500h^2 - 625h + \frac{156{,}25}{3}$
0,30	$2400h^2 - 720h + \frac{216}{3}$	$3000h^2 - 900h + \frac{270}{3}$
0,35	$2800h^2 - 980h + \frac{343}{3}$	$3500h^2 - 1225h + \frac{428{,}75}{3}$
0,40	$3200h^2 - 1280h + \frac{512}{3}$	$4000h^2 - 1600h + \frac{640}{3}$
0,45	$3600h^2 - 1620h + \frac{729}{3}$	$4500h^2 - 2025h + \frac{911{,}25}{3}$
0,50	$4000h^2 - 2000h + \frac{1000}{3}$	$5000h^2 - 2500h + \frac{1250}{3}$
0,55	$4400h^2 - 2420h + \frac{1331}{3}$	$5500h^2 - 3025h + \frac{1663{,}75}{3}$
0,60	$4800h^2 - 2880h + \frac{1728}{3}$	$6000h^2 - 3600h + \frac{2160}{3}$

Wysokości c_3	Wyrażenia dla 1 000 000 I_a skoro grubość ściany e wynosi: 0,008	0,010
0,65	$5200h^2 - 3380h + \frac{2197}{3}$	$6500h^2 - 4225h + \frac{2746,25}{3}$
0,70	$5600h^2 - 3920h + \frac{2744}{3}$	$7000h^2 - 4900h + \frac{3430}{3}$
0,75	$6000h^2 - 4500h + \frac{3375}{3}$	$7500h^2 - 5625h + \frac{4218,75}{3}$
0,80	$6400h^2 - 5120h + \frac{4096}{3}$	$8000h^2 - 6400h + \frac{5120}{3}$
0,85	$6800h^2 - 5780h + \frac{4913}{3}$	$8500h^2 - 7225h + \frac{6141,25}{3}$
0,90	$7200h^2 - 6480h + \frac{5832}{3}$	$9000h^2 - 8100h + \frac{7290}{3}$
0,95	$7600h^2 - 7220h + \frac{6859}{3}$	$9500h^2 - 9025h + \frac{8573,75}{3}$
1,00	$8000h^2 - 8000h + \frac{8000}{3}$	$10000h^2 - 10000h + \frac{10000}{3}$
	0,012	0,015
h	$4000h^3$	$5000h^3$
0,20	$2400h^2 - 480h + \frac{96}{3}$	$3000h^2 - 600h + \frac{120}{3}$
0,25	$3000h^2 - 750h + \frac{187,5}{3}$	$3750h^2 - 937,5h + \frac{234,375}{3}$
0,30	$3600h^2 - 1080h + \frac{324}{3}$	$4500h^2 - 1350h + \frac{405}{3}$
0,35	$4200h^2 - 1470h + \frac{514,5}{3}$	$5250h^2 - 1837,5h + \frac{643,125}{3}$
0,40	$4800h^2 - 1920h + \frac{768}{3}$	$6000h^2 - 2400h + \frac{960}{3}$
0,45	$5400h^2 - 2430h + \frac{1093,5}{3}$	$6750h^2 - 3037,5h + \frac{1366,875}{3}$
0,50	$6000h^2 - 3000h + \frac{1500}{3}$	$7500h^2 - 3750h + \frac{1875}{3}$
0,55	$6600h^2 - 3630h + \frac{1996,5}{3}$	$8250h^2 - 4537,5h + \frac{2495,625}{3}$
0,60	$7200h^2 - 4320h + \frac{2592}{3}$	$9000h^2 - 5400h + \frac{3240}{3}$
0,65	$7800h^2 - 5070h + \frac{3295,5}{3}$	$9750h^2 - 6337,5h + \frac{4119,375}{3}$

Wysokości e_3	Wyrażenia dla 1 000 000 I_a skoro grubość ściany e wynosi: 0,012	0,015
0,70	$8400h^2 - 5880h + \frac{4116}{3}$	$10500h^2 - 7350h + \frac{5145}{3}$
0,75	$9000h^2 - 6750h + \frac{5062,5}{3}$	$11250h^2 - 8437,5h + \frac{6328,125}{3}$
0,80	$9600h^2 - 7680h + \frac{6144}{3}$	$12000h^2 - 9600h + \frac{7680}{3}$
0,85	$10200h^2 - 8670h + \frac{7369,5}{3}$	$12750h^2 - 10837,5h + \frac{9211,875}{3}$
0,90	$10800h^2 - 9720h + \frac{8748}{3}$	$13500h^2 - 12150h + \frac{10935}{3}$
0,95	$11400h^2 - 10830h + \frac{10288,5}{3}$	$14250h^2 - 13537,5h + \frac{12860,625}{3}$
1,00	$12000h^2 - 12000h + \frac{12000}{3}$	$15000h^2 - 15000h + \frac{15000}{3}$

b). Momenty bezwładności kątowników.

Wyrażenie momentu bezwładności kątowników otrzymać można z wzoru (4), pozostawiając w takowym tylko czynniki $a'c_1$ $a''c_2$, a usuwając pozostałe, otrzymamy stąd następujący wzór ogólny:

$$I_c = (a'c_1 + a''c_2)\,h^2 - (a'c_1{}^2 + a''c_2{}^2)\,h + \tfrac{1}{3}\,(a'c_1{}^3 + a''c_2{}^3)$$

Stosując wzór powyższy do kątowników najczęściej używanych, ułożyliśmy tablicę III. Kątowniki o ramionach nierównych zastosowywane szczególnie w tych przypadkach gdy brakuje wysokości, umieszczone są w ten sposób iż dłuższe ich ramiona są poziome, albowiem w tem położeniu nadają one większą wytrzymałość belce.

Tablica III. Momenty bezwładności kątowników.

Wymiary kątowników	Wyrażenia 1 000 000 I_c.
$\frac{70\,.\,70}{7}$	$1862\,h^2 - 74,774\,h + \frac{4,845\,218}{3}$
$\frac{70\,.\,70}{9}$	$2358\,h^2 - 98,082\,h + \frac{6,262\,438}{3}$
$\frac{80\,.\,60}{7}$	$1862\,h^2 - 57,554\,h + \frac{3,074\,078}{3}$
$\frac{80\,.\,60}{10}$	$2600\,h^2 - 86,000\,h + \frac{4,46}{3}$

Wymiary kątowników	Wyrażenia 1 000 000 I_c .
$\frac{80 . 60}{11}$	$2838\,h^2 - 95{,}898\,h + \frac{4{,}935\,678}{3}$
$\frac{90 . 70}{10}$	$3000\,h^2 - 114{,}000\,h + \frac{7{,}02}{3}$
$\frac{90 . 70}{12}$	$3552\,h^2 - 140{,}064\,h + \frac{8{,}501\,568}{3}$
$\frac{100 . 80}{9}$	$3078\,h^2 - 129{,}942\,h + \frac{9{,}348\,678}{3}$
$\frac{100 . 80}{12}$	$4032\,h^2 - 178{,}944\,h + \frac{12{,}592\,128}{3}$
$\frac{80 . 80}{8}$	$2432\,h^2 - 111{,}616\,h + \frac{8{,}265\,728}{3}$
$\frac{80 . 80}{10}$	$3000\,h^2 - 142{,}000\,h + \frac{10{,}38}{3}$
$\frac{80 . 80}{11}$	$3278\,h^2 - 157{,}498\,h + \frac{11{,}447\,678}{3}$
$\frac{90 . 90}{10}$	$3400\,h^2 - 178{,}000\,h + \frac{14{,}74}{3}$
$\frac{90 . 90}{12}$	$4032\,h^2 - 216{,}864\,h + \frac{17{,}765\,568}{3}$
$\frac{90 . 90}{15}$	$4950\,h^2 - 276{,}75\,h + \frac{22{,}376\,250}{3}$
$\frac{100 . 100}{12}$	$4512\,h^2 - 265{,}344\,h + \frac{24{,}304\,128}{3}$
$\frac{100 . 100}{15}$	$5550\,h^2 - 338{,}250\,h + \frac{30{,}573\,750}{3}$
$\frac{100 . 100}{18}$	$6552\,h^2 - 413{,}136\,h + \frac{36{,}956\,448}{3}$
$\frac{125 . 125}{13}$	$6162\,h^2 - 444{,}106\,h + \frac{51{,}273\,378}{3}$
$\frac{125 . 125}{15}$	$7050\,h^2 - 518{,}250\,h + \frac{59{,}336\,250}{3}$
$\frac{125 . 125}{18}$	$8352\,h^2 - 631{,}836\,h + \frac{71{,}560\,548}{3}$
$\frac{150 . 150}{18}$	$10152\,h^2 - 895{,}536\,h + \frac{123{,}039\,648}{3}$
$\frac{150 . 150}{20}$	$11200\,h^2 - 1004{,}000\,h + \frac{137{,}08}{3}$
$\frac{150 . 150}{22}$	$12232\,h^2 - 1113{,}904\,h + \frac{151{,}225\,888}{3}$

c). **Momenty bezwładności pasów poziomych.**

Zachowując we wzorze (4) czynniki a i c a usuwając pozostałe, otrzymamy następujące wyrażenie momentu bezwładności pasów poziomych.

$$I_s = ac\left(h^2 + ch + \frac{c^2}{3}\right) \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (7)$$

Ażeby wyrażenie powyższe było jeszcze bardziej ogólnem, pozostawiliśmy w takowem szerokość a nieokreśloną, moment bezwładności odpowiadający jakiejkolwiek szerokości a otrzyma się z łatwością z powyższej tablicy za pomocą prostego mnożenia.

Co się tyczy grubości pasów c_3 to przyjęliśmy iż takowa składa się z pewnej liczby blach, mających 0,01 ^{m} grubości i zawartą jest pomiędzy 0,01 ^{m} i 0,09 ^{m}.

Tablica IV. Momenty bezwładności pasów poziomych.

Grubości pasów c_3	Wyrażenia $1\,000\,000\ \frac{I_s}{a}$
0,01	$10{,}000\, h^2 + 100\, h + \frac{1}{3}$
0,02	$20{,}000\, h^2 + 400\, h + \frac{8}{3}$
0,03	$30{,}000\, h^2 + 900\, h + \frac{27}{3}$
0,04	$40{,}000\, h^2 + 1{,}600\, h + \frac{64}{3}$
0,05	$50{,}000\, h^2 + 2{,}500\, h + \frac{125}{3}$
0,06	$60{,}000\, h^2 + 3{,}600\, h + \frac{216}{3}$
0,07	$70{,}000\, h^2 + 4{,}900\, h + \frac{343}{3}$
0,08	$80{,}000\, h^2 + 6{,}400\, h + \frac{512}{3}$
0,09	$90{,}000\, h^2 + 8{,}100\, h + \frac{729}{3}$

Przykład. Niech będzie do wyznaczenia szereg równań momentów bezwładności przecięć belki, której wymiary poprzeczne są następujące:

ściana pionowa $c_3 = 0{,}400\ ^m$, $e = 0{,}010\ ^m$,

kątowniki . . $\frac{90\ .\ 90}{10}$,

pasy poziome. $a = 0{,}30$, $c = n\ 0{,}01\ ^m$.

Dodając odpowiednie wyrazy równań tablicy II i III stosujące się do powyższych wymiarów ściany pionowej i kątowników, otrzymamy następujące wyrażenie momentu bezwładności I_o dla przecięć bez pasów poziomych:

$$I_o = I_a + I_c = \frac{7400h^2 - 1778h + 218,247}{1\,000\,000}$$

mnożąc zaś przez 0,30 m równania zawarte w tablicy VI i dodając takowe do poprzedzającego, otrzymamy następujące kolejne wartości dla:

$$c = 0,01 \quad I_1 = \frac{10400h^2 - 1718h + 218,347}{1\,000\,000}$$

$$c = 0,02 \quad I_2 = \frac{13400h^2 - 1658h + 219,007}{1\,000\,000}$$

$$c = 0,03 \quad I_3 = \frac{16400h^2 - 1508h + 220,947}{1\,000\,000}$$

$$c = 0,04 \quad I_4 = \frac{19400h^2 - 1208h + 224,647}{1\,000\,000}$$

$$c = 00,5 \quad I_5 = \frac{22400h^2 - 1028h + 230,747}{1\,000\,000}$$

Wyznaczenie momentu wyższej części przecięcia względem linii pośredniej AB.

Przy obliczaniu wytrzymałości ściany pionowej łuku lub belki prostej, niezbędnem jest wyznaczyć poprzednio wartość momentu dla części każdego uważanego przecięcia, znajdującej się ponad linią pośrednią AB i względem tejże linii. Tablice podane poniżej pozwalają otrzymać z wszelką łatwością wartość szukanego momentu.

Oznaczywszy przez Ω_1 powierzchnię części przecięcia znajdującej się ponad linią pośrednią AB (Tabl. VI fig. 3) i przez v_2 odległość jej środka ciężkości od tejże linii, moment szukany wyrazi się ogólnie przez $\Omega_1 v_2$. Biorąc następnie momenty wszystkich składowych części uważanego przecięcia względem linii pośredniej i wyrażając iż moment wypadkowy równa się sumie momentów składowych, otrzymamy następujące ogólne równanie:

$$\Omega_1 v_2 = e c_3 \left(h - \frac{c_3}{2}\right) + (a'c_1 + a''c_2)\,h - \tfrac{1}{2}(a'c_1{}^2 + a''c_2{}^2) + a c \left(h + \frac{c}{2}\right) \quad (8)$$

Powyższy wzór podobnie jak wzór (4) rozkłada się w zastosowaniach na trzy części, odpowiadające trzem głównym składowym częściom przecięcia. Tablice V, VI i VII, zawierające rozwinięcia każdej z tych części, pozwalają wyznaczyć wartości momentu s $\Omega_1 v_2$ w funkcyi wysokości h w bardzo wielu przypadkach. W tablicach tych, podobnie jak w poprzedzających, wyniki obliczenia pomnożone zostały przez 10 000 000.

Tablica V. Momenty ściany pionowej.

Wysokości c_3	Wyrażenia $1\,000\,000\left(h-\frac{c_3}{2}\right)ec_3$, gdy grubość e wynosi: 0,008	0,010
h	$4000\,h^2$	$5000\,h^2$
0,20	$1600\,h$ — 160	$2000\,h$ — 200
0,30	$2400\,h$ — 360	$3000\,h$ — 450
0,40	$3200\,h$ — 640	$4000\,h$ — 800
0,45	$3600\,h$ — 810	$4500\,h$ — 1012,5
0,50	$4000\,h$ — 1000	$5000\,h$ — 1250
0,55	$4400\,h$ — 1210	$5500\,h$ — 1512,5
0,60	$4800\,h$ — 1440	$6000\,h$ — 1800
0,65	$5200\,h$ — 1690	$6500\,h$ — 2112,5
0,70	$5600\,h$ — 1960	$7000\,h$ — 2450
0,75	$6000\,h$ — 2250	$7500\,h$ — 2812,5
0,80	$6400\,h$ — 2560	$8000\,h$ — 3200
0,85	$6800\,h$ — 2890	$8500\,h$ — 3612,5
0,90	$7200\,h$ — 3240	$9000\,h$ — 4050
0,95	$7600\,h$ — 3610	$9500\,h$ — 4512,5
1,00	$8000\,h$ — 4000	$10000\,h$ — 5000

Wysokości c_3	0,012	0,015
h	$6000\,h^2$	$7500\,h^2$
0,20	$2400\,h$ — 240	$3000\,h$ — 300
0,30	$3600\,h$ — 540	$4500\,h$ — 675
0,40	$4800\,h$ — 960	$6000\,h$ — 1200
0,45	$5400\,h$ — 1215	$6750\,h$ — 1518,75
0,50	$6000\,h$ — 1500	$7500\,h$ — 1875
0,55	$6600\,h$ — 1815	$8250\,h$ — 2268,75
0,60	$7200\,h$ — 2160	$9000\,h$ — 2700
0,65	$7800\,h$ — 2535	$9750\,h$ — 3168,75
0,70	$8400\,h$ — 2940	$10500\,h$ — 3675
0,75	$9000\,h$ — 3375	$11250\,h$ — 4218,75
0,80	$9600\,h$ — 3840	$12000\,h$ — 4800
0,85	$10200\,h$ — 4335	$12750\,h$ — 5418,75
0,90	$10800\,h$ — 4860	$13500\,h$ — 6075
0,95	$11400\,h$ — 5415	$14250\,h$ — 6668,75
1,00	$12000\,h$ — 6000	$15000\,h$ — 7500

Tablica VI. Momenty kątowników.

Wymiary kątowników	Wyrażenia $1\,000\,000\,[(a'c_1 + a''c_2)h - \frac{1}{2}(a'c_1^2 + a''c_2^2)]$	Wymiary kątowników	Wyrażenia $1\,000\,000\,[(a'c_1 + a''c_2)h - \frac{1}{2}(a'c_1^2 + a''c_2^2)]$
$\frac{70 . 70}{7}$	$1862\,h - 37{,}387$	$\frac{90 . 90}{10}$	$3400\,h - 89{,}000$
$\frac{70 . 70}{9}$	$2358\,h - 49{,}041$	$\frac{90 . 90}{12}$	$4032\,h - 108{,}432$
$\frac{80 . 60}{7}$	$1862\,h - 28{,}777$	$\frac{90 . 90}{15}$	$4950\,h - 138{,}375$
$\frac{80 . 60}{10}$	$2600\,h - 43{,}000$	$\frac{100 . 100}{12}$	$4512\,h - 132{,}672$
$\frac{80 . 60}{11}$	$2838\,h - 47{,}949$	$\frac{100 , 100}{15}$	$5550\,h - 169{,}125$
$\frac{90 . 70}{10}$	$3000\,h - 57{,}000$	$\frac{100 . 100}{18}$	$6552\,h - 206{,}568$
$\frac{90 . 70}{12}$	$3552\,h - 70{,}032$	$\frac{125 . 125}{13}$	$6162\,h - 222{,}053$
$\frac{100 . 80}{9}$	$3078\,h - 64{,}971$	$\frac{125 . 125}{15}$	$7050\,h - 259{,}125$
$\frac{100 . 80}{12}$	$4032\,h - 89{,}472$	$\frac{125 . 125}{18}$	$8352\,h - 315{,}918$
$\frac{80 . 80}{8}$	$2432\,h - 55{,}808$	$\frac{150 . 150}{18}$	$10152\,h - 447{,}768$
$\frac{80 . 80}{10}$	$3000\,h - 71{,}000$	$\frac{150 . 150}{20}$	$11200\,h - 502{,}000$
$\frac{80 . 80}{11}$	$3278\,h - 78{,}749$	$\frac{150 . 150}{22}$	$12232\,h - 556{,}952$

Tablica VII. Momenty pasów poziomych.

Grubość pasów c.	Wyrażenia $1\,000\,000\,ac\left(h + \frac{c}{2}\right)$ gdy $a = 1$
0,01	$10\,000\,h + 50$
0,02	$20\,000\,h + 200$
0,03	$30\,000\,h + 450$
0,04	$40\,000\,h + 800$
0,05	$50\,000\,h + 1250$
0,06	$60\,000\,h + 1800$
0,07	$70\,000\,h + 2450$
0,08	$80\,000\,h + 3200$
0,09	$90\,000\,h + 4050$

Przykład. Niech będzie do wyznaczenia szereg wartości momentu $\Omega_1 v_2$ wyższej części przecięcia, którego wymiary poprzeczne takież same jak w przykładzie poprzedzającym, są następujące:

wymiary ściany pionowej: $a = 0{,}010, c_3 = 0{,}400$,

„ kątowników. . $\frac{90 \,.\, 90}{10}$,

„ pasów poziomych: $a = 0{,}300, c = n\ 0{,}010$.

Dodając odpowiednie wartości, zawarte w tablicach V i VI, otrzymamy wyrażenia momentu dla przecięcia złożonego ze ściany pionowej i kątowników, czyli dla przypadku $c = 0$.

$$\Omega_1 v_2 = \frac{7400h - 889}{1\,000\,000}.$$

Mnożąc zaś przez 0,30 wyrażenia tablicy VII i dodając otrzymany iloczyn do powyższej wartości, będziemy mieli następujące wartości:

$$\text{dla } c = 0{,}01 \quad \Omega_1 v_2 = \frac{10400h - 874}{1\,000\,000}$$

$$\text{„ } c = 0{,}02 \quad \Omega_1 v_2 = \frac{13400h - 829}{1\,000\,000}$$

$$\text{„ } c = 0{,}03 \quad \Omega_1 v_2 = \frac{16400h - 754}{1\,000\,000}$$

Podobne równania zestawione dla każdego z szczególnych przypadków rozbieranych powyżej, ułatwią wyznaczenie wartości momentu $\Omega_1 v_2$ w funkcyi wysokości h. Wyznaczenie liczębnej wartości tego momentu nie przedstawia trudności, albowiem czynnik h znanym jest z poprzedniego obliczania momentów bezwładności.

Wyznaczenie stosunku $\frac{\Omega_1}{\Omega}$.

Stosunek ten w którym Ω_1 i Ω oznaczają powierzchnie poprzednio już określone, wchodzi jako wyraz do równań służących do obliczenia wytrzymałości ściany pionowej łuku sztywnego. Za pomocą wzorów, które podajemy poniżej, rozmaite wartości stosunku $\frac{\Omega_1}{\Omega}$ otrzymać można łatwiej aniżeli przez bezpośrednie obliczenie. Wzory te wyznaczają się w sposób następujący:

Powierzchnia całkowitego przecięcia określonego podług fig. 1 (Tabl. VI), wyraża się wzorem następującym:

$$\Omega = a\,(c + c') + 2\,(a'c_1 + a''c_2 + e\,c_3),$$

zaś powierzchnia wyższej części przecięcia, znajdującej się ponad linią pośrednią AB, przez:

$$\Omega_1 = ac + a'c_1 + a''c_2 + e\,c_3.$$

Biorąc stosunek tych dwóch powierzchni, otrzymamy po uproszczeniu dwa wzory ogólne, stosujące się do wszystkich wymiarów przecięcia:

a) dla przecięć o ścianie pełnej

$$\frac{\Omega_1}{\Omega} = \frac{\Omega + a\,(c - c') + e\,(h - h')}{2\,\Omega} \quad . \; . \; . \; . \quad (9)$$

b) dla przecięć o ścianie opróżnionej.

$$\frac{\Omega_1}{\Omega} = \frac{\Omega + a\,(c - c')}{2\Omega} \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (10)$$

Czynniki wchodzące do tych wzorów, znane są z tablicy I, można więc otrzymać z łatwością wartości stosunku $\frac{\Omega_1}{\Omega}$, dla wszystkich przypadków objętych tąż tablicą.

Na tem kończymy rzecz o przecięciach niesymetrycznych i przechodzimy do wyznaczenia momentów wytrzymałości przecięć symetrycznych; przedmiot ten stanowić będzie drugą część naszej pracy.

(c. d. n.)