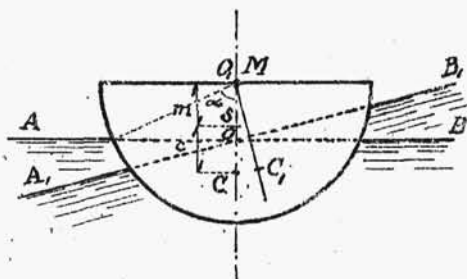


$$\pi > \alpha > 0$$

Naprz. niech $\alpha = 60^\circ = \frac{\pi}{3}$, wtedy:

$$\frac{\gamma_1}{\gamma} = \frac{\frac{2}{3}\pi - \sin 120^\circ}{2\pi} = \frac{\frac{2}{3}\pi - 0,866}{2\pi} = 0,195.$$

83. PRZYKŁAD 13. Niech będzie ciało pływające w postaci półcyindra o promieniu r , długości l i o ciężarze właściwym γ_1 .



rys. 44.

Przedewszystkiem ustalmy zanurzenie ciała; otrzymamy to z przyrównania ciężaru ciała do wyporu.

Ciężar ciała

$$G = \frac{1}{2} \pi r^2 l \gamma_1.$$

Wypór, jak poprzednio,

$$W = r^2 (\alpha - \frac{1}{2} \sin 2\alpha) l \gamma.$$

Stąd otrzymujemy zależność:

$$\frac{\gamma_1}{\gamma} = \frac{2\alpha - \sin 2\alpha}{\pi}.$$

Jak określić α z tego równania przy zadanym $\frac{\gamma_1}{\gamma}$ było wskazanem w przykładzie 12.

Znajdźmy teraz położenie metacentrum M .

Jak wiemy odległość M od S obliczymy z równa-

nia /33/

$$m = \frac{J_0}{V} - c$$

W naszym przykładzie

$$J_0 = \frac{1}{12} l \cdot (2r \sin)^3 = \frac{2}{3} l r^3 \sin^3 \alpha,$$

$$V = r^2 l \left(\alpha - \frac{1}{2} \sin 2\alpha \right); \quad c = 0, C - 0, S.$$

$$0, C = \frac{2}{3} \frac{r \cdot \sin^3 \alpha}{\alpha - \frac{1}{2} \sin 2\alpha}; \quad 0, S = \frac{2}{3} \cdot \frac{r}{\frac{\pi}{2} - 0} = \frac{4}{3} \cdot \frac{r}{\pi};$$

Zatem

$$c = \frac{2}{3} \cdot \frac{r \cdot \sin^3 \alpha}{\alpha - \frac{1}{2} \sin 2\alpha} - \frac{4}{3} \cdot \frac{r}{\pi};$$

po podstawieniu tych wartości w równanie /33/,

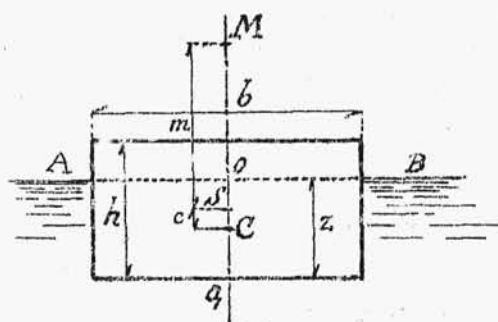
otrzymamy: $m = \frac{4}{3} \frac{r}{\pi}.$

Stąd wnioskujemy, że w danym przypadku metacentrum upadnie w środek cylindra, co, zresztą, można otrzymać rozważając sprawę metodą geometryczną.

84. PRZYKŁAD 14. Niech będzie ciało w postaci jednorodnego prostopadłościanu, o wymiarach w przekroju h i b , długości L i ciężarze właściwym γ . Znaleźć warunki równowagi stałej takiego prostopadłościanu pływającego.

Głębokość zanurzenia Z znajdziemy z równania:

$$b h l \gamma_1 = b z l \gamma.$$



rys. 45.

albo

$$h x_i = z x_i,$$

stąd

$$z = h \cdot \frac{x_i}{x_i}.$$

W równanie /33/ $m = \frac{J_o}{V} - c$

podstawimy: na $J_o = \frac{1}{12} b^3$;

na $V = b z l$ i na c

$$c = 0,5 - 0,5 = \frac{1}{2} h - \frac{1}{2} z = \frac{h-z}{2};$$

wówczas otrzymamy:

$$m = \frac{1}{12} \frac{b^3}{b z l} - \frac{h-z}{2} = \frac{b^2}{12 z} - \frac{h-z}{2}$$

podstawmy na $z = h \cdot \frac{x_i}{x_i}$

$$m = \frac{b^2}{12 h} \cdot \frac{x_i}{x_i} - \frac{h}{2} (1 - \frac{x_i}{x_i}) = \frac{h}{12} \left[\frac{b^2}{h^2} \frac{x_i}{x_i} - 6 (1 - \frac{x_i}{x_i}) \right]$$

Dla utrzymania równowagi stałej należy mieć

$m > 0$, a to jest możliwe, kiedy $\frac{b^2}{h^2} \frac{x_i}{x_i} > 6 (1 - \frac{x_i}{x_i})$;

stąd otrzymujemy warunki:

$$\frac{b}{h} > \sqrt{6 \cdot \frac{x_i}{x_i} (1 - \frac{x_i}{x_i})}.$$

Naprzykład dla drzewa sosnowego mamy $\frac{x_i}{x_i} = 0,6$;

wówczas warunek równowagi stałej wymaga, aby

$$\frac{b}{h} > \sqrt{6 \cdot 0,6 (1 - 0,6)} = 1,2.$$

Jeśli $\frac{b}{h}$ będzie większe niż 1,2, będzie równowa-

ga stała, kiedy $\frac{b}{h}$ będzie $< 1,2$, wówczas będzie równowaga niestała. Przy $\frac{b}{h} = 1,2$ mamy równowagę obojętną; wtedy $m = 0$.

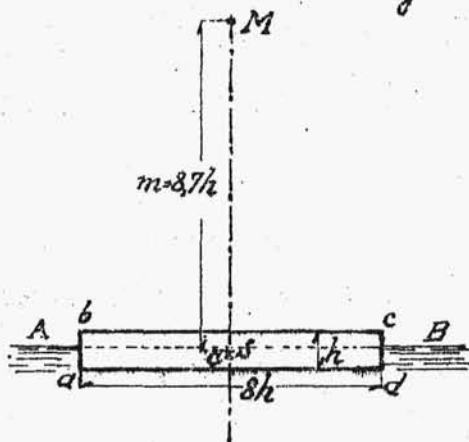
85. PRZYKŁAD 15. W przykładzie poprzednim przyjąć, że bal jest sosnowy i że $b = 8h$; znaleźć miejsce metacentrum.

Z równania otrzymanego w poprzednim przykładzie:

$$m = \frac{h}{12} \left[\frac{b^2}{h^2} \frac{x}{x_1} - 6 \left(1 - \frac{x}{x_1} \right) \right]$$

po podstawieniu na $\frac{x}{x_1} = 0,6$ i na $\frac{b}{h} = 8$ otrzymamy:

$$m = \frac{h}{12} \left[\frac{64}{0,6} - 6 \cdot 0,4 \right] = 8,7h.$$



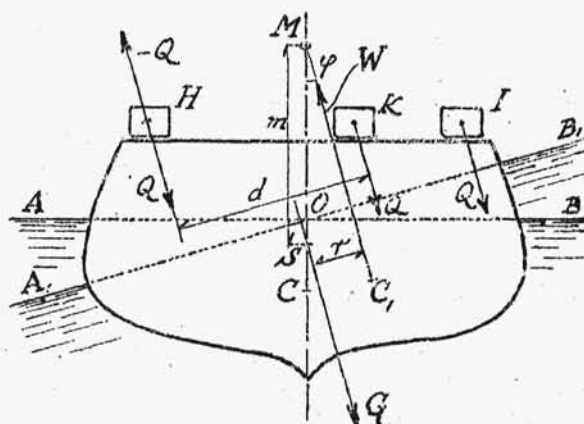
rys. 46.

Otrzymujemy dużą odległość metacentrum i skutkiem tego wielką stateczność pływającego ciała. Otrzymane położenie metacentrum jest tak długo, póki ciało przy po-

chyłaniu się nie zanurzy krawędzi górnych b lub c względnie nie wynurzy krawędzi dolnych a lub d .

W tych razach stateczność, oczywiście, będzie mniejsza.

86. PRZYKŁAD 16. Dla nowowypbudowanego statku nier
znajduje się metacentrum z pochylenia się statku przy
niesymetrycznem obciążeniu jego.



rys. 47.

Postępuje się wto
dy w sposób taki: ba
dany statek wyprowa
dza się na zupełnie
spokojną wodę i tu
zaczyna on pływać;
płaszczyzną pływani
niech będzie AB . Na

pokładzie ustawiają symetrycznie w punktach H i I
dwa znaczniejsze i równe ciężary Q . Od tego nie si
w położeniu statku nie zmieni.

Notujemy głębokość, do której statek zanurza się
w wodzie; i wyznaczamy ciężar właściwy wody γ . Stąd,
znając przekroje i wymiary statku, możemy oznaczyć wy
porność V .

Następnie jeden z ciężarów naprz. Q , pomieszczo
ny w punkcie H , przesuwamy po pokładzie do punktu K
na odległość d od H . Z powodu przesunięcia ciężaru

Q statek się przechyli o pewien kąt, który możemy
określić, posilkując się pionem, zawieszonym naprz. na
maszcie. Niech to będzie kąt φ . Płaszczyzną pływania

będzie wówczas A, B . Na podstawie danych: wyporności V , wartości ciężaru Q , odległości d i kąta φ należy znaleźć m , co nam oznaczy miejsce metacentrum.

Rozumujemy tak; jeżeli wyporność V jest dana, a ciężar właściwy wody $= \gamma$, znajdziemy ciężar statku $G = V\gamma$.

Nachylenie się statku spowodowane zostało przeniesieniem ciężaru Q z punktu H do punktu K . Poprzednio było obciążenie po Q w punktach H i I ; zmianę w obciążeniu możemy sobie wyobrazić dokonaną jeszcze w taki sposób: zostawmy ciężary Q w punkcie H i w punkcie I , przyłożmy do H siłę $-Q$ i w punkcie K dodajemy nową siłę $= Q$. W ten sposób, właściwie, na statek dodatkowo działać będą dwie siły: $-Q$ w punkcie H i $+Q$ w punkcie K . Siły te tworzą parę, jak widzimy z rysunku, o momencie $Q \cdot d$

Pod działaniem tej pary statek się nachyli, ale tylko do pewnego stopnia, gdyż dalszemu pochyleniu się przeciwdziała para, wytworzona przez ciężar statku G , przyłożony do punktu S i wypór $W = G$, przyłożony w punkcie C . Moment pary przeciwdziała-

jącej dalszemu odchyłaniu się $G \cdot r$. Zatem winna istnieć równość:

$$Q \cdot d = G \cdot r$$

Ponieważ $r = m \varphi$, więc

$$Q \cdot d = G \cdot m \varphi$$

a stąd

$$m = \frac{Q \cdot d}{G \cdot \varphi} \quad \text{albo} \quad m = \frac{Q \cdot d}{V \cdot \gamma \cdot \varphi} \dots\dots\dots /36/$$

W szczególnym przypadku, niech $V = 12000 \text{ m}^3$; γ dla wody morskiej $= 1030 \text{ kg/m}^3$; $Q = 25 \text{ tonn}$; $d = 5 \text{ m.}$, kąt $\varphi = 3/4^\circ$. Przedewszystkiem otrzymamy ciężar statku $G = V \gamma = 12000 \times 1030 = 12360000 \text{ kg}$, $= 12360 \text{ tonn}$, następnie

$$m = \frac{25000 \cdot 5}{12000 \cdot 1030 \cdot \frac{\pi \cdot 0,75}{180}} = \frac{2 \times 5}{1030 \cdot 0,0131} = 0,772 \text{ m.}$$

87. Dla zorientowania się, jakie wartości w praktyce są brane dla m , przytaczamy kilka liczb /dla statków załadowanych/

Wielkie pasażerskie statki oceanowe

$$m = 0,4 \sim 0,6 \text{ m.}$$

Statki towarowe mniejsze i większe

$$m = 0,4 \sim 0,5 \text{ m.}$$

Wielkie krążowniki

$$m = \sim 1,0 \text{ m.}$$

Małe krążowniki

$$m = \sim 0,7 \text{ m.}$$

Statki rzeczne $M = 1 \sim 3,0$ m.

Statki i łodzie /jachty/ żaglowe $M = 1,0 \sim 1,2$ m.

Torpedowce $M = 0,4 \sim 0,5$ m.

Statki żaglowe wymagają większej wartości M z powodu parcia wiatru na żagiel.

Statki wojenne również otrzymują większe wartości M , aby można było celniej strzelać z armat okrętowych.

Większa wartość na M dla statków nie jest pożądana, gdyż przez to wzrasta jakgdyby sztywność i twardość statku, wyrażająca się w silnych uderzeniach i krótkich wstrząśnieniach; te objawy dla pasażerów są przykre, dla samej zaś wytrzymałości różnych części statku nie są obojętne.

Na tych przykładach, dotyczących badania równowagi stałej w związku z położeniem metacentrum zatrzymamy się i przejdziemy do przykładów, uzupełniających ogólne uwagi o powierzchniach jednakowego ciśnienia.

88. W artykułach /29-31/ były omawiane ogólne właściwości powierzchni jednakowego ciśnienia. W art. 33 mówiliśmy o kształcie powierzchni jednakowego ciśnienia w przypadku cieczy ciężkiej, zawartej w naczyniu o niewielkich /w porównaniu z długością promienia

kuli ziemskiej/ rozmiarach.

Dla tego przypadku otrzymaliśmy, że równanie różniczkowe powierzchni jednakowego ciśnienia /8/

$$Xdx + Ydy + Zdz = 0$$

zamieni się przy obieranych zwykle osiach współrzędnych /oś x i y są poziome, oś Z jest pionową/ w równanie

$$dz = 0$$

a po scałkowaniu otrzymamy:

$$Z = \text{const.}$$

Równanie to w osiach x, y, Z , obranych, jak zwykle, oznacza płaszczyzny równoległe do płaszczyzny

xy , czyli wszystkie powierzchnie jednakowego ciśnienia w cieczy ciężkiej, zawartej w naczyniu o niewielkich wymiarach są płaszczyznami poziomymi.

Linje sił, jak wynika z samego założenia, są pionowe. Możemy to sprawdzić, stosując równania różniczkowe linii sił /9/:

$$\frac{d\xi}{X} = \frac{d\eta}{Y} = \frac{d\zeta}{Z}$$

W tych równaniach $d\xi, d\eta, d\zeta$ są różniczkami współrzędnych linii sił, X, Y, Z są rzutami przyspieszenia wypadkowego: $X=0; Y=0; Z=g$.

Z równania /9/ otrzymujemy właściwie dwa:

$$\frac{d\xi}{X} = \frac{d\zeta}{Z} \quad \text{i} \quad \frac{d\eta}{Y} = \frac{d\zeta}{Z}$$

stad

$$d\xi = 0 ; \quad d\eta = 0$$

a po scałkowaniu:

$$\xi = \text{Const.}_1 ; \quad \eta = \text{Const.}_2$$

Każde z tych równań wyznacza płaszczyznę; pierwsze-układ płaszczyzn prostopadły do osi X , drugie-prostopadły do osi Y ; oba zaś równania razem - proste przecięcia się tych płaszczyzn; będą to proste równoległe do osi Z , czyli proste pionowe.

89. PRZYKŁAD 17. Niech będzie woda zawarta w zbiorniku o znacznych wymiarach /wielkie jezioro, morze, ocean/. Siły objętościowe są zwrócone do jednego punktu - do środka O - i są zależne od odległości r cząstki od tego środka. Niech przyspieszenie siły objętościowej będzie $R = f(r)$.

Jaki będzie kształt powierzchni jednakowego ciśnienia ?

Obierzmy osi jak na rysunku.

W równanie powierzchni jednakowego ciśnienia /8/

$$Xdx + Ydy + Zdz = 0$$

należy podstawić