



دانشگاه صنعتی امیرکبیر
(پلی تکنیک تهران)

عنوان درس:

هیدرواستاتیک

استاد:

جناب آقای دکتر زراعتگر

گردآوری:

انجمن علمی دانشکده مهندسی دریا

دانشگاه صنعتی امیرکبیر (پلی تکنیک تهران)

ارثیت و استایل کشتی

بار آئیند درس :

نمک ۱ غره جان تر ۷ غره بیان تر ۱ غره ناخن ۱ غره / سطح ۱ غره

فایع در مراجع :

1. principles of naval architect

vol I, Stability and strength

2. Mechanics of Marine Vehicles

Clyton, Bishop

3. Statics & dynamics

4. تعادل د پایدار کشتی ها

فهرست مباحث :

نمک اول : هندسه کشتی

۱) تعاریف ۲) روابط وزن و جاگابی ۳) ضرایب بدنه

۴) قوانین استیجاری گیری ۵) مابینات مربوط به صفی هیدرو استایل

۶) صفی بونجان ۷) سطح چین ۸) طرفینت ها

۹) خط بار

نمک دوم : تعادل در حالت سالم

۱) اصول اولیه ۲) تعیین وزن و مرکز وزن ۳) اثرات شناخت

۴) صفی ها - تعادل ۵) اثرات سطح آزاد و بار آویزان

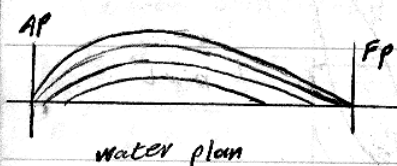
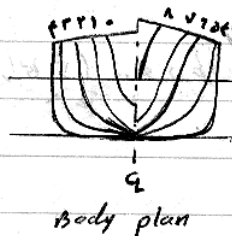
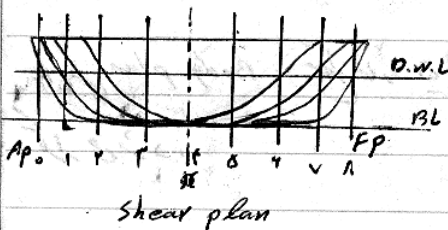
۶) اثر پایایی تعادل ۷) نرم ۸) نت کج کردن کشتی

۹) تعادل به همگام به زمین نشستن

نمک سوم : تعادل کشتی در حالت عدم دید



تعاریف :



(Base Line) B.L : خطی که از کف کشتی به موازات خط آزاد

آب ریم می شود.

A.p (Aft perpendicular - عمود پاشند) :

خطی است که از مرکز مکان کشتی بر D.W.L عمود می شود.

F.p (Fore perpendicular - عمود پاشند) :

خطی است که از مرکز مکان کشتی بر D.W.L عمود می شود.

خطی بر B.L عمود می کنیم.

D.W.L (خط آب طبیعی) : خطی آبی که کشتی شناور است آنجا بارگیری

می کند (مکانی که مانع خط آب شود)

L.B.p (Length Between perpen-) : طول بین دو عمود

(Amid ship - Amidship) : خط وسط کشتی

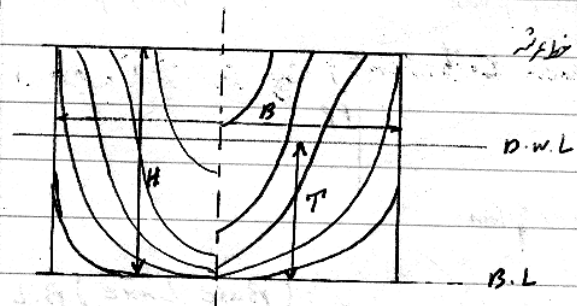
s.a.m

* در حالت شیب، طول کشتی را به ۱ یا ۲ مقطع تقسیم می کنند.

* در ساختن کشتی (درین ساختمان کشتی) نیز یک محور به عنوان

Midship داریم که به محدوده ای از کشتی اطلاق می گردد که حداکثر کشتی
خوشی در آن محدوده می باشد.

* در Body plan، مقطع عمده ۵ (در اینجا ۴) در هر طرف
نگار می شود.

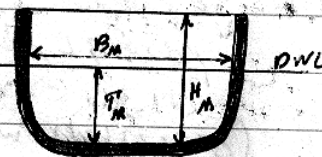


طول کشتی (LBP)

عرض کشتی (B): بزرگترین عرضی که در طول کشتی در آنجا D.W.L. محدود می گردد.

آبخیز کشتی (T): فاصله عمودی D.W.L. از B.L. را گویند.

ارتفاع کشتی (H): فاصله عمودی خط عرضی از B.L. را گویند.



T_m : آبخیز مابین

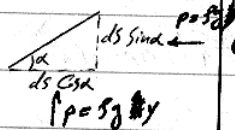
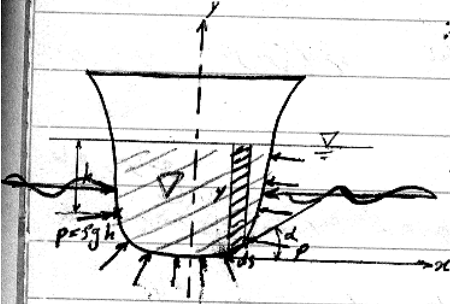
H_m : ارتفاع مابین

B_m : عرض مابین

در صورتی که ضخامت کشتی در نظر گرفته نشود، این کمیت ها را مابین گویند و

اندیس M مشخص می کنند (Modulso)

رابطه بین وزن و جابجایی:



$$dF_x = \rho g y (ds \cdot \sin \alpha)$$

$$dF_y = \rho g y (ds \cdot \cos \alpha)$$

$$F_x = \int dF_x = \int \rho g y ds \sin \alpha$$

با توجه به متوازن بودن شکل کشتی به محورهاها:

$$F_x = 0$$

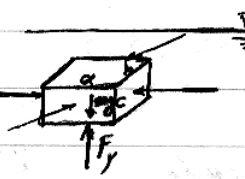
$$F_y = \int dF_y = \int \rho g y \cdot (ds \cdot \cos \alpha) = \rho g \int y \cdot \cos \alpha ds$$

$$F_y = \rho g \times \nabla \rightsquigarrow \text{حجم نیرو آب حجم ناخالصه شده}$$

$$F_y = W \rightsquigarrow \text{وزن آب جابجا شده}$$

طبقه دوم (۱۸، ۱۱، ۲۹)

ردا جانین وزن در آب جایی:



$$F_B = F_Y = \rho g (a \cdot b \cdot c)$$

$$\Delta = \rho \cdot V$$

(displacement) جایی جری

(displacement) جایی جری

$$F_B = \rho \cdot \Delta$$

چون آب جایی $\Delta = \rho \cdot V$ است

نکته: در حالتی که جسم ناشمارن است و جسمی که در درون آب

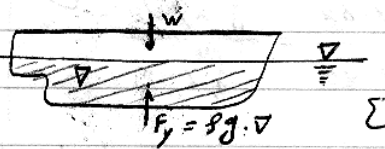
است بگونه ای قرار می گیرد که برانید نیروهای دارد در تمام راستها

صفر شود و برانید نیروهای دارد بر حجم در راستای عمود را با F_B

خاص داده که همان نیروی برآینی است در حالت تعادل، این نیرو

برابر وزن جسم می باشد.

شرط تعادل:



$$\sum F_y = 0 \rightarrow W = \rho g \cdot V$$

آب شیرین

$$\rho_g = 62.4 \text{ lb/ft}^3$$

آب شور

$$\rho_g = 64 \text{ lb/ft}^3$$

آب شیرین

$$\rho_g = 9.81 \text{ kN/m}^3$$

آب شور

$$\rho_g = 10.1 \text{ kN/m}^3$$

$$\rho_F = 1 \text{ t/m}^3$$

Fresh

$$\rho_s = 1.025 \text{ t/m}^3$$

Salts

مثال) اگر یک کشتی از آب شیرین به آب شور برود ~~آنچه~~ آن چگونه تغییر می کند؟

$$W_{\text{کشتی}} = \text{Const} = F_B = \rho g V$$

$$\rho_F \cdot g \cdot V_F = \rho_S \cdot g \cdot V_S \rightarrow \frac{V_F}{V_S} = \frac{\rho_S}{\rho_F} > 1$$

پس در آب شور V کمتر می شود و در آب شیرین V بیشتر می شود.

ضرایب فرم بدنه:

۱) ضریب طرافت بدنه C_B (Block Coefficient):

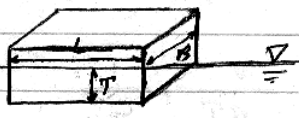
$$C_B = \frac{V}{L \cdot B \cdot T} \quad \text{displacement}$$

L: طول کشتی (LBP)

B: عرض قالی، T: آبجور قالی

$$0.7 < C_B < 0.95$$

اما برای ponton (مکعب) داریم:

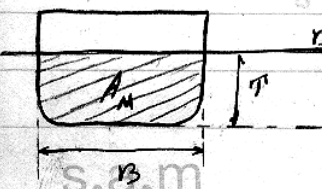


$$C_B = \frac{V}{L \cdot B \cdot T} = 1$$

نکته: بارج (Barge) با ponton مقاربت

است شکل آن به صورت زیر است:

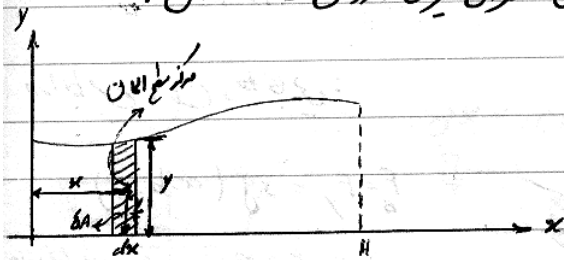
۲) ضریب مقطع جانبی C_m (Midship Coefficient):



$$C_m = \frac{A_m}{B \cdot T}$$

$$0.7 < C_m < 0.95$$

۳) ضریب مندر - افقی C_{HP} (Horizontal Prismatic Coefficient): توانی انتقال گیری و ردش ها آن:



$$A = \sum \delta A = \sum y \cdot \delta x = \int_{-H}^H y \cdot dx$$

جمع برداشته جمع بسته

حال اگر بخواهیم محقات مرکز سطح $(\bar{x}, \bar{y})$ سطح زیر نمودار را بدست بیاوریم $\bar{x}$ به دست آوریم $\bar{x}$ به دست آوریم. بنابراین:

مان اول سطح حول محور y ها:

$$\delta M_L = \delta A \cdot x = x y \cdot \delta x$$

$$M_L = \sum \delta M_L = \sum x y \cdot \delta x = \int_{-H}^H x y \cdot dx$$

مرکز سطح طولی:

$$\bar{x} = \frac{M_L}{A} = \frac{\sum x y \cdot \delta x}{\sum y \cdot \delta x} = \frac{\int_{-H}^H x y \cdot dx}{\int_{-H}^H y \cdot dx}$$

مان اول سطح حول محور x ها:

$$\delta M_t = \delta A \cdot \frac{y}{2} = y \delta x \cdot \frac{y}{2} = \frac{y^2}{2} \cdot \delta x$$

$$M_t = \frac{1}{2} \sum \delta M_t = \frac{1}{2} \sum y^2 \cdot \delta x = \frac{1}{2} \int_{-H}^H y^2 \cdot dx$$

مرکز سطح عرضی:

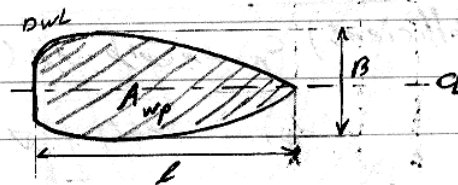
$$\bar{y} = \frac{M_t}{A} = \frac{\frac{1}{2} \sum y^2 \cdot \delta x}{\sum y \cdot \delta x} = \frac{\frac{1}{2} \int_{-H}^H y^2 \cdot dx}{\int_{-H}^H y \cdot dx}$$

$$C_{HP} = \frac{\nabla}{L \cdot A_m} \rightarrow C_{HP} = \frac{\nabla}{L \cdot C_M \cdot B \cdot T}$$

$$C_{HP} = \frac{C_B}{C_M} \quad C_M < 1 \rightarrow C_P > C_B$$

برای کشتی ها داریم: $0.92 < C_P < 0.96$

۴) ضریب صفه آنجر C_{WP} (Waterplan Coefficient):



$$C_{WP} = \frac{A_{wp}}{L \cdot B}, \quad 0.95 < C_{WP} < 0.98$$

۵) ضریب مندر - عمودی (C_{VP}) :

$$C_{VP} = \frac{\nabla}{A_{wp} \cdot T}$$

$$C_{VP} = \frac{\nabla}{(C_{WP} \cdot L \cdot B) \cdot T} = \frac{\nabla}{L \cdot B \cdot T} \cdot \frac{1}{C_{WP}}$$

$$C_{VP} = \frac{C_B}{C_{WP}}$$

نکته: نسبت ابعاد کشتی ها:

$$1.5 < \frac{L}{B} < 10, \quad \frac{L}{T} = 10 - 30$$

$$\frac{B}{T} = 1.8 - 5$$

محاسبه ایزرسی طولی:

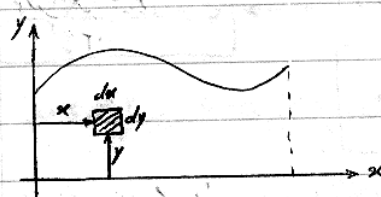
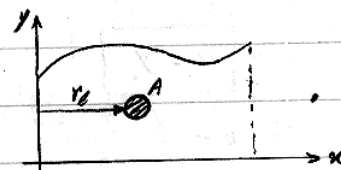
$$\delta I_L = \delta A \cdot x^r = x^r \cdot y \delta x$$

$$I_L = \int x^r y \delta x = \int x^r y dx$$

نوع ایزرسی طولی:

$$r_L = \left(\frac{I_L}{A} \right)^{\frac{1}{r}} = \left(\frac{\int x^r y dx}{\int y dx} \right)^{\frac{1}{r}} \rightarrow r_L^r \cdot A = I_L$$

* تعبیر فیزیکی: شعاع ایزرسی این است که اگر تمام سطح را در نقطه‌ای مانند A متمرکز کنیم، همان ایزرسی آن سطح در آن نقطه حول محورها خواهد بود. همان ایزرسی سطح زیر نمودار حول محورها است.



محاسبه ایزرسی عرضی:

$$\delta I_t = y^r \cdot \delta A = y^r (\delta x \cdot \delta y)$$

$$I_t = \int \left[\int y^r \delta x \cdot \delta y \right] = \int \left(\int y^r dy \right) dx$$

$$I_t = \frac{1}{r+1} \int y^{r+1} dx$$

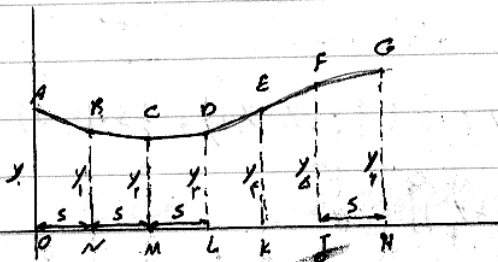
نوع ایزرسی عرضی:

$$r_t = \left(\frac{I_t}{A} \right)^{\frac{1}{r}} = \left(\frac{\frac{1}{r+1} \int y^{r+1} dx}{\int y dx} \right)^{\frac{1}{r}}$$

طبقه سوم (۱۲، ۱۲، ۴)

روش‌های عددی محاسبه سطح، حجم و مراکز آن‌ها:

اگر برای تقاطع از منحنی زیر، معادیر را داشته باشیم (نمودار شناختی):



برای محاسبه سطح زیر این نمودار روش‌های مختلفی وجود دارد.

روش ذوزنقه:

اگر نقاط روی منحنی را به وسیله یک خط راست به یکدیگر وصل کنیم

و ضلع‌ها را به یکدیگر وصل کنیم

داریم:

مساحت:

$$OABN = s \times \frac{1}{2} \times (y_1 + y_0)$$

$$NBCM = s \times \frac{1}{2} \times (y_1 + y_2)$$

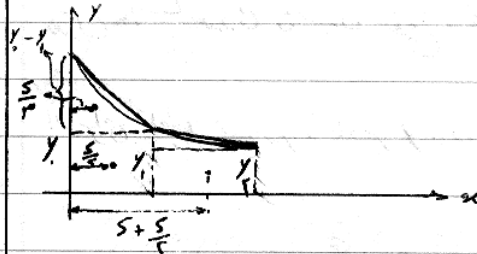
⋮

$$JFGH = s \times \frac{1}{2} \times (y_5 + y_4)$$

$$A = s \times \left(\frac{1}{2} y_0 + y_1 + y_2 + \dots + y_5 + \frac{1}{2} y_6 \right)$$

مان اول سطح (حل محور y):

برای تناسب مان اول سطح کل زیر منحنی، ابتدا باید مان اول سطح هر کدام از ذوزنقه‌ها را حل محور y بدست آورده و آن‌ها را با هم جمع کنیم.



$$M_1 = \frac{h}{3} (y_0 + y_2) + \frac{h}{3} \left(\frac{h}{3} \cdot (y_1 - y_0) \right) + \frac{h}{3} \cdot (y_1 - y_0)$$

$$M_L = S \left[\frac{1}{4} y_0 + y_1 + 2y_2 + \dots + (n-1)y_{n-1} + \frac{n-1}{4} y_n \right]$$

برای محاسبه مرکز سطح زیر منحنی نیز داریم:

$$\bar{x}_0 = \frac{M_L}{A}$$

مان دوم سطح حل محور x :

$$I_0 = \left(\frac{h}{3} \right)^2 \cdot (y_0 + y_2) + \left(\frac{h}{3} \right)^2 \left[\frac{h}{3} \cdot (y_1 - y_0) \right] + \dots$$

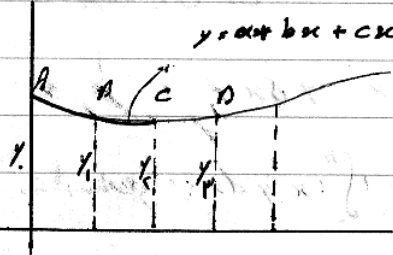
$$I_0 = S \left[\frac{1}{12} y_0 + \frac{y_1}{4} + \frac{5}{12} y_2 + \dots + \frac{y_{n-1}}{4} + \frac{y_n}{12} \right]$$

* مان اول دوم سطح حل محور x (محبت x) پیچیده است

لذا از محاسبه آن‌ها صرف نظر می‌کنیم.

فاندن اول سیمون:

$$y = ax + bx^2 + cx^3$$



در این روش، فرض می‌کنیم که از سه نقطه از منحنی یک منحنی درجه ۳ عبور می‌کند. چون معادله این منحنی درجه ۳ مجهول می‌باشد لذا با ۳ نقطه از منحنی مجهول این منحنی را بدست آورد. در ادامه با جمع کردن این معادلات، می‌توان معادله کل زیر منحنی را بدست آورد.

$$A(0, y_0), B(h, y_1), C(2h, y_2)$$

$$y_0 = a + b(0) + c(0)^2 \rightarrow a = y_0$$

$$y_1 = a + b(h) + c(h)^2 \rightarrow b = \frac{y_1 - y_0 - ch^2}{h}$$

$$y_2 = a + b(2h) + c(2h)^2 \rightarrow c = \frac{y_2 - 2y_1 + y_0}{2h^2}$$

$$b = \frac{-2y_2 + 4y_1 - y_0}{2h}$$

$$A_1 = \int_a^b y \, dx = \int_0^{2h} (a + bx + cx^2) \, dx$$

$$= 2ah + \frac{1}{3} b h^3 + \frac{1}{3} c h^3$$

$$A = \frac{h}{3} [y_0 + 4y_1 + y_2]$$

حال معادله در بازه‌های بعدی را معادله همان بازه‌ها را نیز

بانی یک از این در بازه ابتدایی می‌توان نوشت:

$$A_2 = \frac{h}{3} [y_2 + 4y_3 + y_4]$$

$$A_1 = \int_0^{r_s} y \, dx = \frac{r}{\lambda} S [y_0 + r y_1 + r^2 y_2 + r^3 y_3]$$

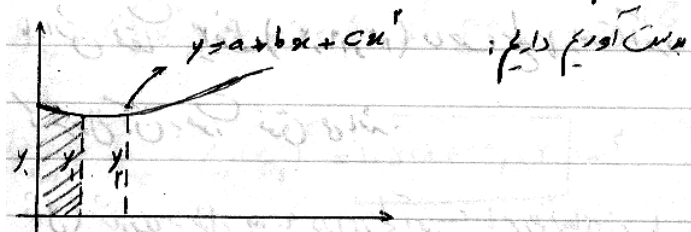
$$A_r = \frac{r}{\Lambda} S [y_r + r y_f + r y_o + y_y]$$

$$A = \frac{P}{\lambda} S \left[y + r_1 y_1 + r_2 y_2 + r_3 y_3 + r_4 y_4 + r_5 y_5 + r_6 y_6 + r_7 y_7 + r_8 y_8 + r_9 y_9 + r_{10} y_{10} + r_{11} y_{11} + r_{12} y_{12} + r_{13} y_{13} + r_{14} y_{14} + r_{15} y_{15} + r_{16} y_{16} + r_{17} y_{17} + r_{18} y_{18} + r_{19} y_{19} + r_{20} y_{20} + r_{21} y_{21} + r_{22} y_{22} + r_{23} y_{23} + r_{24} y_{24} + r_{25} y_{25} + r_{26} y_{26} + r_{27} y_{27} + r_{28} y_{28} + r_{29} y_{29} + r_{30} y_{30} + r_{31} y_{31} + r_{32} y_{32} + r_{33} y_{33} + r_{34} y_{34} + r_{35} y_{35} + r_{36} y_{36} + r_{37} y_{37} + r_{38} y_{38} + r_{39} y_{39} + r_{40} y_{40} + r_{41} y_{41} + r_{42} y_{42} + r_{43} y_{43} + r_{44} y_{44} + r_{45} y_{45} + r_{46} y_{46} + r_{47} y_{47} + r_{48} y_{48} + r_{49} y_{49} + r_{50} y_{50} + r_{51} y_{51} + r_{52} y_{52} + r_{53} y_{53} + r_{54} y_{54} + r_{55} y_{55} + r_{56} y_{56} + r_{57} y_{57} + r_{58} y_{58} + r_{59} y_{59} + r_{60} y_{60} + r_{61} y_{61} + r_{62} y_{62} + r_{63} y_{63} + r_{64} y_{64} + r_{65} y_{65} + r_{66} y_{66} + r_{67} y_{67} + r_{68} y_{68} + r_{69} y_{69} + r_{70} y_{70} + r_{71} y_{71} + r_{72} y_{72} + r_{73} y_{73} + r_{74} y_{74} + r_{75} y_{75} + r_{76} y_{76} + r_{77} y_{77} + r_{78} y_{78} + r_{79} y_{79} + r_{80} y_{80} + r_{81} y_{81} + r_{82} y_{82} + r_{83} y_{83} + r_{84} y_{84} + r_{85} y_{85} + r_{86} y_{86} + r_{87} y_{87} + r_{88} y_{88} + r_{89} y_{89} + r_{90} y_{90} + r_{91} y_{91} + r_{92} y_{92} + r_{93} y_{93} + r_{94} y_{94} + r_{95} y_{95} + r_{96} y_{96} + r_{97} y_{97} + r_{98} y_{98} + r_{99} y_{99} + r_{100} y_{100} + r_{101} y_{101} + r_{102} y_{102} + r_{103} y_{103} + r_{104} y_{104} + r_{105} y_{105} + r_{106} y_{106} + r_{107} y_{107} + r_{108} y_{108} + r_{109} y_{109} + r_{110} y_{110} + r_{111} y_{111} + r_{112} y_{112} + r_{113} y_{113} + r_{114} y_{114} + r_{115} y_{115} + r_{116} y_{116} + r_{117} y_{117} + r_{118} y_{118} + r_{119} y_{119} + r_{120} y_{120} + r_{121} y_{121} + r_{122} y_{122} + r_{123} y_{123} + r_{124} y_{124} + r_{125} y_{125} + r_{126} y_{126} + r_{127} y_{127} + r_{128} y_{128} + r_{129} y_{129} + r_{130} y_{130} + r_{131} y_{131} + r_{132} y_{132} + r_{133} y_{133} + r_{134} y_{134} + r_{135} y_{135} + r_{136} y_{136} + r_{137} y_{137} + r_{138} y_{138} + r_{139} y_{139} + r_{140} y_{140} + r_{141} y_{141} + r_{142} y_{142} + r_{143} y_{143} + r_{144} y_{144} + r_{145} y_{145} + r_{146} y_{146} + r_{147} y_{147} + r_{148} y_{148} + r_{149} y_{149} + r_{150} y_{150} + r_{151} y_{151} + r_{152} y_{152} + r_{153} y_{153} + r_{154} y_{154} + r_{155} y_{155} + r_{156} y_{156} + r_{157} y_{157} + r_{158} y_{158} + r_{159} y_{159} + r_{160} y_{160} + r_{161} y_{161} + r_{162} y_{162} + r_{163} y_{163} + r_{164} y_{164} + r_{165} y_{165} + r_{166} y_{166} + r_{167} y_{167} + r_{168} y_{168} + r_{169} y_{169} + r_{170} y_{170} + r_{171} y_{171} + r_{172} y_{172} + r_{173} y_{173} + r_{174} y_{174} + r_{175} y_{175} + r_{176} y_{176} + r_{177} y_{177} + r_{178} y_{178} + r_{179} y_{179} + r_{180} y_{180} + r_{181} y_{181} + r_{182} y_{182} + r_{183} y_{183} + r_{184} y_{184} + r_{185} y_{185} + r_{186} y_{186} + r_{187} y_{187} + r_{188} y_{188} + r_{189} y_{189} + r_{190} y_{190} + r_{191} y_{191} + r_{192} y_{192} + r_{193} y_{193} + r_{194} y_{194} + r_{195} y_{195} + r_{196} y_{196} + r_{197} y_{197} + r_{198} y_{198} + r_{199} y_{199} + r_{200} y_{200} + r_{201} y_{201} + r_{202} y_{202} + r_{203} y_{203} + r_{204} y_{204} + r_{205} y_{205} + r_{206} y_{206} + r_{207} y_{207} + r_{208} y_{208} + r_{209} y_{209} + r_{210} y_{210} + r_{211} y_{211} + r_{212} y_{212} + r_{213} y_{213} + r_{214} y_{214} + r_{215} y_{215} + r_{216} y_{216} + r_{217} y_{217} + r_{218} y_{218} + r_{219} y_{219} + r_{220} y_{220} + r_{221} y_{221} + r_{222} y_{222} + r_{223} y_{223} + r_{224} y_{224} + r_{225} y_{225} + r_{226} y_{226} + r_{227} y_{227} + r_{228} y_{228} + r_{229} y_{229} + r_{230} y_{230} + r_{231} y_{231} + r_{232} y_{232} + r_{233} y_{233} + r_{234} y_{234} + r_{235} y_{235} + r_{236} y_{236} + r_{237} y_{237} + r_{238} y_{238} + r_{239} y_{239} + r_{240} y_{240} + r_{241} y_{241} + r_{242} y_{242} + r_{243} y_{243} + r_{244} y_{244} + r_{245} y_{245} + r_{246} y_{246} + r_{247} y_{247} + r_{248} y_{248} + r_{249} y_{249} + r_{250} y_{250} + r_{251} y_{251} + r_{252} y_{252} + r_{253} y_{253} + r_{254} y_{254} + r_{255} y_{255} + r_{256} y_{256} + r_{257} y_{257} + r_{258} y_{258} + r_{259} y_{259} + r_{260} y_{260} + r_{261} y_{261} + r_{262} y_{262} + r_{263} y_{263} + r_{264} y_{264} + r_{265} y_{265} + r_{266} y_{266} + r_{267} y_{267} + r_{268} y_{268} + r_{269} y_{269} + r_{270} y_{270} + r_{271} y_{271} + r_{272} y_{272} + r_{273} y_{273} + r_{274} y_{274} + r_{275} y_{275} + r_{276} y_{276} + r_{277} y_{277} + r_{278} y_{278} + r_{279} y_{279} + r_{280} y_{280} + r_{281} y_{281} + r_{282} y_{282} + r_{283} y_{283} + r_{284} y_{284} + r_{285} y_{285} + r_{286} y_{286} + r_{287} y_{287} + r_{288} y_{288} + r_{289} y_{289} + r_{290} y_{290} + r_{291} y_{291} + r_{292} y_{292} + r_{293} y_{293} + r_{294} y_{294} + r_{295} y_{295} + r_{296} y_{296} + r_{297} y_{297} + r_{298} y_{298} + r_{299} y_{299} + r_{300} y_{300} + r_{301} y_{301} + r_{302} y_{302} + r_{303} y_{303} + r_{304} y_{304} + r_{305} y_{305} + r_{306} y_{306} + r_{307} y_{307} + r_{308} y_{308} + r_{309} y_{309} + r_{310} y_{310} + r_{311} y_{311} + r_{312} y_{312} + r_{313} y_{313} + r_{314} y_{314} + r_{315} y_{315} + r_{316} y_{316} + r_{317} y_{317} + r_{318} y_{318} + r_{319} y_{319} + r_{320} y_{320} + r_{321} y_{321} + r_{322} y_{322} + r_{323} y_{323} + r_{324} y_{324} + r_{325} y_{325} + r_{326} y_{326} + r_{327} y_{327} + r_{328} y_{328} + r_{329} y_{329} + r_{330} y_{330} + r_{331} y_{331} + r_{332$$

$$, n = 1, 4, 9, \dots, k^2$$

قانون ۵، ۸، ۱- :

اگر بخواهم با اسناد از قانون اول میمون فقط صاحب کی بازه را



$$A_1 = \int_0^5 y \, dx = \frac{1}{15} (\Delta y_0 + 4y_1 + y_2)$$

$$M_L = \frac{\Sigma r}{\Sigma L} (r y_i + 1 \cdot y_i - y_i) \quad (-1, 1, r \text{ etc.})$$

$$I_e = \int_0^5 x' y \, dx = \frac{5}{15} (v y_1 + r y_1 + r y_1) (-r, r, v) \text{ (6)}$$

$$\{A_n = \frac{1}{r} [y_1 + r y_1 + r^2 y_1 + r^3 y_1 + r^4 y_1 + \dots + r y_{n-1} + y_n]\}$$

ملحقہ: نمبر ۱ اساسی پرکار استفادہ از این روش این است:

تعداد بازها باید زوج باشد. $n = rk =$ زوج

عنوان اول سطح حول محور y :

$$M_2 = \frac{S'}{r} [f_1 y_1 + f_2 y_2 + \dots + f_{(n-1)} y_{n-1} + f_n y_n]$$

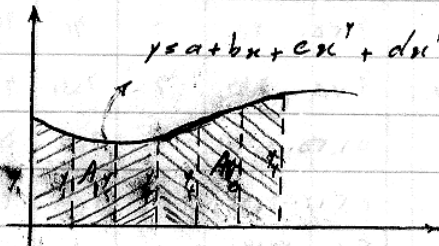
عمان دم مطع حول محور ۶ :

$$I_2 = \frac{5}{r} \left[r y_1 + 1 y_r + r y_r + \dots + r(n-r) y_{n-r} + r(n-1) y_{n-1} + n y_n \right]$$

قانون عدم سعمون :

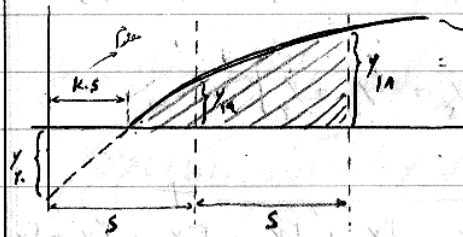
نکته: بدنی شرکتی ها اثرات محاسباتی خاصی دارد که در جلد ۳ می باشد

و این قانون نزد قریب من مقدار حسینی را به ما می دهد .



در این روش، از چهار تکه که معنی درجه ۳ عبور می دهیم دماقت زیر معنی
را به دست می آوریم. یعنی به صورت ۳ بازه تکیک می کنیم.

انتگرال گریب بنجی:



$$A = \frac{S}{3} \left[(1 - 2k + \frac{9}{4}k^2 - \frac{1}{4}k^3) y_0 + (4 - 3k^2 + k^3) y_{19} + (1 + \frac{3}{2}k^2 - \frac{1}{4}k^3) y_{18} \right]$$

* y_{18}, y_{19} در اینده نیست بافتی باشد

* در اینجا نیز در تابع از همان روش سیمون استفاده شده است بطوریکه ما دانش محقق ۳ نقطه (۱۸، ۱۹، ۲۰) خارج سطح را به دست آورده که کنترل آن به صورت فون می باشد.

مثال) تعدادی به طول ۹۰ م دارای سطح آجری با مشخصات زیر با فواصل مادی است که از عمود باشد شروع می شود. مطلوب است ضایع

①	②	③	④=⑤	⑥
سطح	$y(m)$	ضرب سیمون	ضایع	
۰	۰	۱	۰	
۱	۲,۴	۴	۹,۶	
۲	۴,۷	۲	۵,۴	
۳	۶,۸	۴	۱۱,۲	
۴	۶,۸	۲	۵,۲	
۵	۲,۲	۴	۸,۸	
۶	۰	۱	۰	
				$\sum 1 = 40.9$

s.a.m

چون تعداد بازه ها ۶ ج بدو د فضایی از ۳ نیز می باشد می توان از هر دو سیمون استفاده کرد که از سیمون ۱ استفاده می کنیم داریم:

$$A_{wp} = 2 \int y \cdot dx = 2 \times \frac{S}{4} \times \sum 1 = 6.9 \text{ m}^2$$

مثال) تعدادی دارای آجری با مشخصات زیر است. مطلوب است:

①	②	③	④=⑤	⑥
$T(m)$	$A_{wp}(m^2)$	ضرب سیمون	ضایع	$\Delta_{1-3}, \Delta_{4-6}, \Delta_{7-9}$
۰	۲۵۰	۵	۱۷۵۰	
۲	۲۵۰	۸	۲۰۰۰	
۴	۳۴۵۰	-۱	-۲۴۵۰	
۶	۳۹۶۰		$\sum 1 = 1830$	
۸	۴۰۰۰			
۱۰	۴۰۲۰			

Δ_7 رای توان با استفاده از روش ۵، ۸، ۱۰ به دست

آورد:

$$\Delta_7 = \frac{S}{12} [5y_0 + 8y_1 - 2y_2] = \frac{S}{12} \times \sum 1 = \frac{2}{12} \times 1830$$

$$\Delta_7 = 308 \text{ m}^3 \rightarrow \Delta_7 = 5, \Delta_7 = 3124/125 \text{ ton}$$

قاسم Δ_7 :

①	②	③	④=⑤	⑥
T	A_{wp}	ضرب سیمون	ضایع	
۰	۲۵۰	۱	۲۵۰	
۲	۲۵۰	۳	۷۵۰	
۴	۳۴۵۰	۳	۱۰۳۵۰	
۶	۳۹۶۰	۱	۳۹۶۰	
				$\sum 2 = 2214$

$$\Delta_7 = \frac{S}{8} \sum 2 = \frac{S}{8} \times 2 \times 2214 = 1442.5 \text{ m}^3$$

$$\Delta_4 = 5 \times \Delta_7 = 4 \times 10 \text{ ton/m}^3 \times 1442.5 \text{ m}^3 = 17.3515 \text{ ton}$$

چون تعداد بازه ها زوج است ، از میانه اول استفاده می کنیم :

$$A_{wp} = 2 \int y \cdot dx = 2 \times \frac{5}{3} \times 9 = 55.2, 2 \text{ m}^2$$

با چون می خواهیم مرکز سطح را نسبت به محور دانه بدست آوریم ، باید همان اول سطح را حل نمود که از محور دانه می گذرد لایه کرده و بر مبرم A_{wp} تقسیم کنیم :

$$x_c = \frac{M_L}{A_{wp}} = \frac{\int xy \, dx}{\int y \, dx}$$

$$M_L = 2 \times \frac{5}{3} \times \sum \text{بازد} \times y \times 10 \times 10 \times 5 = 2 \times \frac{5}{3} \times 5 \times \sum 2$$

$$x_{A_{wp}} = \frac{M_L}{A} = \frac{2 \times \frac{5}{3} \times 5 \times \sum 2}{2 \times \frac{5}{3} \times \sum 1} = 15, 93 \text{ m}$$

$$I_{L_{AP}} = 2 \int x^2 \cdot y \, dx = 2 \times \frac{5}{3} \times 5 \times \sum 2^3 = 52, 172, 8 \text{ (ج)}$$

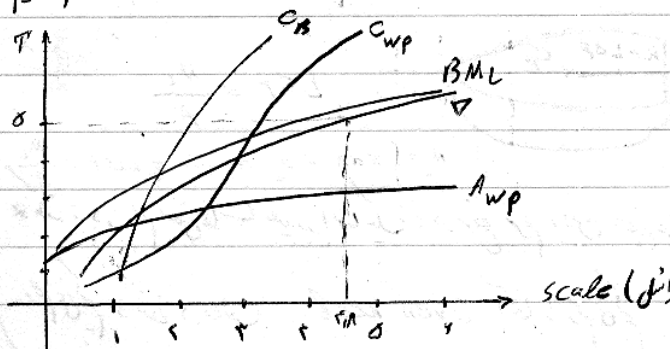
$$I_{L_{x_{wp}}} = I_{L_{AP}} - A_{wp} (x_{c_1})^2 = 10, 828, 422, 02 \text{ m}^4$$

هیدرو استاتیک (۸۶, ۱۲, ۱۱)

(۵) محاسبات مربوط به منحنی های هیدرو استاتیک :

ما می خواهیم بدانیم که در آنچه های مختلف ، تغییرات هیدرو استاتیک

چگونه تغییر می کنند . بنابراین منحنی های هیدرو استاتیک را رسم می کنیم :



s.a.m

لایه ۱: برای لایه ۱ آن ، دو بازه اول را با میانه اول و سه بازه اول

①	①	①	①=①+①	①	①=①+①
$T(m)$	A_{wp}	ضرب یک	حاصل ضرب	ضرب یک	حاصل ضرب
۰	۳۵۰	۱	۳۵۰		
۲	۲۵۰۰	۴	۱۰۰۰۰		
۴	۳۵۵۰	۱	۳۵۵۰	۱	۳۵۵۰
۶	۴۹۲۰		$\sum 4 = 13800$	۳	۱۱۸۰۰
۸	۵۰۰۰			۳	۱۲۰۰۰
۱۰	۵۰۰			۱	۴۰۰
					$\sum 5 = 31250$

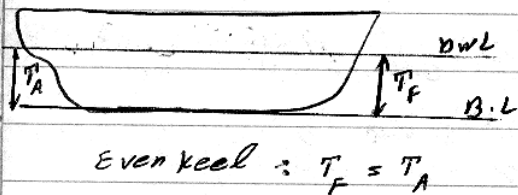
$$V_1 = V_f + V_{f-1} = \frac{5}{3} \sum 4 + \frac{2}{8} 5 \sum 5 = 3272, 0 \text{ m}^3$$

$$\Delta_1 = 5 \times V_1 = 32513 \text{ ton}$$

مثال (۱) تم عرض یک کشتی در ۱۰ سطح به صورت زیر داده شده است . مطلوب است :

الف) A_{wp} ب) مرکز سطح و آنجر نسبت به محور دانه $L=200 \text{ m}$

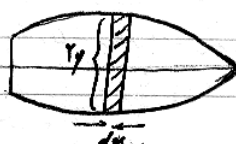
①	①	①	①=①+①	①	①=①+①	①=①+①
سطوح	$y(m)$	ضرب یک	حاصل ضرب	بازدهای کانال	حاصل ضرب کانال	حاصل ضرب
۰	۰	۱	۰	۰	۰	۰
۱	۱۰	۴	۴۰	۱	۴۰	۴۰
۲	۱۳	۲	۲۶	۲	۵۲	۱۰۶,۲
۳	۱۴	۴	۵۶	۳	۱۹۸	۵۰۶
۴	۱۴,۲	۲	۲۸,۴	۴	۱۱۳,۲	۵۵۴,۲
۵	۱۴,۲	۴	۵۶,۸	۵	۲۸۴	۱۴۲۰
۶	۱۴,۱	۲	۲۸,۲	۶	۱۶۹,۲	۱۰۱۵,۲
۷	۱۴	۴	۵۶	۷	۳۹۲	۲۰۷۴,۴
۸	۱۱,۵	۲	۲۳	۸	۱۸۴	۱۴۷۲
۹	۶,۲	۴	۲۴,۸	۹	۲۲۲,۲	۲۰۰۸,۸
۱۰	۰,۲	۱	۰,۲	۱۰	۲	۲۰
			$\sum 1 = 2296$			$\sum 3 = 9782,4$
						$\sum 2 = 1228$



Scale = 1, ... m for ∇

$T = 5m \rightarrow \nabla = 4.8 \times 1, \dots = 4.8 \dots m^3$

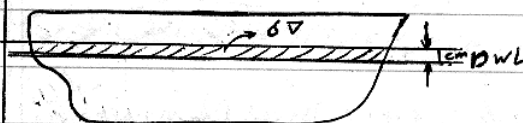
کالبدی سطح آنجور:



$A_{wp} = \int y \cdot dx$

کالبدی TPCm (Tons per Centimeter)

مقدارش بر یک سانتی متر فرو رفتگی را گویند.



$\delta \nabla \cdot \delta g = A_{wp} \cdot (1 \text{ cm}) \cdot \delta g$

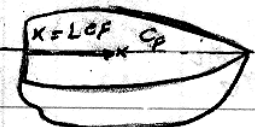
$\delta = 1 \text{ ton/m}^3 \rightarrow TPCm = \frac{A_{wp}}{1} (m^2)$

$\delta = 1.025 \text{ ton/m}^3 \rightarrow TPCm = \frac{1.025 \cdot A_{wp}}{1} (m^2)$

کالبدی TPI (Tons per Inch Immer)

$TPI = \frac{A_{wp}}{45.36} (\text{آب دریا})$

مرکز سطح صاف آنجور یا مرکز ثقل (Center of floatation)



$LCF = \frac{M_L}{A}$

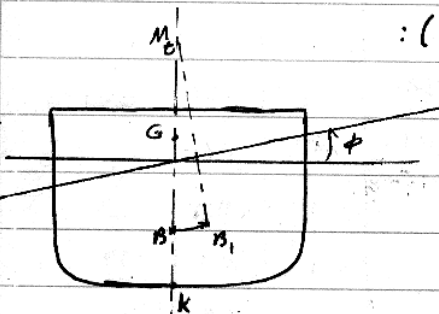
$M_L = \int x \cdot dA = x_c \cdot A \rightarrow x_c = LCF = \frac{M_L}{A}$

نقطه: در یک سطح صاف هیدرو استاتیک، در سطح نرم، این سطحی ها را

رسم می کنیم فقط در حالت Even keel آنها را رسم می کنیم.

$x_c = LCF = \frac{M_L}{A}, M_L = \int x \cdot dA = \int x \cdot y \cdot dx$
 $A = \int dA = \int y \cdot dx$

شعاع خنثی عرضی (B.M):



در حالت Even keel، مرکز بویانی (B) بر روی محور Z قرار دارد چون کشتی نسبت به محور Z متوازن است.

حال اگر کشتی را هیل دهیم، سطح آنجور نسبت به مرکز سطح صافی آنجور دوران پیدا می کند و مرکز بویانی نیز جابجا می شود. در این حالت

به نظریه، نقطه ک مرکز ثقل و مرکز بویانی وجود دارد که مرکز بویانی حول آن دوران می کند. مقدار B.M از رابطه زیر بدست

$B.M_t = \frac{I_t}{\nabla}$ I_t : عال اینرسی صاف آنجور حول محور x

∇ : حجم بویانی شادار

$I_t = \frac{1}{4} \int y^3 \cdot dx$

هیدرواستاتیک (۱۲، ۱۳، ۱۴)

جابجایی:

جابجایی خالی

جابجایی کل (Total Displacement): $\nabla_m + \nabla_{\text{void}} + \nabla_{\text{dead}}$

جابجایی خالی (Molded Displacement): جابجایی شناور بدون دکل

گرفتن ضخامت دکل

∇_m of ۱۷٪ الی ۱۵٪ = ضخامت دکل

Appound = ۱٪ of ∇_m
(زدانه)

تیلج کل = شناور + دکل + زدانه

فناور (کشتی به طول $l = ۱۵۶,۹۹$ م و عرض $B = ۲۷,۷۸$ م)

به ارتفاع نیم شده است. به عبارتی عرض بر روی خط آب طراحی به

شیخ جدول ذیل داده شده است. مطلوب است:

$\overline{BM}_L$, I_{θ} , I_t , LCF, TPCm, C_{wp} , A_{wp} , $\overline{BM}_t$

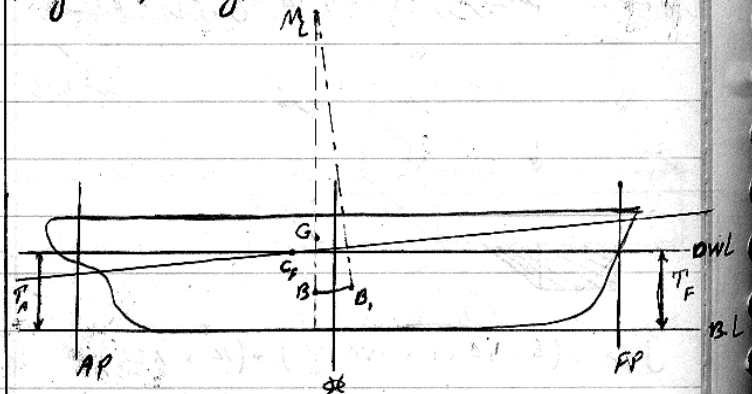
۵) محاسبات هیدرواستاتیک:

ارتفاع متانتر طولی ($\overline{BM}_L$)

Longitudinal Metacenter Radius

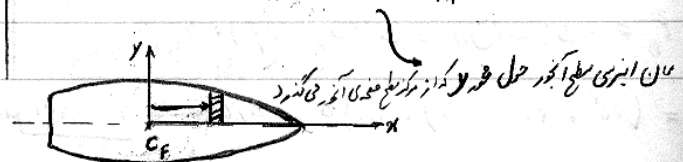
ارتفاع متانتر طولی ($\overline{KM}_L$)

Height of longitudinal Metacenter



* $T_A = T_F \rightarrow$ Even keel

$$\overline{BM}_L = \frac{I_{\theta}}{\nabla}, \quad I_{\theta} = \int_{AP}^{FP} x^2 y dx$$



s.a.m

$$LCF = \frac{M_L}{A_{wp}} = \frac{\int x y \cdot dx}{\int y \cdot dx} = \frac{2 \times 2 \times 5 \times \sum x^2}{2 \times 2 \times \sum x} = -2.1 \text{ m}$$

$$I_{L\#} = \int x^2 \cdot y \cdot dx = 2 \times 2 \times 5^2 \times \frac{5}{4} \sum x^3 = 3,257,500 \text{ m}^4$$

$$I_{Lcp} = I_{L\#} - A_{wp} (LCF)^2 = 2,212,200 \text{ m}^4$$

$$I_t = \frac{1}{12} \int y^3 \cdot dx = \frac{1}{12} \times 2 \times 2 \times \frac{5}{4} \sum x^4 = 1,023,390 \text{ m}^4$$

$$BM_L = \frac{I_L}{\nabla} = 180 \text{ m}$$

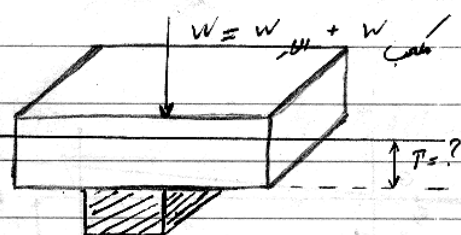
$$BM_t = \frac{I_t}{\nabla} = 5,79 \text{ m}$$

فصل (ک) یک لوله آلار به طول ۴ م، عرض ۱.۵ م، ارتفاع ۱ م دارد

حجم غرق نی $RD = \frac{S_{\text{آب}}}{S_{\text{شی}}}$ باشد. کی ملک فولاد به سطح ۱۵ م

درج غرق نی $RD = 1$ به زیر این آلار فرق بسته شده است و خود

در آب دریا به عمق نی $S_{\text{آب}} = 1.25$ قرار گرفته اند. آلار به لوله آلار



را پیدا کنید:

$$\text{جرم کل} = (2 \times 1.5 \times 1 \times 1.75 \frac{\text{ton}}{\text{m}^3}) + (1.5^2 \times 1 \frac{\text{ton}}{\text{m}^3})$$

$$\rightarrow \text{جرم کل} = 5.5 \text{ ton}$$

این سطلر جرم (یا وزن) باید با نیروی باریتی حجم زیر آب آلار، دیک برابر باشد:

$$F_B = \text{دریا} \times (\text{حجم تحت آب قرار}) = \text{دون آب جایگاه}$$

$$= (1.5^2 + 2 \times 1.5 \times 1) \times 1.25 = 5.5 \rightarrow T = 1.75 \text{ m}$$

①	②	③	④=②×③	⑤	⑥=②×⑤	⑦=②×⑥	⑧=②×⑦	⑨	⑩
تعداد	y(x)	ضرب	ضرب	بزرگ	ضرب	ضرب	ضرب	مربع	مربع
0	0	12.5	0	+4	0	25	0	0	0
1	1,250	1	1,250	+4,5	5,625	2,125	25,000	1,93	1,93
1	2,500	1.5		4		12		3,97	15,68
1	3,750	1		3,5		12,50		15,79	15,79
2	5,000	1.5+1.5	5,498	3	17,995	9	51,982	42,982	42,982
3	6,250	2		2		4			
4	7,500	1		1		1			
5	8,750	2		0		0			
6	10,000	1		-1		1			
7	11,250	2		-2		4			
8	12,500	1.5+1.5	7,753	-3	-23,259	9	29,827	1,025	1,025
9	13,750	1		-2,5		15,625			
10	15,000	1.5		-4		12			
11	16,250	1		-4,5		13,750	2,125	2,125	2,125
12	17,500	0		-5		25	0	0	0
Σ			Σ 15,184		Σ 15,184	Σ 25	Σ 25	Σ 25	Σ 25

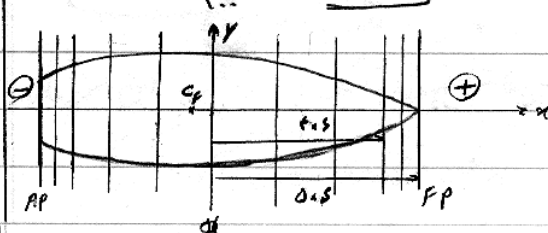
$$S = \frac{L}{1} = \frac{15,499}{1} = 15,499, \quad S' = \frac{S}{4} = 3,874$$

$$A_{wp} = 2 \int y \cdot dx = \frac{5}{4} \times 2 \times 2 \times \sum x = \frac{15,499}{4} \times 2 \times 2 \times 15,499$$

$$\rightarrow A_{wp} = 248,377 \text{ m}^2$$

$$C_{wp} = \frac{A_{wp}}{L \times B} = 1.719$$

$$TPCM = \frac{A_{wp} \times 1.25}{1} = 27,511 \text{ m}^3$$



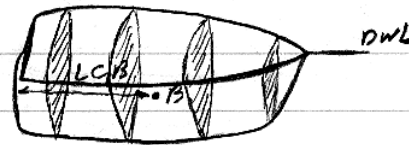
s.a.m

هیدرواستاتیک (۱۲، ۱۳، ۲۰)

جانبی و مرکز طولی جابجایی (LCB)

Longitudinal Center of Buoyancy

اگر فرض کنیم شکل بدنه دوزیر، شکل زیر آب نشان داده شده:



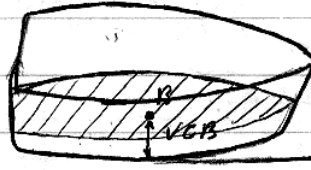
$$V = \int_0^L A \cdot dx$$

$$M_{AP} = \int_0^L x \cdot A \cdot dx$$

$$LCB = \frac{M_{AP}}{V}$$

مرکز عمودی جابجایی (VCB)

Vertical Center of Buoyancy



$$V = \int_0^T A_{wp} \cdot dz$$

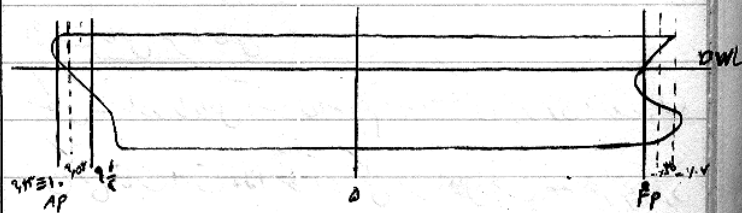
$$M_{B.L} = \int_0^T z \cdot A_{wp} \cdot dz$$

$$VCB = \frac{M_{B.L}}{V}$$

مثال) یک کشتی نشان داده شده است. متغیر سطح مقطع به ازای Section های مختلف

طولی داده شده است. اگر $L = 154.99 \text{ m}$ و $T = 8 \text{ m}$

و مطلوب است $LCB = ?$



$$S = \frac{154.99}{1} = 154.99 \text{ m}$$

Station	سطح مقطع	نصف ضریب برین	ضریب	بزرگت: - +	ضریب
10	-1.7	0	$1 \times 1.25 \times \frac{1}{2} = 0.125$	0	0
S=154	-1.25	3	$6 \times 1.25 \times \frac{1}{2} = 0.17$	0.17	1.1
FP	0	2.2	$1 \times 1.25 + \frac{1}{2} \times 1.25 = 0.7295$	0	0.1
10	1	12.7	1	12.7	0.1
S	1	22.4	0.5	11.2	0.1
1	1.5	25.1	1	25.1	0.1
2	5.2	25.1	$1.25 + 1.25 \times \frac{1}{2} = 0.75$	2.75	0.1
3	13.3	2	1.25	2.25	0.1
4	1.6	1	1.25	1.25	0.1
5	11.7	2	1.25	2.25	0.1
6	1.7	1	1.25	1.25	0.1
7	1.1	2	1.25	2.25	0.1
8	4.4	2	1.25	2.25	0.1
10	1.1	2.1	1.25	2.25	0.1
S	9	17.4	1.25	1.25	0.1
9.5	8.3	1.25	1.25	1.25	0.1
9.5	3.3	1.25	1.25	1.25	0.1
9.5	0	1.25	1.25	1.25	0.1
			$\Sigma = 94.22$		$\Sigma = 95.1$

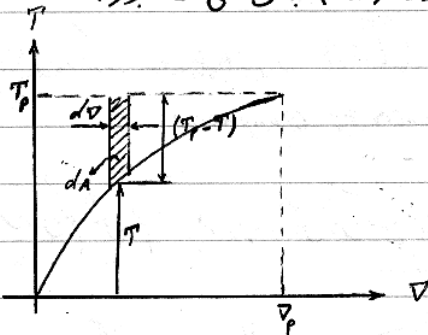
$$LCB = \frac{M_{AP}}{V} = \frac{\sum x \cdot A \cdot dx}{\sum A \cdot dx} = \frac{\sum x \cdot S}{\sum S} = \frac{94.22}{95.1} = 0.99 \text{ m}$$

$$V = \sum S \cdot \Delta x = 95.1 \text{ m}^3$$

$$M_{AP} = \sum x \cdot A \cdot dx = \sum x \cdot S \cdot \Delta x = 94.22 \text{ m}^4$$

$$LCB = \frac{M_{AP}}{V} = \frac{94.22}{95.1} = 0.99 \text{ m}$$

فالبه س مرکز برابری عمودی (KB) بگیل منحنی خط آنجور:



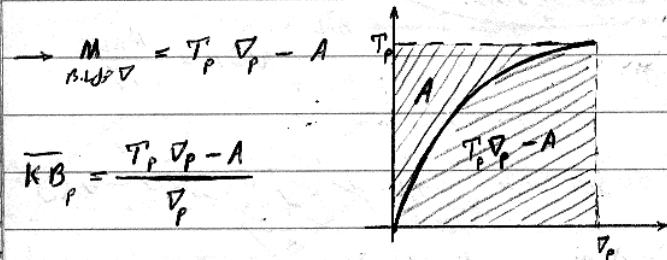
$$dA = (T_p - T) dV$$

$$A = \int (T_p - T) dV = \int_0^{V_p} (T_p - T) dV$$

$$\text{لطفی: } V = \int A_{wp} dT \rightarrow dV = A_{wp} dT$$

$$A = \int_0^{T_p} (T_p - T) dV = T_p \int_0^{T_p} dV - \int_0^{T_p} T dV$$

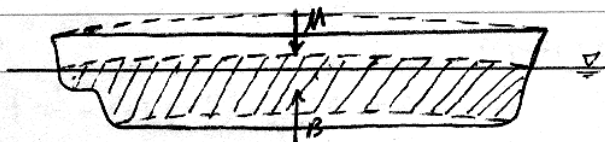
$$A = T_p \int_0^{T_p} A_{wp} dT - \int_0^{T_p} A_{wp} T dT$$



هیدرواستاتیک (M, 1.7)

اثرات خاص بر جابجایی:

هکاهی که فشار را داخل آب می اندازیم، به یک کتی خنجر بری داریم
وزن کتی ثابت است، لذا خط آنجور کتی نیز به همان نسبت به خط خنجر بری دارد.



مثال) مطلوب است فالبه KB در $T=1$ م، $T=2$ م بر یک فالبه

که A_{wp} آن بر حسب آنجور به شرح جدول زیر داده شده است.

① آنجور T (m)	② A_{wp} (m ²)	③ ضرب کردن	④=②×③ مطلوب	⑤ ضرب همان	⑥=④×⑤ مطلوب
0	1684	5	97.0	3	582
1	1714	1	13712	10	17140
2	1976	-1	-1976	-1	-1976
3	2127		$\Sigma 1 = 127.2$		$\Sigma 2 = 15756$

برای آنجور $T=1$ م، چون نقطه داده داریم، از روش اول استفاده می کنیم.

$$V = \frac{\Sigma}{K} \times \Sigma 1 = \frac{1}{K} \times 127.2 = 1.59$$

$$M_{1m} = \frac{\Sigma}{K} \times \Sigma 2 = 522.1 \text{ (m³)}$$

$$KB_{1m} = \frac{M_{1m}}{V_{1m}} = \frac{522.1}{1.59} = 122 \text{ m}$$

برای آنجور $T=2$ م، چون تعداد دهها 1 است از روش دوم استفاده می کنیم.

① T	② A_{wp}	③ ضرب کردن	④=②×③ مطلوب	⑤ از دست بیاورد	⑥=④×⑤ مطلوب
0	192	1	192	0	0
1	1712	4	7856	1	7856
2	1976	1	1976	2	3952
			$\Sigma 1 = 9.17$		$\Sigma 2 = 10808$

$$V_{2m} = \frac{\Sigma}{K} \times \Sigma 1 = 200.814 \text{ (m³)}$$

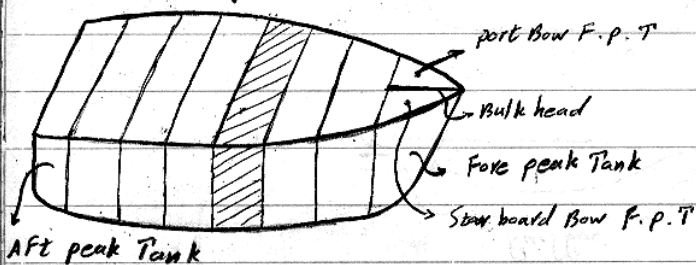
$$V_{2m} = \frac{\Sigma}{K} \times \Sigma 2 = 260.27 \text{ (m⁴)}$$

$$KB_{2m} = \frac{\Sigma 2 \times \Sigma 1}{\Sigma 1} = 1.197 \text{ (m)}$$

s.a.m

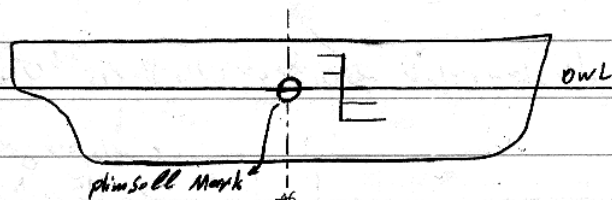
دائرة سطح زیر این محفظی انتقال می‌دهیم (سطح زیرین را قاب می‌گیریم)
 مقدار Wetted Surface بدست می‌آید.

(۸) ظرفیت (Capacity):



محفظه‌های، مرکز محفظه‌های، نوبت محفظه‌ها، محفظه‌های، مرکز محفظه‌های، مرکز محفظه‌های

(۹) خط بار (ناهن بار):



TF	Tropical Fresh	آب شیرین گرمسیری
F	Fresh	آب شیرین
T	Tropical	گرمسیری
S	Summer	تابستان
w	winter	زمستان
WN	winter North Atlantic	

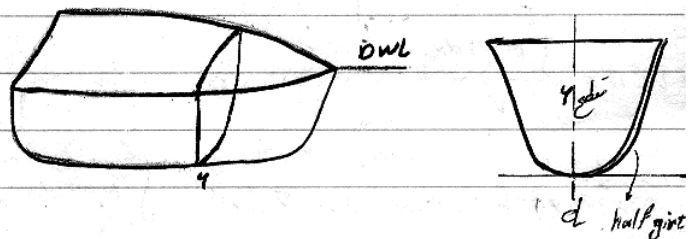
این تغییرات خط آب به دلیل تغییرات جغرافیایی است که گاهی در آن عمل می‌کنند.

* Design water Line سطحی بر آنجا که آب‌بندی باشد.

(۷) سطح خیس (Wetted Surface):

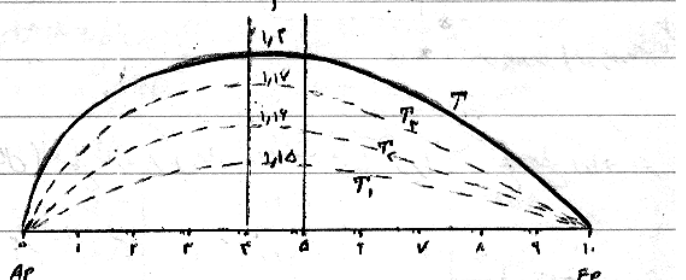
مقدار سطحی از کل بدن کشتی را که خیس شده است گویند.

می‌دانیم که بدن کشتی در درجه‌های دارای انحنا می‌باشد بنابراین برای قاب بندی سطح خیس، ابتدا باید این انحناها (خمیدگی‌ها) را باز کنیم تا سطح یک سطح صاف تبدیل گردد.

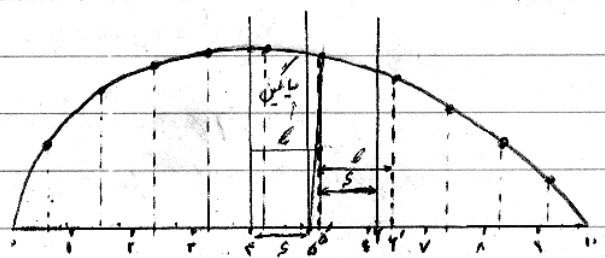


حال مقدار half girth را بر یک نوار سطح در آنجا که خط

اندازه گرفته در نمودارهای زیر خائس می‌دهیم:



اگر این کشتی در آب، میان این طوطا را قاب می‌گیریم و سطحی جدید را بر حسب این طوطا جدید (طوطای که بدست می‌آید) رسم کنیم داریم:



تقابل و پایداری - نقطه برای حرکت *heel* تعریف می شود.

* ناپایداری $\rightarrow$ *Instability*
 واژگونی $\rightarrow$ *Capizing* (نتیجه ناپایداری می باشد)

مقدمه: مفهوم تعادل را می توان در سه مورد خلاصه کرد:

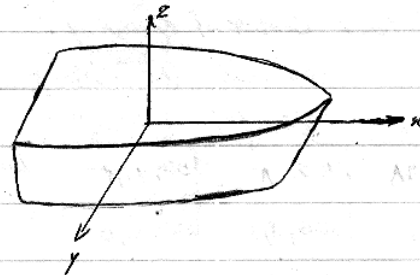
تقابل پایدار: در صورت انحراف از نقطه اولیه به لگن نیروهای خارجی، پس از حذف نیروی خارجی به حالت تعادل بر میگردد.

تقابل ناپایدار: اگر جسم را بگونه ای پایدار نگه داریم و اگر به اندازه ای بیارگم از حالت تعادل خارج کنیم، به صورت ناپایدار در آید. به عنوان مثال، اگر مکعب را بر روی لبه ای خود قرار دهیم، حال اگر این مکعب را به اندازه ای بیارگم از حالت تعادل خارج کنیم، به صورت ناپایدار در می آید. بنابراین می گوئیم مکعبی که بر روی لبه خود قرار گرفته در حالت تعادل ناپایدار می باشد.

تقابل خنثی: در صورتی که به جسم نیرو وارد کنیم و جسم به حرکت در آید، پس از توقف دوباره در حالت تعادل قرار گیرد. به عنوان مثال، مکعبی که بر روی زمین قرار گرفته است.

تقابل و پایداری کشتی:

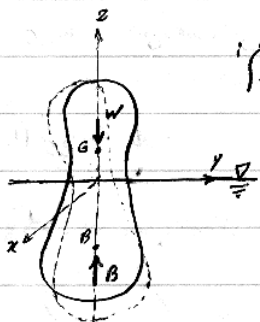
می دانیم که کشتی در آب دریا در یک درجه آزادی می باشد.



در بحث تعادل، به دنبال جابجی زیر هستیم:

(۱) برآیندی و مرکز برآیندی
 (۲) مقدار وزن و موقعیت مرکز وزن
 که در فصل قبل مطرح گردید

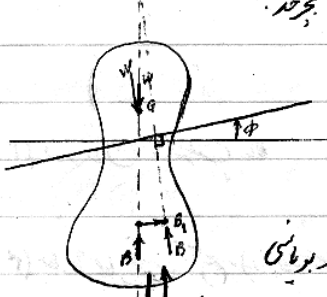
نرض کنیم شادری را در آب به صورت زیر داریم:



$$\begin{cases} \sum F_z = 0 \rightarrow B = W \\ \sum M_x = 0 \rightarrow \text{راستای نیروی برآیندی در وزن یکسان باشد} \end{cases}$$

(به اندازه زاویه ϕ)

حال اگر مقدار شادری را *heel* دهیم، همانند این است که خود شادری ثابت مانده و خط آب شادری به اندازه ϕ بچرخد.



* نیروی وزن عمود بر راستای عمود بر خط آب بر جسم وارد می شود.

در حالت *heel*، دو نیروی وزن در برآیندی

یک گشتاور کوپل ایجاد می کنند که این گشتاور باعث می شود گشتاور پایدار کننده.

که کشتی به حالت تعادل اولیه به بدن *heel* برنگردد.

گشتاور برگرداننده (*Righting Moment*):

گشتاوری است که به دلیل عمل زاویه *heel*، بین دو نیروی وزن و برآیندی ایجاد می شود و باعث می شود کشتی به حالت اولیه برگردد.

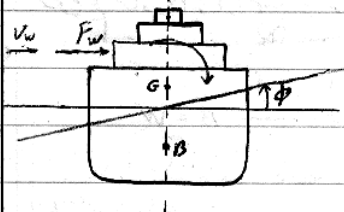
گشتاور هیل دهنده (Heeling Moment):

گشتاور اعمالی توسط نیروی خارجی که منجر به هیل شدن کشتی شود را گویند.

هیل (Heel): به گشتاور زوایای استاتیکی که کشتی را بر اثر گشتاور هیل دهنده پدید می آورند گویند.

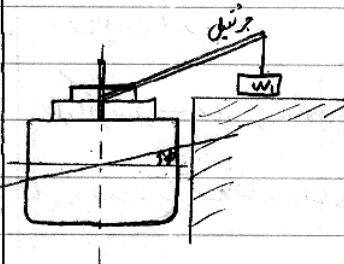
در حالت استاتیکی، اطلاعات نداریم که کشتی چگونه به حالت زوایای هیل برسد و نقطه به نقطه ای انتقالی کار داریم.

نیروهای هیل دهنده کشتی (خارجی):



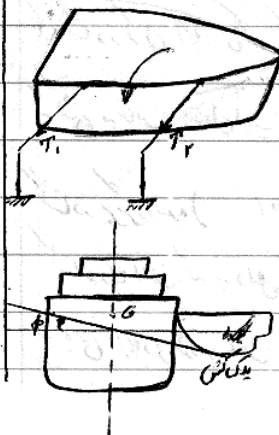
(۱) نیروی باد

(۲) بلند کردن دزدن کشتی به صورت عرضی



(۳) دور زدن با سرعت بالا

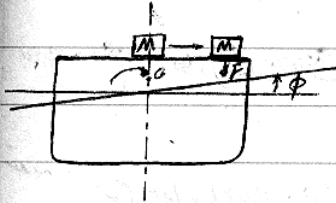
(۴) خطوط عارضی کشتی (Moorline)



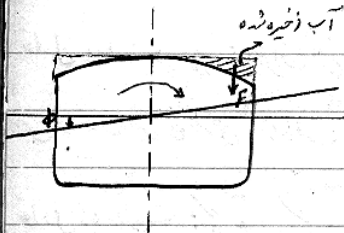
(۵) خطوط کشش بین کشتی ها

(۶) به اگل نشستن (Grounding)

شرایط داخلی که باعث Heeling می شوند:



(۱) حرکت در زده ها در داخل کشتی



(۲) آب جمع شده بر روی عرشه

هیدرو استاتیکی (۸۷، ۱، ۲۲) (جهت پیل نگین نشد)

(۲) تعیین وزن دگرگون شدن:

$$W = W_{light} + W_{dead weight}$$

$W_{dead weight} \rightarrow$ خدمه + مسافران + مواد غذایی + سوخت + آب + بار

$W_{light} \rightarrow$ (موتورخانه) ماشین آلات + تجهیزات + بدنه فولاد

مثال: اگر وزن صفت ها مختلف یک کشتی، در صفت مکانی آنها در جدول زیر داده شده باشد، مطالب استاتیکی VCG ، LCG کشتی؟

VCG : Vertical Center of Gravity

LCG : Longitudinal Center of Gravity

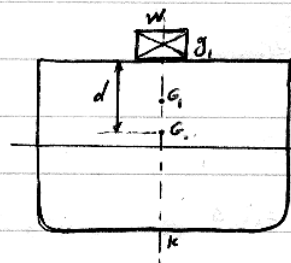
(نقطه F.P) (نقطه B.L)

	وزن (tonn)	VCG (m)	LCG (m)
W_1 (بدنه)	۴۹۲۸	VCG_1 ۸	LCG_1 ۸۲٫۲
W_2 تجهیزات	۲۰۹۹	VCG_2 ۱۳٫۸	LCG_2 ۸۱٫۵
ماشین آلات W_3	۱۰۰۴	VCG_3 ۲	LCG_3 ۹۲٫۶
کشتی	۸۰۷۱	?	?

$$W(\bar{KG}_1 - \bar{KG}_2) = \cancel{C} + w \cdot \bar{kg}_1 - (\cancel{C} + w \cdot \bar{kg}_2)$$

$$W(\bar{G}_1 \bar{G}_2) = w(\bar{kg}_1 - \bar{kg}_2)$$

$$\rightarrow \bar{G}_1 \bar{G}_2 = \frac{w \cdot d}{W}$$



اضافه کردن یا کم کردن وزن:

در 'w' به شماره اضافه شده است.

$$\bar{G}_1 \bar{G}_2 = ?$$

C: میان خطه وزن ها به جز وزن w به حل B.L

این (w) را به G اضافه می کنیم

$$\bar{KG}_1 (W + w) = C + w \cdot \bar{kg}_1$$

ب (w) را از G به G1 انتقال می دهیم

$$\bar{KG}_1 (W + w) = C + w \cdot \bar{kg}_1$$

ناقص

$$\bar{KG}_1 (W + w) - \bar{KG}_2 (W + w) = w \cdot \bar{kg}_1 - w \cdot \bar{kg}_2$$

$$\rightarrow (W + w) \cdot \bar{G}_1 \bar{G}_2 = w(\bar{kg}_1 - \bar{kg}_2)$$

$$\rightarrow \bar{G}_1 \bar{G}_2 = \frac{w \cdot d}{W + w}$$

مثال) شماره ۱ با جایی $\Delta = 1250 \text{ tonn}$

بارگیری هایی به شرح زیر انجام شده است:

۱) 100 ton at $\bar{kg} = 5,5 \text{ m}$

۲) 180 ton at $\bar{kg} = 12,2 \text{ m} \Rightarrow \bar{KG}_1 = 9,5 \text{ m}$

۳) 59 ton at $\bar{kg} = ?$

$$W = \sum w_i = \text{مجموع وزن}$$

$$VCG \times W = VCG_1 \times w_1 + VCG_2 \times w_2 + \dots + VCG_n \times w_n$$

$$LCG \times W = LCG_1 \times w_1 + LCG_2 \times w_2 + \dots + LCG_n \times w_n$$

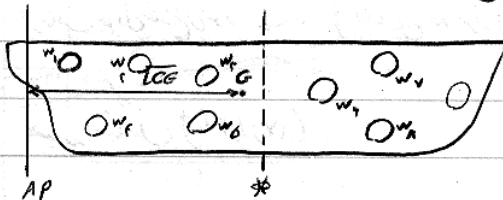
معمولاً مرکز ثقل عمودی گشتی:

$$W = \sum w_i$$

$$W \times \bar{KG} = \sum w_i \times \bar{kg}_i$$

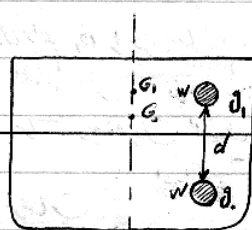
$$\bar{KG} = \frac{w_1 \bar{kg}_1 + w_2 \bar{kg}_2 + \dots + w_n \bar{kg}_n}{W}$$

معمولاً مرکز ثقل طولی گشتی:



$$W \times \bar{LCG} = \sum w_i \times x_i$$

$$\rightarrow \bar{LCG} = \frac{w_1 x_1 + w_2 x_2 + \dots + w_n x_n}{W}$$



جابجایی وزن ها به صورت عمودی:

$$\bar{G}_1 \bar{G}_2 = ?$$

مثال) وزن ها (w) را حل B.L به جز وزن w

$$W \times \bar{KG}_1 = C + w \cdot \bar{kg}_1$$

$$W \times \bar{KG}_2 = C + w \cdot \bar{kg}_2$$

ناقص

$$\rightarrow \bar{GZ} = \frac{M_R}{W} = \text{بازوی برگرداننده (Righting Arm)}$$

$$, \bar{GZ} = \bar{GM} \sin \phi$$

بنابر این روابط زیر را داریم:

$$\bar{GM}^{\oplus} \rightarrow \bar{GZ}^{\oplus}$$

$$\bar{GM}^{\oplus} \rightarrow M_R^{\oplus} \rightarrow \text{گشتی تعادل اولیه دارد}$$

$$\bar{GM}^{\ominus} \rightarrow M_R^{\ominus} \rightarrow \text{گشتی تعادل اولیه ندارد}$$

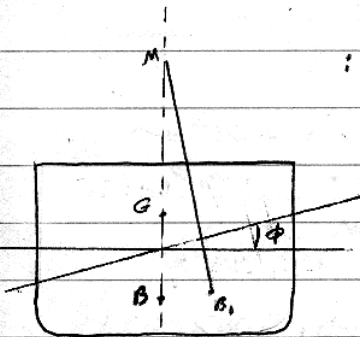
رابطه عبارت دیگر:

$$\bar{GM} > 0 \rightarrow (G \text{ پایین } M \text{ قرار گیرد})$$

$$\bar{GM} < 0 \rightarrow (G \text{ پایین } M \text{ قرار گیرد})$$

هیدرواستاتیک (۱۷، ۳۱)

ادامه - (۳) ارتفاع متاسنتر:



پیدا کردن جای نقطه M:

با پیدا کردن نقطه M

می توانیم B_۱ را نیز پیدا کنیم.

برای پیدا کردن نقطه M، باید فرضیاتی داشته باشیم:

فرضیات:

(۱) مقطع گشتی Wall-Sided است. (خط آب صاف پس از چیل)

از محور تعادل مقطع عبور می کند

① وزن	② $\bar{KG} \text{ (m)}$	③ $w \cdot \bar{kg}$
۱۲۵۰۰	۹٫۴	۱۲۰۰۰۰
۱۰۰۰	۵٫۵	۵۰۰۰
۱۸۵۰	۱۲٫۶	۱۱۵۹۰
۱۲۰۰	$\bar{kg}_r$	$۱۲۰۰ \cdot \bar{kg}_r$
$\Sigma = ۱۵۹۵۰$		$\Sigma z = ۱۲۷۰۰ + ۱۲۰۰ \cdot \bar{kg}_r$

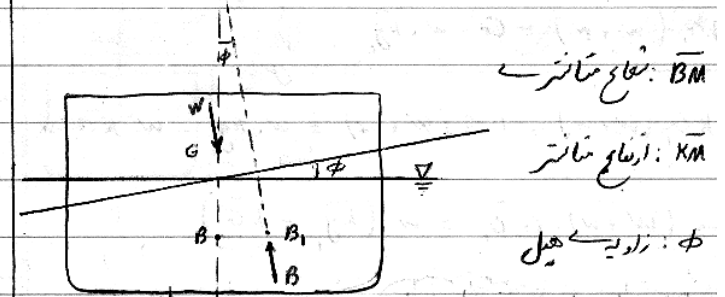
$$(\Sigma w) \bar{KG}_1 = (\Sigma w \cdot \bar{kg}_i)$$

$$\rightarrow \bar{KG}_1 = \frac{۱۲۷۰۰ + ۱۲۰۰ \cdot \bar{kg}_r}{۱۵۹۵۰} = ۹٫۵$$

$$\rightarrow \bar{kg}_r = ۹٫۰۸۱ \text{ m}$$

(۳) ارتفاع متاسنتر (Metacentric Height):

- مرکز متاسنتر (M) و ارتفاع متاسنتر ($\bar{GM}$):



$\bar{BM}$: ارتفاع متاسنتر

$\bar{KM}$: ارتفاع متاسنتر

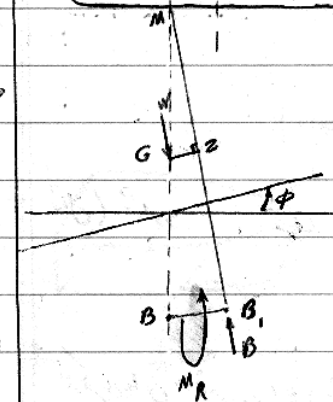
ϕ : زاویه چیل

- شرط عبور اثر نیروی برابری از

نقطه ی متاسنتر M:

زاویه ی چیل کوچک باشد $\phi < 7^\circ$

در این صورت:

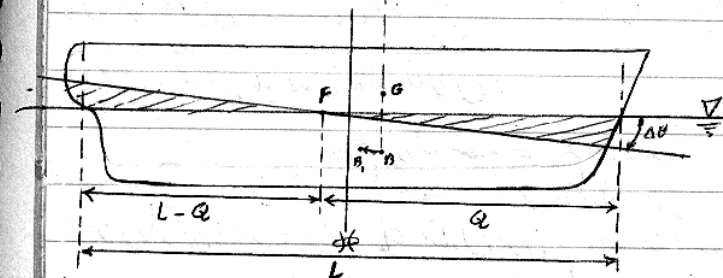


$$W \times \bar{GZ} = M_R = \text{گشتاور برگرداننده (Righting Moment)}$$

s.a.m

هیدرواستاتیک (۱۷، ۲، ۲)

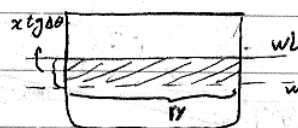
تأثیر طولی (M_L) و ارتفاع تأثیر طولی $(\bar{G}M_L)$:



$$V = \int_0^L (xy) (x \tan \theta) dx$$

$$V = \int_0^L (xy) (x \tan \theta) dx$$

عقب = جلو : شرط لازم برای تعادل



$$\int_0^L (xy) (x \tan \theta) dx = \int_0^L (xy) (x \tan \theta) dx$$

$$\int_0^L x \cdot y \cdot dx = \int_0^L x \cdot y \cdot dx \Rightarrow F \text{ باید موقع مرکز سطح صاف آبخورد باشد}$$

مان اول سطح آبخورد
مان اول سطح آبخورد
حل خودی که از F می گذرد
حل خودی که از F می گذرد

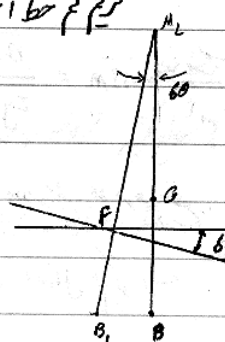
مان اول سطح حول محور که از مرکز سطح می گذرد برابر صفر است.

تیم کم خط آب، حول مرکز سطح F می چرخد.

$$\bar{B}M_L = \frac{B B_1}{\tan \theta}$$

$$V \cdot B B_1 = V \cdot \bar{G} \bar{G}_1$$

$$\bar{B}M_L = \frac{V \cdot \bar{G} \bar{G}_1}{V \cdot \tan \theta}$$

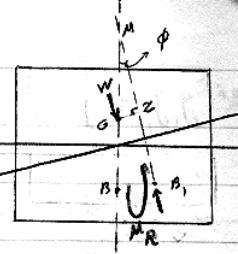


$$M_R = \bar{G}Z \cdot W = \bar{G}M \cdot \sin \phi \cdot W$$

$$M_R = 1222 \times \sin 1.1 \times 2000 \times 9.81$$

$$M_R = 22221.05 \text{ (kN.m)}$$

هم



بازگشت:

$$W_f = W + w = 1000 + 800 = 1800$$

$$V_f = \frac{W_f}{\rho} = \frac{1800}{1} = 1800 \text{ m}^3, T = \frac{1800}{1000} = 1.8 \text{ m}$$

$$\bar{K}B = \frac{T}{2} = 0.9 \text{ m}$$

$$\bar{B}M_f = \frac{I_{xx}}{V_f} = \frac{18222}{1800} = 10.123 \text{ m}$$

چون بار دیگر را در $\bar{G} \bar{G}_1 = 4 \text{ m}$ اضافه کرده ایم داریم:

$$\bar{G} \bar{G}_1 = \frac{w \cdot d}{W + w} = \frac{800 \times 4}{1800} = 1.78$$

$$\bar{K} \bar{G}_1 = 4 - 1.78 = 2.22 \text{ m}$$

$$\bar{G}M_f = 0.9 + 10.123 - 2.22 = 8.803 \text{ m}$$

$$M_{R_f} = W_f \cdot \bar{G}M_f \cdot \sin 1.1 = 1800 \times 8.803 \times \sin 1.1 = 1711.6 \text{ ton.m}$$

نکته: برای کشتی هایی که وزن آنها تغییر می یابد این

مقدار $\bar{G}M$ است که تعیین کننده ی مقدار بایدتر است (کشتی بایدتر است)

است بطوریکه کشتی که $\bar{G}M$ آن بیشتر است بایدتر است

دلیلی بر کشتی هایی که مقدار وزن آنها تغییر می یابد این استاندارد گرداننده

(M_R) است که تعیین می کند کشتی از نظر هیدرواستاتیک بایدتر است

بطوریکه هر چه استاندارد گرداننده بیشتر باشد، کشتی بایدتر است.

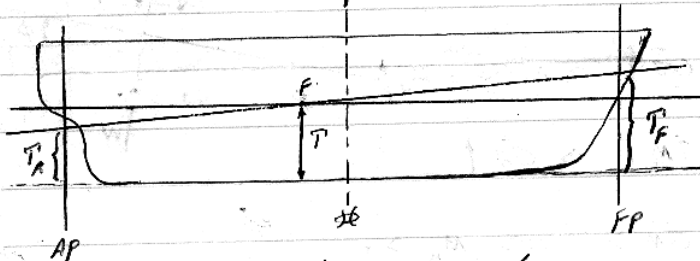
(م. باز نگاه می کند دم به نبرد درنده)

s.a.m

$$\int x dx = x_B \cdot \frac{1}{2}$$

توسط مرکز جرم

۱۲) محاسبه لازم برای ایستایی در تریم:



* در حالت تریم، محور ثقل را با توجه به فاصله مرکز ثقل از B.L. (از A.B. اندازه گیری کنید)

$$t = T_F - T_A$$

- الزاماً F در سمت چپ Amid Ship نمی باشد لذا علی این است $T_F > T_A$

دیا $T_F < T_A$ باشد تریم به سمت راست
 trim by Aft
 تریم به سمت چپ
 trim by Fore



برای زاویه کوچک: $\sin \theta \approx \theta$ (رادیان) $\approx \tan \theta$

$$\theta_{(radians)} = \frac{1}{100 \times L} = \tan \theta \approx \sin \theta$$

$$\rightarrow MTC_m = \Delta \cdot \bar{GM}_L \cdot \frac{1}{100 \times L} = \frac{\Delta \cdot \bar{GM}_L}{100 \times L}$$

$$\bar{GM}_L \approx \bar{BM}_L, \quad \bar{BM}_L = \frac{I_L}{\nabla}$$

$$\rightarrow MTC_m = \frac{\Delta \cdot I_L}{\nabla \times 100 \times L} \Rightarrow MTC_m = \frac{\rho \cdot I_L}{100 \times L}$$

۱۳) ارتفاع متانسری:

- ارتفاع متانسری مناسب:

$$\bar{g} \cdot \bar{g}_r = \bar{g}_r \cdot F + F \cdot \bar{g}_r = \frac{\int_{-a}^{a} x dx}{\frac{1}{2}} + \frac{\int_{-a}^{a} x dx}{\frac{1}{2}}$$

$$= \frac{\int_{-a}^{a} x \cdot (xy) (x \tan \theta) dx}{\frac{1}{2}} + \frac{\int_{-a}^{a} x (xy) (x \tan \theta) dx}{\frac{1}{2}}$$

$$\rightarrow \bar{g} \cdot \bar{g}_r = \tan \theta \int_{-a}^{a} x^2 y dx + \tan \theta \int_{-a}^{a} x^2 y dx$$

$$\text{از طرفی: } I_L = \int_{-a}^{a} x^2 y dx$$

$$\rightarrow \bar{g} \cdot \bar{g}_r = \tan \theta \cdot I_L \rightarrow I_L = \frac{\bar{g} \cdot \bar{g}_r}{\tan \theta}$$

$$\text{بنابراین } \delta \theta \rightarrow 0 \Rightarrow \boxed{BM_L = \frac{I_L}{\nabla}}$$

نکته: در حالت کلی داریم:

$$\bar{GM}_L = KB + \bar{BM}_L - \bar{KG}$$

دلی اگر KB و $\bar{KG}$ را بدانیم می توانیم تقریب بزنیم و داریم:

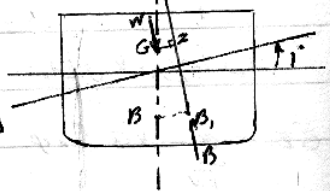
$$\bar{GM}_L \approx \bar{BM}_L$$

گام برداشته ارتفاع متانسری:

۱۴) محاسبه لازم برای ایجاد یک درجه چیل

$$M = \bar{GZ} \cdot \Delta$$

$$\rightarrow M = \bar{GM} \cdot \sin i \cdot \Delta$$



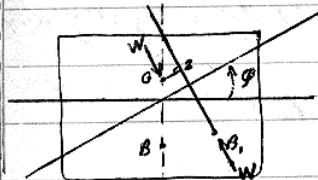
۱۵) محاسبه لازم برای ایجاد یک درجه تریم:

$$M = \Delta \cdot \bar{GM}_L \cdot \sin i$$

هیدرو استاتیک (۱۷، ۲، ۳) (جله جبرانی)

۴) منحنی های تعادل (Curves of Stability):

منحنی های تقاطع (Cross Curves):

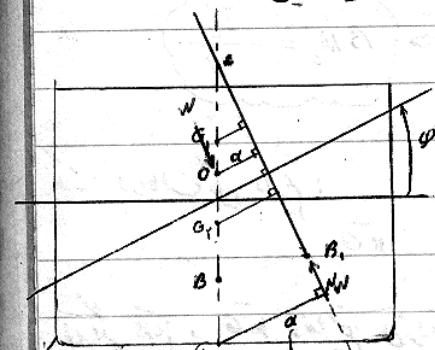


اگر زاویه چیل بزرگ باشد،

$GZ \neq GM \sin \phi$ است.

دقیقه GZ در ϕ در آنجاها تقاطع

د GZ ها تقاطع بر حسب زاویه چیل (ϕ) است.



- چون تقاطع نقطه G

باز به نوع بارگیری تغییر

است. لذا یک نقطه فرضی

(نقطه O) را به عنوان مرکز جرم

در نظر می گیریم. که این نقطه با B موازی

G واقعی است. و با B موازی G واقعی قرار دارد.

اگر G پایین تر از O قرار گیرد:

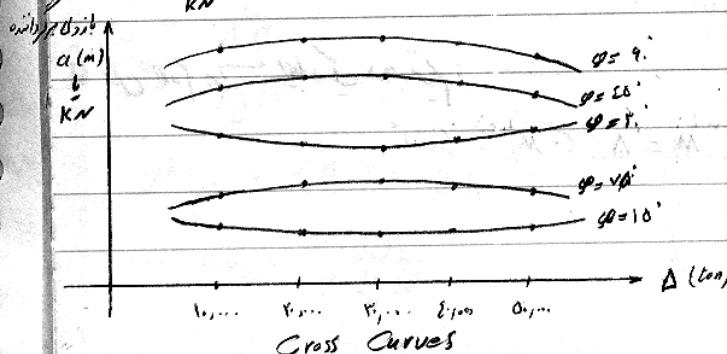
$$GZ = a + OG \sin \phi$$

اگر G بالاتر از O قرار گیرد:

$$GZ = a - OG \sin \phi$$

حال خاص: فرض می کنیم مرکز جرم فرضی O ، در نقطه K قرار گرفته است:

$$GZ = a - \frac{KG}{KN} \sin \phi$$



$$GZ = GM \cdot \sin \phi$$

$$GZ \uparrow \Rightarrow \Delta \cdot GZ = M_R \uparrow$$

$$GM \uparrow \Rightarrow GZ \uparrow$$

$$GM > 0 \Rightarrow M_R > 0$$

چند متر $GM < 15 \text{ cm}$ صادر

* رابطه GM بین برود نورمان کنی (که رابطه مستقیم با آنالیز مافران دارد) و GM (که نشان دهنده پایداری کنی است) به صورت زیر می باشد:

$$T \propto \frac{1}{\sqrt{GM}}$$

بنابراین به این نتیجه می رسیم که با زیاد شدن GM (افزایش پایداری)

شماره T کاهش می یابد (کاهش آنالیز) و برعکس با کم شدن

GM (کاهش پایداری) شماره T افزایش می یابد (افزایش آنالیز)

* با تغییر زاویه چیل کنی از 0 تا 90 ، موقعیت مرکز ثقل متغیر کنی

تغییر می کند و BM فقط به هندسه زیر آب کنی بستگی دارد:

$$BM = \frac{I_t}{V}$$

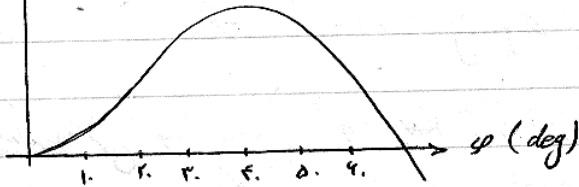
و با توجه به اینکه $GM = KB + BM - \frac{KG}{KN}$ ، لذا مقدار GM به

هندسه کنی + موقعیت مرکز ثقل متغیر کنی بستگی دارد.

خطی جبردار استاتیکی (جنبه جدید)

منحنی متقابل استاتیکی (Static Stability curve) $(GZ - \varphi)$

GZ (Righting Arms)



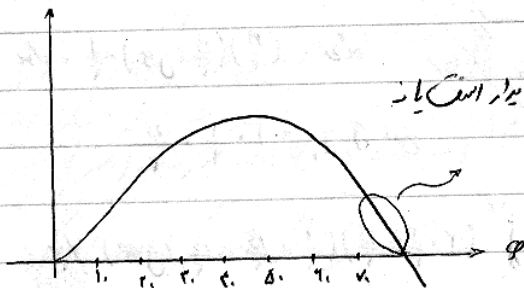
مثال) از منحنی Cross curves یک کشتی، مقدار kN در زوایای مختلف درجایان $\Delta = 29000 \text{ ton}$ استخراج شود. است. در صورتی

که مرکز جرم این کشتی $kG = 2.6 \text{ m}$ باشد، $(GZ - \varphi)$

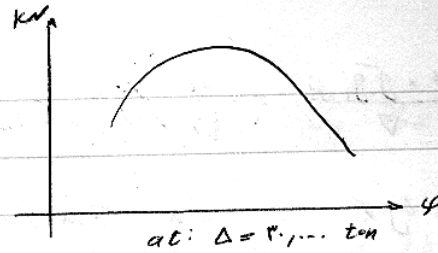
را بدست آورده می‌کنیم. $GZ = kN - kG \sin \varphi$

φ	$kN \text{ (m)}$	$kG \sin \varphi$	$GZ = kN - kG \sin \varphi$
0	0	0	0
5	1.86	1.11	1.75
12	2.27	1.21	2.06
15	2.19	1.11	2.08
20	2.22	1.22	2.00
45	1.22	1.22	0

GZ



در نزدیک پایدار است یا نه



منحنی های Cross curves بر وسیله طراحی کشتی بدست می‌آید

و بدست که این منحنی ها را رسم می‌کنند. با استفاده از این منحنی ها، می‌توان

مقدار GZ واقعی را با استفاده از رابطه زیر بدست آوردیم:

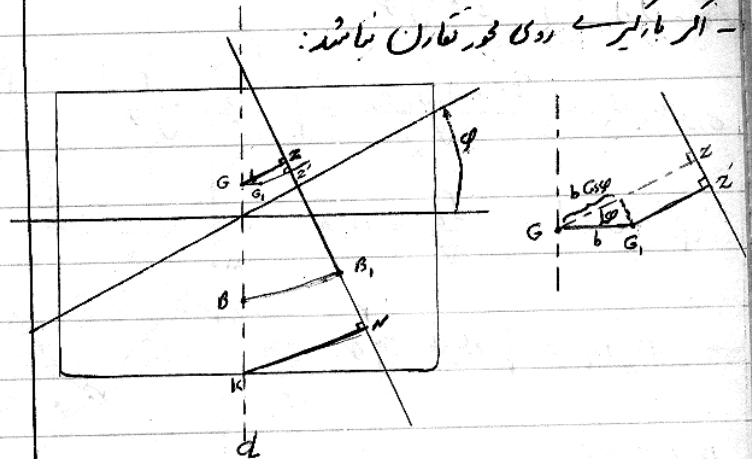
$$GZ = kN - kG \sin \varphi$$

* پیدا کردن مقدار kN برای یک کشتی:

۱) پیدا کردن موقعیت B_1 از خطی عمود بر خط آب در هم می‌کنیم

۲) از k خطی عمود بر خطی که جدیداً رسم نمودیم رسم می‌کنیم و kN را مقابله می‌کنیم.

- اگر با این روش روی محور متقابل نباشد:



$$GZ = kN - kG \sin \varphi$$

$$GZ' = kN - kG \sin \varphi - b \cos \varphi$$

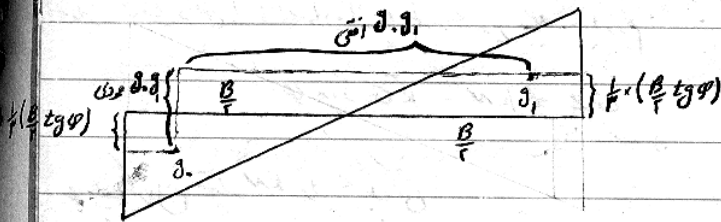
⊕ برابری خطی که G در طرف دیگر d باشد

$$\overline{B_1 B_2} = \frac{v \times \overline{g.g_1}}{\nabla} = \frac{I_t}{\nabla} \tan \varphi$$

$$\overline{B_1 B_2} = \overline{B.M} \tan \varphi, \quad \overline{GK} = \overline{GM} \sin \varphi$$

$$\overline{B_1 B_2} = \frac{v \times \overline{g.g_1}}{\nabla} \quad \text{بر اساس اصل مرکز ثقل}$$

$$dv = \frac{1}{r} \left(\frac{B}{r} \right) \left(\frac{B}{r} \tan \varphi \right) dx$$



$$\overline{g.g_1} = \frac{r}{r} \left(\frac{B}{r} \tan \varphi \right)$$

$$v \times \overline{g.g_1} = \int \frac{r}{r} \left(\frac{B}{r} \tan \varphi \right) \left(\frac{B}{r} \cdot \frac{1}{r} \cdot \frac{B}{r} \tan \varphi \right) dx$$

$$v \times \overline{g.g_1} = \frac{1}{r} \cdot I_t \cdot \tan^2 \varphi$$

$$\overline{B_1 B_2} = \frac{v \times \overline{g.g_1}}{\nabla} = \frac{1}{r} \cdot \frac{I_t}{\nabla} \tan^2 \varphi$$

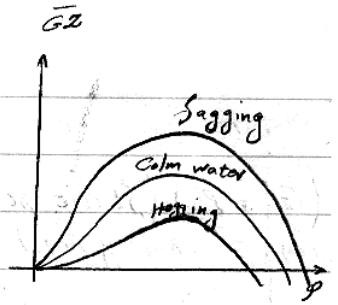
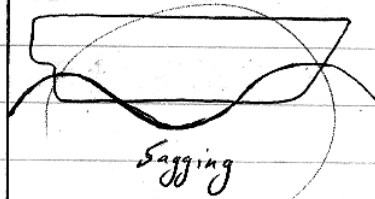
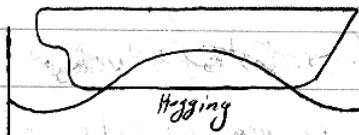
$$\frac{I_t}{\nabla} = \overline{B.M}$$

$$\rightarrow \overline{B_1 B_2} = \frac{1}{r} \overline{B.M} \tan^2 \varphi$$

$$\overline{B_1 y} = \overline{xz}$$

$$\overline{xz} = \overline{B_1 y} = \left(\frac{1}{r} \overline{B.M} \tan^2 \varphi \right) \cdot \sin \varphi$$

$$\overline{GZ} = \overline{xz} + \overline{GK} = \sin \varphi \left(\overline{GM} + \frac{1}{r} \overline{B.M} \tan^2 \varphi \right)$$

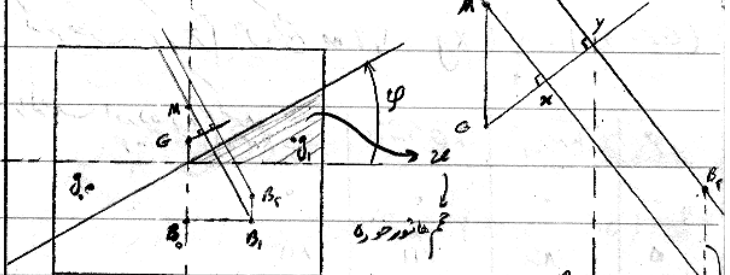


بسیار کردن فنی $\varphi - GZ$ ($KM - \varphi$) بر روی

Wall sided (الف) کنی

خیل بزرگ: (ب) کنی

Wall sided (الف) کنی



$$\overline{B_1 B_2} \times \nabla = \overline{g.g_1} \times v \rightarrow \overline{B_1 B_2} = \frac{\overline{g.g_1} \times v}{\nabla}$$

$$dv = \left(\frac{B}{r} \right) \left(\frac{B}{r} \tan \varphi \right) \times \frac{1}{r} \cdot dx$$

$$\overline{g.g_1} = r \times \frac{r}{r} \times \frac{B}{r}$$

$$v \times \overline{g.g_1} = \int \left(r \times \frac{r}{r} \times \frac{B}{r} \right) \left(\frac{1}{r} \times \frac{B}{r} \times \frac{B}{r} \tan \varphi \right) dx$$

$$= \tan \varphi \int \frac{B^2}{r} dx = I_t \times \tan \varphi$$

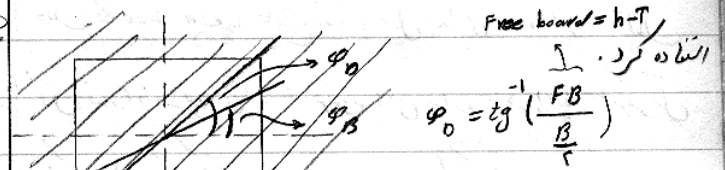
همانکه $GZ = GM \sin \varphi$: برای زوایای کوچک φ : $\sin \varphi \approx \varphi$

مثال) بانویی به طول ۵۰ م، عرض ۸ م و ارتفاع ۶ م
 دایره ۲۵ م، $kG = ۴$ م عرض است. مطلوب است GZ - φ ؟

$GZ = \sin \varphi (GM + \frac{1}{4} BM \tan^2 \varphi)$

نکته اول: برای یک بانین یا هرکتی Wall-Sided زمانیکه کنش خارج

دیواره شیب دارد داخل آب می شود، دیگر نمی توان از روابط Wall-Sided



استاندارد کرد. $Freeboard = h - T$

$\varphi_0 = \tan^{-1} \left(\frac{FB}{\frac{B}{4}} \right)$

$\varphi_0 = \tan^{-1} \left(\frac{FB}{\frac{B}{4}} \right) = 41^\circ$

$\varphi_B = \tan^{-1} \left(\frac{T}{\frac{B}{4}} \right) = 32^\circ$

$GM = KB + BM - kG$

$KB = \frac{1}{4} T = 1.25 \text{ m}$
 $BM = \frac{I_B}{\nabla} = \frac{\frac{B^3}{12}}{LBh} = 2.13 \text{ m}$, $kG = 4 \text{ m}$

$\rightarrow GM = 1.25 + 2.13 - 4 = -0.62 \text{ m}$

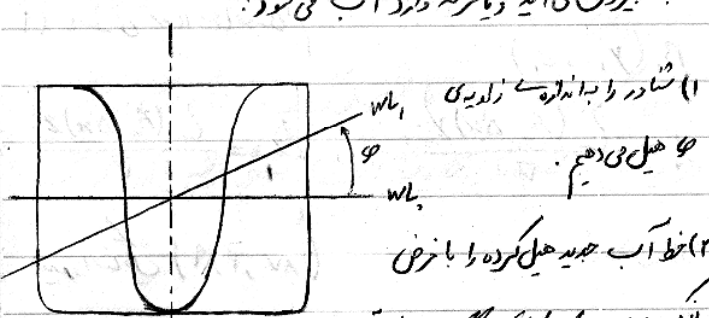
$\rightarrow GZ = \sin \varphi (-0.62 + \frac{1}{4} \cdot 2.13 \cdot \tan^2 \varphi)$, $\varphi < 23^\circ$

نکته دوم: گاهی که در زوایای اولیه داریم حالت شیب به یک زاویه به

GM مثبت می رفته که این زاویه را «لول» می نامند.

یعنی اگر به درستی کنیم، با توجه به مدار Δ ، شیب بد کنیم، در حالت even keel
 مدار GM مثبت باشد (M پایین تر از G قرار گرفته باشد) حال اگر به این کنیم
 میل داریم، در ابتدا نیروهای برآینی در وزن به میل کردن کنش گن می کنند (مانند میل
 برکتی دارد می کنند) ولی در این حالت، با میل کردن کنش تغییر سطح منوی آب می شود، مدار BM
 افزایش یافته و M رفته رفته بالا تر از نقطه G قرار گرفته و GM مثبت می شود، در این
 حالت، نیروهای برآینی در وزن، مانع بر گردانند به کنش می دارند و زاویه را کم
 در آن مدار GM مثبت می شود و زاویه به لول می گویند.

ب) کنش $Non-Wall Sided$ ؟
 آب بیرون می آید و یا عرشه دارد آب می شود:



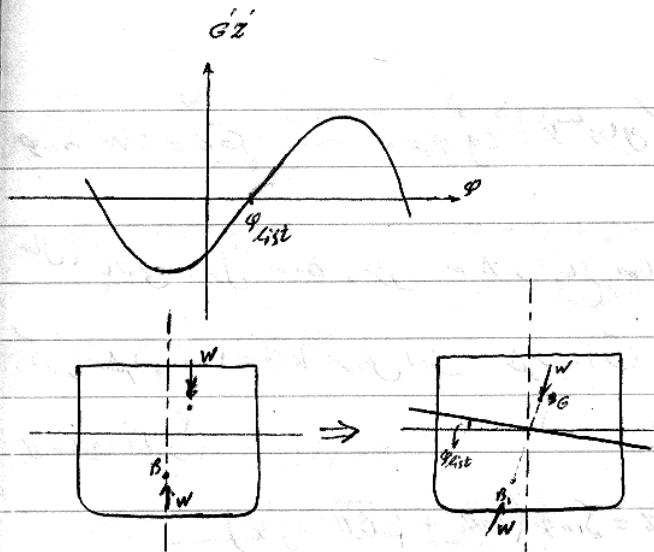
۱) شیب را به اندازه زاویه φ میل می دهیم.
 ۲) خط آب جدید میل کرده را با عرض wl_1
 ایده دیواره $Wall-Sided$ است
 پیدا می کنیم (wl_1)

۳) مدار Δ جدید را برای wl_1 با استفاده از جدول آفست کنیم

حساب می کنیم ؟
 اگر تغییر می کند می توانیم به یک جدول دیگر مراجعه کنیم
 در صورتیکه Δ حساب شده از Δ اولیه بیشتر باشد (مثلاً) انحراف

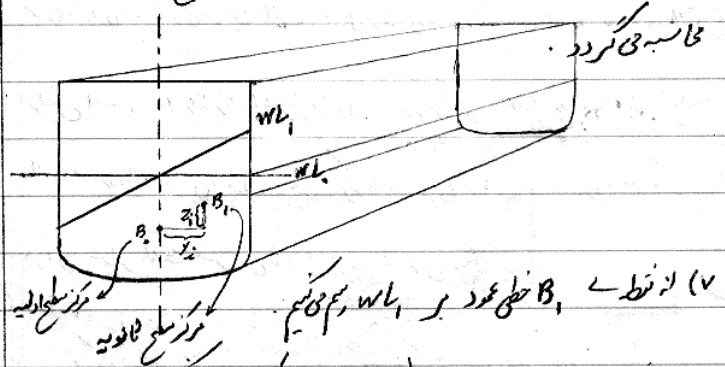
شماره را به اندازه ΔT به شرح شکل «برداریم» (افزادیم) می کنیم.

پس Δ جدید را حساب می کنیم.



این کار را با سعی و خطا مکرر نموده
بطوریکه $17.1 \leq 17.7$

۶) موقعیت مرکز برآیندی شاد در حال خلی کرده به یک مرکز سطح مناطق خلی کرده



۷) از نقطه B_1 خطی عمود بر w_1 رسم می کنیم
۸) از نقطه K خطی عمود بر خط (Item 87) عمود می کنیم

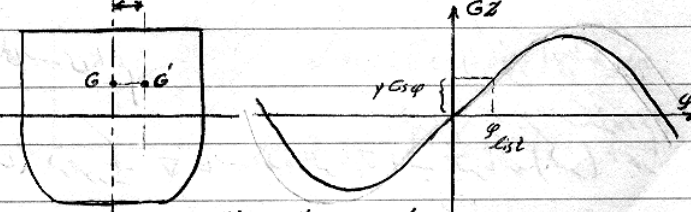
۹) ناصبی $B_1(x_1, z_1)$

$$y_1 = \frac{\sum (A_i \Delta x) y_i}{\sum (A_i \Delta x)}, \quad z_1 = \frac{\sum (A_i \Delta x) z_i}{\sum (A_i \Delta x)}$$

همین روش را برای $(17, 2, 1)$

خواص مهم منحنی $GZ - \phi$:

الف) خارج از محور تعادل بودن مرکز ثقل:

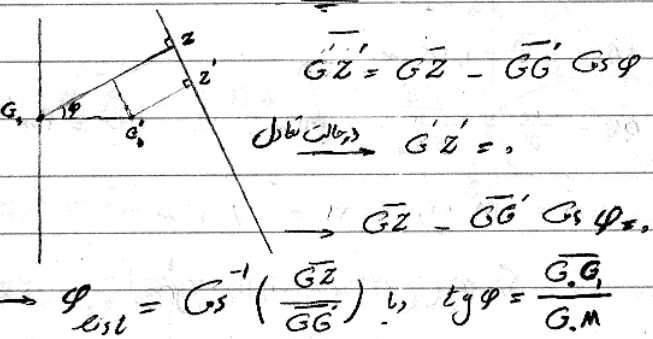


(منحنی $GZ - \phi$ برای حالتی که G بر روی B قرار ندارد)

حاله اگر مرکز ثقل بر روی محور تعادل نباشد، منحنی $GZ - \phi$ به صورت زیر می باشد:

در حالتی که مرکز ثقل شاد در مرکز تعادل نباشد، در حالت $even keel$ بر اثر گشتاور کوبل ایجاد شده بین دایره برآیندی و وزن، شاد را از حالت $even keel$ خارج می کند. در حال بیداری کند و این خیلی کم آن قدر ادامه پیدا می کند تا مرکز برآیندی شاد، در راستای مرکز ثقل قرار گیرد (باز در حالت خلی دهنده ضربه شود) ~~کمی در حالت خلی دهنده~~ پس از آن بخشی در حالت تعادل قرار می گیرد. که به این زاویه، زاویه ایست گفته می شود. با ϕ_{dist} نمایش داده می شود

برای بیدار کردن شاد را به ϕ_{dist} داریم:

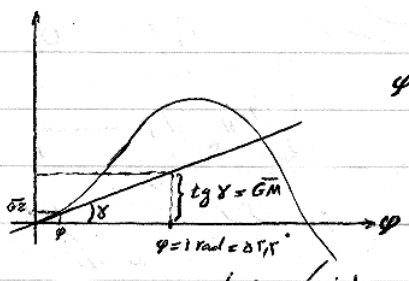


به مقدار $GZ - \phi$ نشان می دهیم که مقدار یابنده به حالتی که مرکز ثقل بر روی محور تعادل است، برای زوایای خلی، در سمت راست به اندازه

و GZ کم نشود در سمت چپ به اندازه GZ زیاد شده است.

ب) پیدا کردن GZ از معنی $GZ - \varphi$:

چون برای زوایای کوچک φ داریم:



از طرفی برای زوایای بسیار کوچک φ (نزدیک 0) داریم:

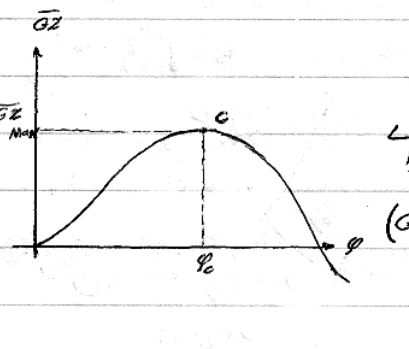
$$\sin \varphi \approx \text{tg } \varphi \approx \varphi_{(rad)} \rightarrow \overline{GM} = \frac{\overline{GZ}}{\varphi}$$

بنابراین در نقطه $\varphi = 0$ خطی بر منحنی $GZ - \varphi$ مماس می کشیم.

شیب این خط برابر است با:

$$\text{شیب خط} = \frac{\overline{GZ}_\varphi}{\varphi} \quad \left. \begin{array}{l} \text{tg } \varphi = \text{شیب خط} \\ \overline{GM} = \text{شیب خط} \end{array} \right\} \quad \overline{GM} = \frac{\overline{GZ}}{\varphi} \quad \text{از طرفی}$$

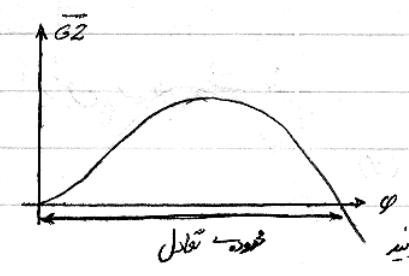
ج) زاویه φ_c :



تعداد زوایای خیلی کم که بار آن باز و برگردانده GZ ماکزیم می باشد را گویند.

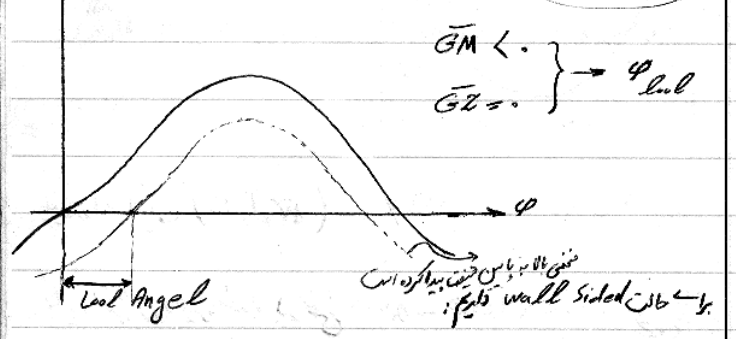
$$M_{R_{Max}} = W \times \overline{GZ}_{Max} \quad , \quad \overline{GZ}_{Max} = \overline{GZ} \text{ (at } \varphi = \varphi_c \text{)}$$

د) محدوده های تعادل :



زوایای کوچک که در آن GZ مثبت است را محدوده های تعادل گویند.

ه) زاویه ی لول (Angle of Lool)



$\overline{GZ} = \sin \varphi \left(\overline{GM}_s + \frac{1}{\rho} \overline{B.M} \text{tg } \varphi \right)$

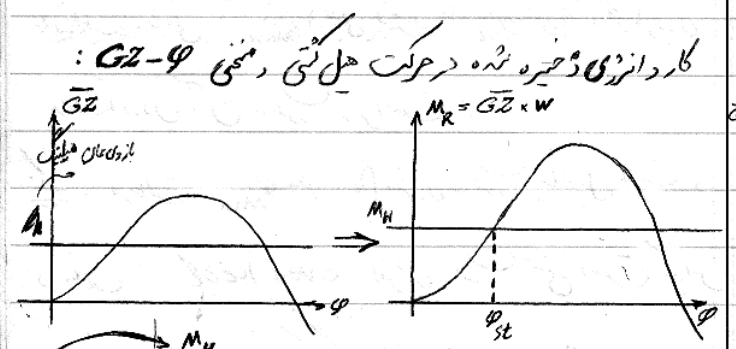
باطلاق $\overline{GZ} = 0 \rightarrow \sin \varphi = 0 \rightarrow \varphi = 0$

منفی $\overline{GM}_s + \frac{1}{\rho} \overline{B.M} \text{tg } \varphi = 0$

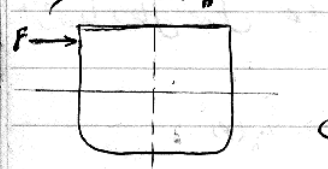
$$\rightarrow \text{tg } \varphi = \frac{-\rho \cdot \overline{GM}_s}{\overline{B.M}} \rightarrow \text{tg } \varphi = \left(\frac{-\rho \cdot \overline{GM}_s}{\overline{B.M}} \right)^{\frac{1}{\rho}}$$

* حال اگر زاویه φ خیلی بزرگ بود، احتمالاً رابط مادی نیست زیرا برای wall sided است و احتمالاً غرضه یا کنی از آب بیرون می زند.

گارد انرژی ذخیره شده در حرکت چرخشی $GZ - \varphi$:



الترخان چرخ دهنده به صورت انباشتی دارد
شود (به صورت آکام وارد شود) چون حرکت



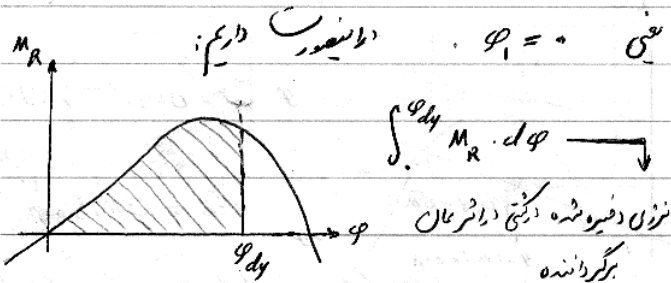
زاویه ای است، لذا انرژی ذخیره شده در حرکت Rolling کنی برابر است:

$$E_p = \int_{\varphi_{Lool}}^{\varphi_{st}} M_R \cdot d\varphi \quad \text{شده حرکت چرخشی} \quad E_p = \int F \cdot dx$$

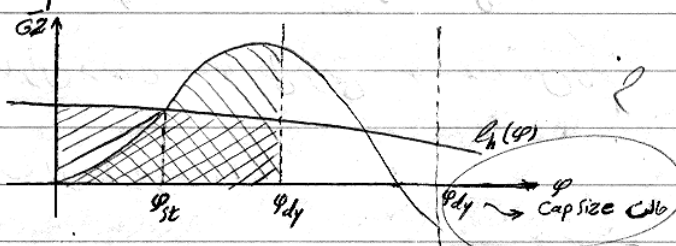
s.a.m

در اینجا در حالت را در نظر می گیریم:

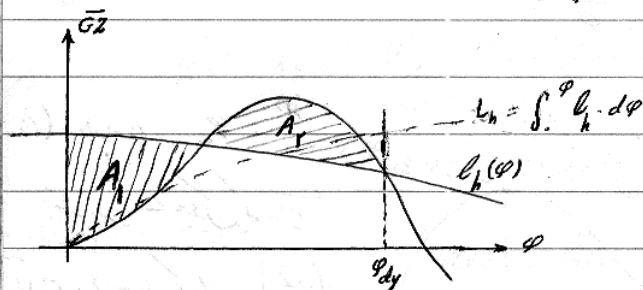
۱) فرض می کنیم کشتی در حالت اولیه در حالت *even keel* بوده باشد



در این صورت برای اینکه تالان در φ_{dy} متوقف شود داریم:



حالت *Capsize* $\Rightarrow \int_0^{\varphi_{dy}} M_h \cdot d\varphi = \int_0^{\varphi_{dy}} M_R \cdot d\varphi$

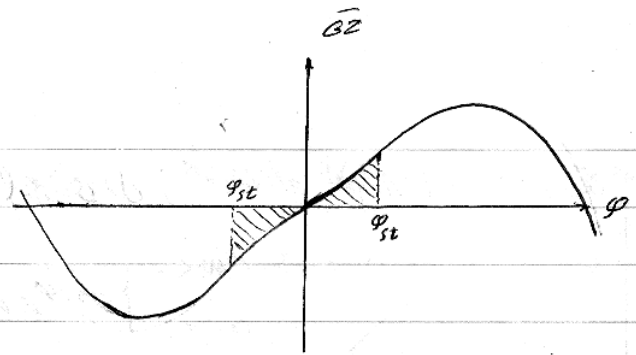


تا این زمان $\varphi = \varphi_{dy}$ *Capsize* رخ نمی دهد $A_1 < A_2$

اما $A_1 > A_2$ رخ می دهد *Capsize*

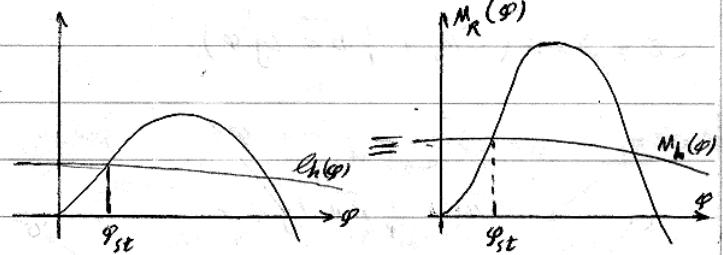
اگر طبق عمده دار داشته باشیم:

$$\int_0^{\varphi} \ell_h \cdot d\varphi = L_h(\varphi)$$



شیردان استاتیک (۱۷، ۲، ۱۴)

کاروانرژی ذخیره شده در کشتی $GZ - \varphi$:



$$M_R(\varphi) = \Delta \cdot \bar{GZ}(\varphi)$$

$$M_h(\varphi) = \Delta \cdot \ell_h(\varphi) \rightarrow \ell_h(\varphi) = \frac{M_h(\varphi)}{\Delta}$$

$$\rightarrow \ell_h = \bar{GZ} \text{ (at } \varphi = \varphi_{st} \text{)}$$

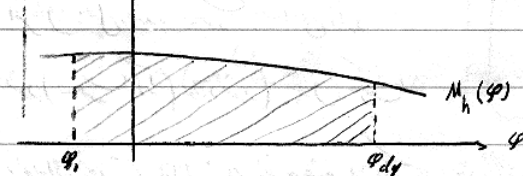
در حالت *Capsize* φ_{dy} خیلی بیشتر از φ_{st} می باشد که تقریبی

برای آوردن آن به صورت زیر است:

نکته: در حالت $\varphi = \varphi_{max}$ تمام انرژی به صورت پتانسیل است و

در حالت *even keel* انرژی به صورت جنبی است که این

انرژی ها در حال تبدیل به یکدیگر هستند.



$$\int_0^{\varphi_{dy}} M_h \cdot d\varphi = \text{انرژی گساده ریل شده}$$

s.a.m

سطح مقابل جریان باد در مساحت $A_{wind} = 2800 \text{ m}^2$ باشد.

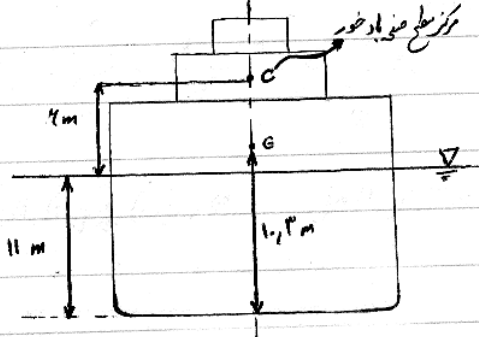
مرکز سطح صفحه ای پنجره در مرکز سطح صفحه ای باد خور $\alpha = 9 \text{ m}$ بالاتر از

سطح آب است. زاویه ورود آب به عرض به آب $\varphi_{deck} = 23^\circ$

زاویه ورود آب $\varphi_{penetration} = 34^\circ$ باشد.

هیل ناشی از باد را بررسی کنید. فرض کنید نیروی وارد از طرف باد بر واحد

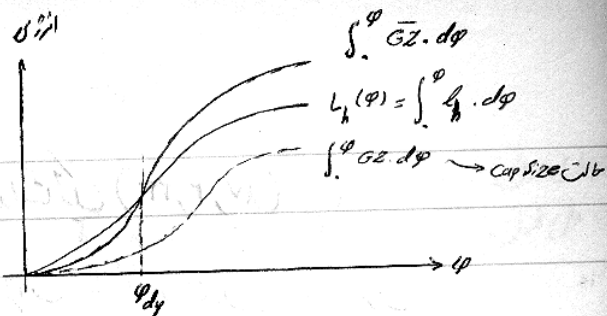
سطح 1.5 kg/m^2 می باشد.



نکته: ۱) مرکز بویانی در حالت هیل، حول نقطه M دوران می کند

۲) خط آب شناور در حالت هیل، حول مرکز F دوران می کند

۳) خود کشتی در حالت هیل، حول مرکز ثقل خود دوران می کند



* φ_{dy} مقدار زاویه ای است که در آن مقدار انرژی حاصل از

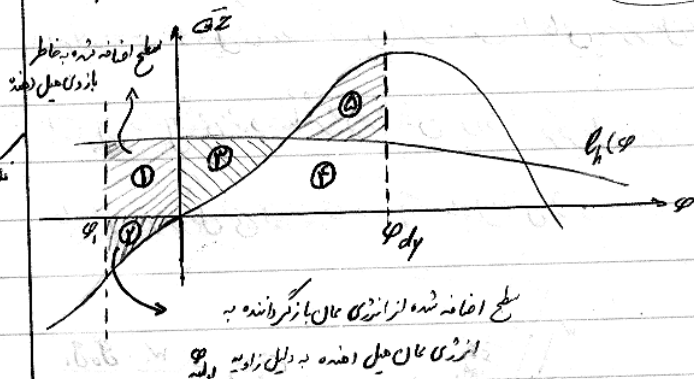
عالم برگرداننده برابر مقدار انرژی عالم هیل دهنده می شود.

* در حالت Cap size، ~~مقدار انرژی حاصل از هیل~~ در هر نقطه،

مقدار انرژی حاصل از عالم برگرداننده از مقدار انرژی عالم هیل دهنده کمتر

است.

(۲) در صورتی که مقدار اولیه برابر صفر نباشد و زاویه φ باشد:



سطح اضافه شده از انرژی عالم بازگرداننده به انرژی عالم هیل دهنده به دلیل زاویه اولیه

برای اینکه مقدار φ_{dy} در نقطه منقض شده باشد، باید $A_1 = A_2$ شد

$$\varphi_1 + \varphi_2 = \varphi_3 + \varphi_4 + \varphi_5 + \varphi_6 \rightarrow \varphi_5 = \varphi_1 + \varphi_2 + \varphi_3$$

مثال) متادیر GZ شناوری به شرح جدول زیر است:

φ	۰	۵	۱۰	۲۵	۳۰	۴۰
GZ	۰	۱.۴	۱.۹	۱.۱۹	۱.۲۹	۱.۳۲

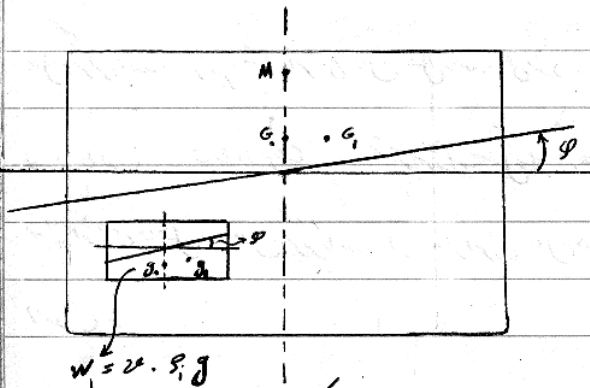
این کشتی در $\Delta = 3200 \text{ t}$ ، $KG = 1.3 \text{ m}$

$RM = 1.18$ ، $T = 11 \text{ m}$ است.

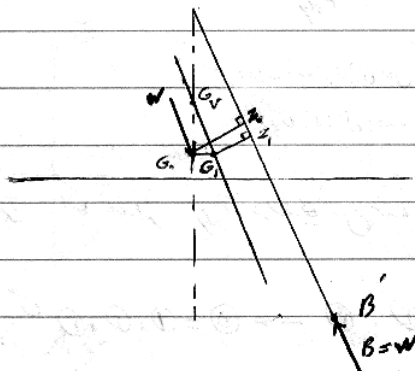
هیدرواستاتیک (۱۷، ۲، ۳۱)

۵) اثرات سطح آزاد مخازن و بار آذینان:

Free Surface Effects and ---

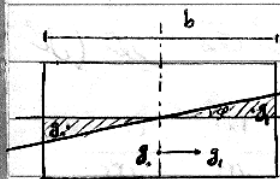


هنگامی که کشتی بلندازه ϕ میل پیدا می کند، مایع درون مخزن نیز بلندازه ϕ میل می کند. که این امر باعث جابجایی مرکز ثقل مایع از G_1 به G_2 می شود. تأثیر این جابجایی بر روی مرکز ثقل کشتی، با جابجایی مرکز ثقل کشتی از G به G_2 می شود.



$$G_2 G_1 = \frac{w_1 \cdot \delta \cdot \delta_1}{w}$$

$$w_1 = 2\delta \cdot \delta_1 \cdot g$$

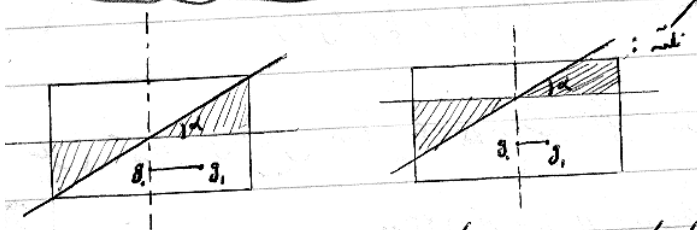


انتقال G_1 به G_2 مانند انتقال G به G_2 می باشد.

بنابراین در اینجا، انتقال حجم کوره را در نظر گرفته و w را در این حجم کوره ϕ در نظر می گیریم. (به دلیل راضی کار)

s.a.m

$$\overline{GZ} = \frac{I_y \rho_1 \sin \varphi}{W}$$

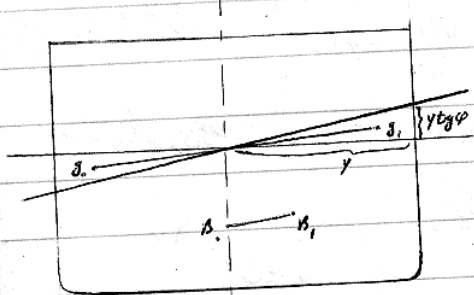


همکاری مایع درون غزل به یک یاقف می‌دهد این عامل باعث کاهش

اندازه جابجایی $\overline{G_1 G_2}$ می‌شود.

$$\overline{GZ} = \frac{d \cdot W}{W} = \frac{C \cdot I_y \rho_1 \sin \varphi}{W}$$

- ثابت کشیدگی در شاد به پس از ایل به شاد $\overline{G_1 G_2}$ (کوچک) است.



$$G_1(\varphi) = \begin{cases} x_1 = -\frac{1}{4}y \\ z_1 = T - \frac{1}{4}y \tan \varphi \end{cases} \quad G_2(0) = \begin{cases} x_1 = \frac{1}{4}y \\ z_1 = T + \frac{1}{4}y \tan \varphi \end{cases}$$

$$\overline{G_1 G_2} = \left(\frac{1}{4}y, \frac{1}{4}y \tan \varphi \right) = G_2 - G_1$$

$$\nabla \cdot \overline{G_1 G_2} = \nabla \cdot (0) - \nabla \cdot \left(-\frac{1}{4}y \right) + \nabla \cdot \left(\frac{1}{4}y \right) = \frac{1}{4}y \nabla^2$$

$$\delta y_B = \frac{1}{4}y \cdot \frac{\nabla^2}{\nabla}$$

$$\nabla \cdot \overline{B_1 B_2} = \nabla \cdot (B_2) - \nabla \cdot \left(T - \frac{1}{4}y \cdot \frac{1}{4}y \cdot \tan \varphi \right)$$

$$+ \nabla \cdot \left(T + \frac{1}{4}y \cdot \frac{1}{4}y \cdot \tan \varphi \right) = \nabla \cdot B_2 + \nabla \cdot \left(\frac{1}{4}y \cdot \frac{1}{4}y \cdot \tan \varphi \right)$$

مجموع اثر

$$\omega_1 = \rho_1 \cdot g$$

$$\omega_1 = \frac{1}{4} \cdot \frac{b}{4} \cdot \frac{b}{4} \cdot \varphi \cdot l = \frac{b^3}{16} \cdot \varphi$$

$$\overline{G_1 G_2} = 1 \times \frac{1}{4} \cdot \frac{b}{4} = \frac{1}{4}b$$

$$\omega_1 \cdot \overline{G_1 G_2} = \left(\frac{b^3}{16} \cdot \rho_1 \cdot \varphi \right) \left(\frac{1}{4}b \right) \cdot g = \frac{b^4}{64} \cdot \rho_1 \cdot \varphi \cdot g$$

$$\overline{G_1 G_2} = \frac{\omega_1 \cdot \overline{G_1 G_2}}{W} = \frac{1}{4} \cdot \frac{b^4}{64} \cdot \rho_1 \cdot \varphi \cdot g$$

$$\overline{G_1 G_2} = \frac{I_y \rho_1 g}{W}$$

$$G_1 G_2 = G_2 G_1 \cdot \varphi$$

- مرکز ثقل مجاری شاد است. مرکز ثقل جعبه شاد G_1

است که مانند این است که مرکز ثقل شاد به مرکز ثقل G_1 به مرکز ثقل

شاد است (به جابجایی عرض، آنرا به جابجایی عمود طولی تبدیل می‌کنیم)

حال اگر جذین غزل داشته باشیم $\overline{GM}$ جدید شاد به صورت زیر می‌باشد:

$$\overline{GM} = \overline{KB} + \overline{BM} - \left(\overline{KG} + \sum \frac{I_{y_i} \rho_i g}{W} \right)$$

نکته: در مواردی که $\overline{GM}$ جدید شاد را بررسی می‌کنیم، باید $\overline{GM}$ شاد را بررسی کنیم.

اگر φ بزرگ باشد:

فرض می‌کنیم که سیال داخل غزل به یک یاقف می‌باشد.

برخورد ننگه در غزل مربع - مستطیل باشد.

د: مثال مرکز ثقل غزل به دلیل زاویه φ دارای خط آب

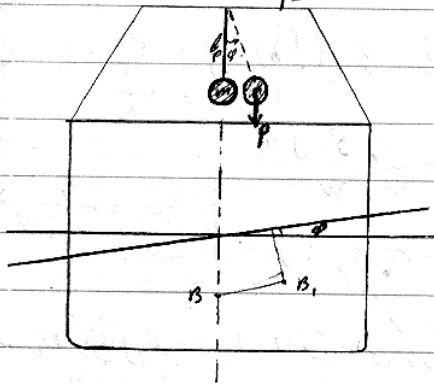
$$\text{کاهش } \overline{GZ} = \frac{d \cdot W}{\Delta} = \frac{d \cdot W}{W} = \overline{GZ}$$



هیدرواستاتیک (۱۷، ۲، ۲۳)

اثر وزن آذیران:

بافتن زاویه چل کجیل ($\varphi < \nu$) دریم:



$$p = mg$$

$$M_h = p \cdot l_p \cdot \sin \varphi, \quad M_{Righting} = W \cdot \overline{GM} \cdot \sin \varphi$$

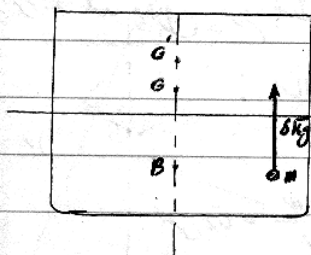
$$\rightarrow M_{Righting} = W \cdot \overline{GM} \cdot \sin \varphi - p \cdot l_p \cdot \sin \varphi$$

$$= W \left(\overline{GM} - \frac{p}{W} l_p \right) \sin \varphi$$

$$\delta \overline{GM} = - \frac{p}{W} l_p \quad (1)$$

(۲) اگر در داخل کشتی، وزنی $p = mg$ را برانند δk_g بالاتر

ببریم، مقدار $\overline{GM}$ کشتی چه مقدار کاهش می یابد؟



$$\overline{GM} = k_B + B\overline{M} - k_G$$

$$\delta \overline{GM} = \delta k_B + \delta B\overline{M} - \delta k_G$$

چون وزن کلی کشتی و سطح آب جزئی تغییر نکرده

لذا نقطه M ثابت می ماند

$$\delta Z_B = \frac{v}{V} \cdot \frac{2}{3} y \cdot \tan \varphi$$

$$B\overline{B}_1 = \frac{v}{V} \left(\frac{2}{3} y_1, \frac{2}{3} y \tan \varphi \right)$$

مثال) شناور دراز با جابجایی $\Delta = 2000 \text{ ton}$ می باشد. ناگانی به ابعاد

$$d = 1.22 \text{ m}, \quad b = 2.1 \text{ m}, \quad L = 9.5 \text{ m}$$

که به وسیله آب شیرین به صورت عمودی درآمده است. مقدار کاهش

$\overline{GM}$ کشتی ناشی از اثر سطح آزاد این ناگانی را در زاویه چل $\varphi = 30^\circ$ پیدا کنید

principles of Naval Architecture $\rightarrow$ جدول سطح آزاد

ابتدا باید بررسی شود که در زاویه چل $\varphi = 30^\circ$ آب شیرین به کشتی یا

$$\tan \varphi = \frac{d}{b} = \frac{1.22}{2.1} = 0.58$$

$$\tan^{-1}(0.58) = 30.1^\circ < 30^\circ \rightarrow$$

$$\delta \overline{GM} = \frac{C \cdot \frac{2}{3} y \cdot \tan \varphi}{\frac{W}{g}}, \quad C = 1.77$$

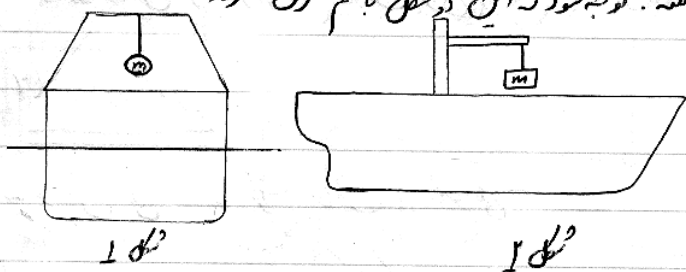
$$\frac{2}{3} y = \frac{b^2}{12} = 1.79 \text{ m}^2$$

$$\delta \overline{GM} = \frac{1.77 \cdot 1.79 \cdot 1}{2000} = 1.22 \text{ m}$$

s.a.m

نکته: توجه شود که این دو شکل با هم فرق دارند:

$$\delta \overline{GM} = 0 + 0 - \delta kG \quad , \quad \delta kG = \frac{P \cdot \delta kg}{W}$$



$$\rightarrow \delta \overline{GM} = - \frac{P \cdot \delta kg}{W}$$

نتیجه: جابجایی مرکز ثقل می توانیم اثر آنرا در شکل تحلیل کنیم.

۱) اثر جابجایی مرکز ثقل در نقطه اتصال طاب

۲) اثر جابجایی مرکز ثقل در نقطه اتصال آویزان

۱) جسم m در مقابل k متقل گردیده است. حالت (۱) صغری قبل انتقال می افتد که از $\overline{GM}_{virtual}$ استفاده می کنیم

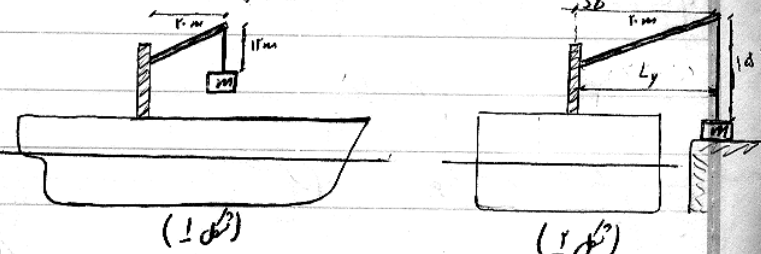
۲) جسم m به یک بازو k آن جابجایی می دهد و در اصل $\overline{GM}_{virtual}$ استفاده می نمایم. این هم را در راستای آن هم جابجایی کنیم

مثال) گنج با مشخصات داده شده را در نظر بگیرید. مقدار $\overline{GM}$ متناوب

در حالت نشان داده شده بدون احتساب اثر وزن آویزان $1.45m$ می باشد. بر یک خطی که بار 100000 تن، جابجایی به شکل نشان داده شده در می آید. مطلوب است زاویه هیل کنج؟

$$L = 100m, \quad B = 35m, \quad T = 1m, \quad \Delta = 31200 \text{ ton}$$

$$m = 100 \text{ ton}, \quad \overline{GM} = 1.45m \rightarrow \varphi_{st} = ?$$



در ابتدا داریم:

$$\overline{GM}_{virtual} = \overline{GM} - l_p \cdot \frac{P}{W} = 1.45 - 100 \cdot \frac{100}{31200} = 1.41m$$

$$M_h = M_R \rightarrow \varphi_{st}$$

$$\rightarrow \check{W} \times \overline{GM}_{virtual} \times \sin \varphi = P \cdot l_y \cdot \check{\cos \varphi}$$

$$\rightarrow \varphi = 7.9^\circ$$

هیدرواستاتیک (۱۷، ۲، ۱۶) (جبهه جبرانی)

d) $\bar{GZ} \geq 12$ at $\varphi = 3^\circ$

e) $\bar{GZ}_{Max}$ at $\varphi \geq 3^\circ$

f) $\bar{G.M.} > 115 + \dots + \bar{G.M.} \geq 125$ مایل

* passenger ship: at Turning $\rightarrow$

$\rightarrow M_h = 1.2 \frac{\Delta}{L} \Delta (KG - T_f)$

$M_h \rightarrow \varphi_{st} < 1^\circ$

۶) ارزیابی تعادل:

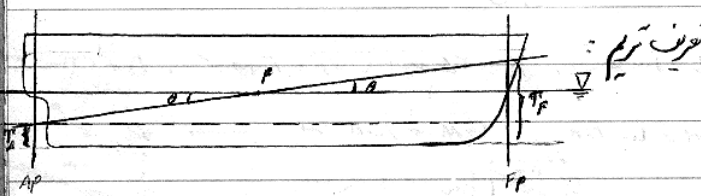
- توانش ملی - برپ خاقت از منابع ملی

- توانش بین المللی (IMO) - کشتی یک سازه داخلی نیست و از آب ها بین المللی عبور می کند لذا باید تابع این توانش باشد

- مؤسسه داده بند

- شکل ها غیر دولتی علی حقیقی (NGO) - هائند ISSC, ITTC
IRANAME, SNAME

۷) ترمیم:



$\theta =$ زاویه ترمیم

$t = T_A - T_F =$ مقدار ترمیم

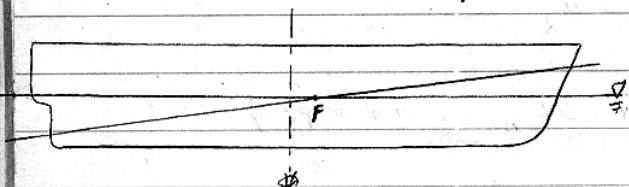
IMO: برپ کشتی های تجاری می باشد (Commercial Vessels)
(کشتی های تجاری کشتی هایی هستند که بار، کالاهای مسافر جابجایی می کنند و هدف آن ها عمل و نقل و جابجایی مسافر است)

انواع مختلف دریایی:

- ۱) تجاری
- ۲) نظامی
- ۳) ماهیگیر
- ۴) خدماتی
- ۵) تندر

مرکز ثقل (C.F):

مرکز سطح صغیری آنجور را گویند به عبارت دیگر نقطه ای از صغیری آنجور است که در حالت ترمیم، صغیری آنجور حول آن دوران می کند.



even keel: یک دوزن می گویند کشتی عمود دهیم که کشتی

ترمیم پیدا نکند، باید روی F گذاشته شود.

- برپ کشتی های تجاری داریم:

a) $\int_0^{\varphi} \bar{GZ} \cdot d\varphi \geq 105$ (m-rad)

b) $\int_0^{\varphi} \bar{GZ} \cdot d\varphi \geq 109$ (m-rad)

c) $\int_0^{\varphi} \bar{GZ} \cdot d\varphi \geq 113$ (m-rad)

s.a.m

$$h = T_i - T_r = d \cdot \frac{t}{k}$$

انفراسی جلیان برآورد
ایمانی شمرم

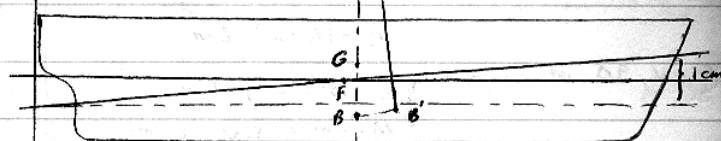
$$= \frac{d}{L} \cdot (1 \text{ cm}) \cdot T_{PCM} = T_{PCM} \epsilon$$

(ب) در صورتی که ترمیم زیاد باشد :

بین ترتیب که با دانش در نقطه T_A ، T_F ، T_E ، T_D ، T_C ، T_B ، T_A عادی خط ایستاده از
این نقطه عبور می کند را می نویسیم. پس عادی z ، u ، v و w ها مختص
در ۲-۱ (Section) با استفاده از این عادی خط بدست می آوریم.

دیس به غنئی بر بخان ه سطح ارجع کردن د مقدار چکه مربوط به آن ه
را از مقدار (یا جدول) استخراج می کنیم . برای ه ۲۰ سطح این مقدار را

عالم لایق برای امانتی شمریم
(MTCm)



$$\tan \theta = \frac{1 \text{ cm}}{L} \quad , \quad \text{بجای } \sin \theta \sim \tan \theta \approx \sin \theta$$

$$M_t = \Delta \cdot \bar{G} \bar{M}_L \cdot \sin(1 \text{ cm}) = \Delta \cdot \bar{G} \bar{M}_L \cdot \frac{1}{100 L_{(m)}} \quad (1)$$

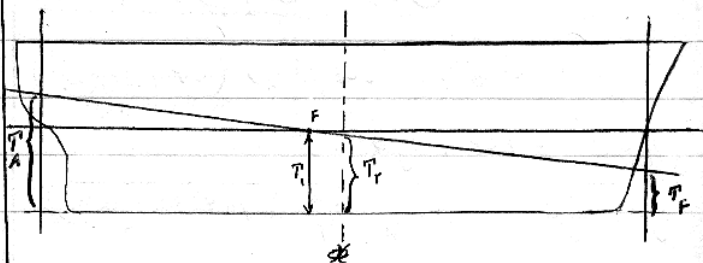
نظری: $G\bar{M}_L \approx B\bar{M}_L = \frac{I_L}{\nabla}$ (۷)

$$\textcircled{1}, \textcircled{2} \rightarrow M_1 T_{cm} = \frac{\beta I_L}{1-L}$$

حصہ وراثت کے (۱۷، ۲، ۳)

تین جا جانی و حریر نقل با داسن T_F, T_A

الف) یقین حاجبانی (برای ترمیم کم) :



نکته: در حالت نرم کرده، ~~انجیر شاد~~ با توجه به انجیر، CF خمیده می شود

$$T_r = \frac{T_A + T_F}{r} \quad (1)$$

$$T_r \xrightarrow{\text{LCF}} \begin{cases} \Delta \\ \text{LCF} \\ T_i \end{cases} \quad (r)$$

(۳) مقدار واقعی Δ را می توانیم از رابطه زیر بدست آوریم:

$$\Delta_1 = \Delta_0 + 1.35 \times TPC_m (T_f - T_i)$$

$$T = 1.99 \text{ m} \rightarrow \begin{cases} \Delta = 14.99. \text{ con} \\ LCF = 0.1 \text{ m} \end{cases}$$

$$T = V, 98 \text{ m} \longrightarrow \begin{cases} \Delta = 1A \cdot 25 \text{ ton} \\ LCB = -2,14 \text{ m} \\ MTC_m = 1 \cdot V \frac{(t-m)}{C_m} \end{cases}$$

LCG, Δ عامل است. $T_{p\text{cm}} = 1/M_{\text{cm}}$ است.

رابطه سبب و معلول
استدلال استفاده از T_1 , T_2 , T_3 (ارتفاع آبخیز در midship section)
رابطه سبب و معلول

$$T_r = \frac{T_A + T_F}{r} = 1,92 \text{ m}$$

حال با استفاده از قضی‌های ورود استاتیکی (کنار داده‌ها مستقیم است) مقدار Δ و LCF را برای آن محاسبه می‌کنیم.

$$T = T_r \rightarrow \begin{cases} \Delta_s = 1494. \text{ ton} \\ LCF = 8,7 \text{ m} \end{cases}$$

مازومہ بہ ایلہ شمار فرم کم است ، لہذا ہی وہاں گفت کہ شمار Lef آنجور آ

(آبجور در نقطه C_F) برابر شد LC_F آبجور می باشد. لذا داریم:

$$(\pi_1 - \pi_2) = LCF \times \tan \theta$$

$$t_{gs} = \frac{t}{\ell}, \quad t = T_A - T_F = 19^\circ$$

$$\rightarrow \tan \theta = \frac{193}{191} = 1.01$$

$$\Rightarrow T_1 - T_2 = \delta T \times \frac{1}{\alpha} \delta A = \frac{1}{\alpha} R \cdot V \cdot m$$

$$T_1 = T_c + (T_1 - T_c) = 4,92 \text{ m} + 1,18 \text{ V} = 6,10 \text{ m}$$

حال با ترجمه علی بیرون شماره ۱۲، با استناد از مضمون های هیئت استانی

$T_1 = 4.98 \xrightarrow{\text{تقریباً}} \Delta_1 = 18.42 \text{ ton}$

بہت آدھ لہ با اقل لیرے در طول، سکر ۷ مربوط بہ

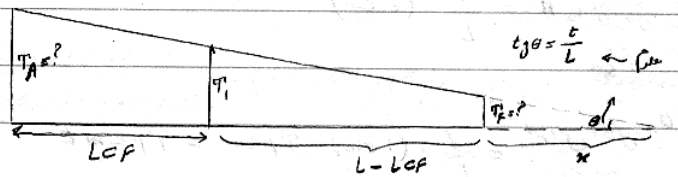
$$V = \int S_T dx = \frac{1}{r} h \sum_{i=1}^r S_{T_i} c_{S_i} \quad \sim 10^8$$

ج) غن مرکز نقل بآدا سن آ و ت :

۱۱) باداؤنس، آ، باجر اوجہ۔ جبریل، ہید، اسٹائل، قنادیر

LCB ، MTCm ، LCF ، استخراج می گردد .

(۲) با توجه به متادیر LCF ، متادیر T_A ، T_F و $T_{\text{عین}}$ می‌گردند.



$$tg\theta = \frac{T_1}{(L - L_{cp}) + x} \rightarrow x \text{ fct.}$$

$$\frac{T_A}{T_i} = \frac{x+L}{x+(L-Lcf)} \rightarrow T_A \checkmark$$

$$\frac{T_F}{T_1} = \frac{x}{x + (L - LCF)} \rightarrow T_F \checkmark$$

(۳) مریض LCG ہاں مریض LCB است (در صورتی کہ نتیجہ ٹیم

ندائے ملت

(۴) توصیف جدید LCG از رابط (بر بدست می آید):

$$LCG = LCB + \frac{M_t}{\Delta}, \quad M_t = MTC_m \times t$$

مضامین کے ذریعہ دیتے ہیں

اسم. در صورتی که سده که مشخصه $\frac{1}{2}$ (طریق کبی) در آنجمله V_{193m} ر

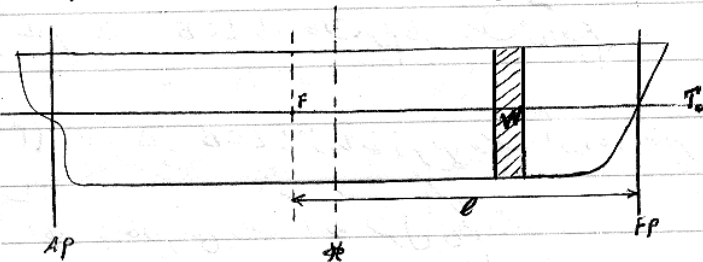
لک منشی هیدود استانیلی به شرح زیر استخراج شد باشد

هیدرواستاتیک (۸۷، ۳، ۲)

تعیین آبخور پس از بارگیری جدید:

بارگیری w در فاصله α از نقطه F صورت گرفته است.

در صورتی که سوله ترمیم را بخور کم باشد:



۱) فرض می شود بار در نقطه F به مقدار اضافه شده است.

$$\Delta T = \frac{w}{TPCm \text{ (at } T_1 \text{)}}$$

۲) کاسه ای مان ترمیم دهنده (جابجایی کردن در نه به نقطه اصلی)

$$M_t = \alpha \times w$$

۳) کاسه ای متوازن ترمیم

$$t = \frac{M_t}{MTCm} = \frac{\alpha \times w}{MTCm} \quad (\text{cm})$$

۴) در صورتی که ترمیم به سمت طو (سینه کشتی) باشد آنگاه آبخور

فاصله CF از FP

$$T_F = T_1 + \Delta T + \frac{L}{L} \times t$$

$$T_1 = T_1 + \Delta T - \frac{(L-L)}{L} \times t$$

اگر $TPCm$ کشتی داده شده باشد و مشخصاً هیدرواستاتیکی برای

آبخور T_1 داده شده باشد، می توانیم از رابطه زیر برای بدست آوردن Δ

$$\Delta_1 = \Delta_0 + TPCm \times (T_1 - T_2) \times 100$$

روش دوم: اگر مقدار $TPCmt$ (انحراف جانبی به ازای یک سانتی متر ترمیم)

کشتی داده شده باشد، دیگر نیازی به جابجایی T_1 نیست و با استفاده از رابطه

زیر می توان Δ_1 را محاسبه کرد:

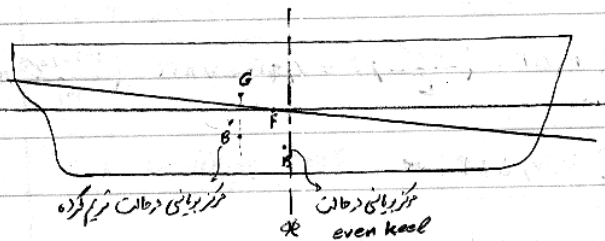
$$\Delta_1 = \Delta_0 + TPCmt \times t$$

برای محاسبه LCG :

در این حالت به دلیل اینکه مرکز ثقل (G) در مرکز دریایی (B) در اندام هم قرار ندارند

پس از آب اندازی، مقدار سرعت ترمیم در داخل آب غمری گیرند

مان ترمیم (M_t) در این حالت برابر است با:



$$M_t = \Delta (LCG - LCB)$$

$$M_t = MTCm \times t = 2.7 \times 72 = 192.51$$

$$\rightarrow LCG = 2.22 + 1.08 = 3.31 \text{ m}$$

ب) در صورتی که متعادل نرم و آنچدر زیاد باشد:

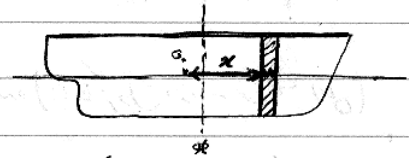
۱) بررسی (الف) مقدار آنچدر در نرم تقریبی را پیدا می کنیم

۲) با در دست داشتن معادله تقریبی T_F و T_A ، خط آب نرم دار جدید را بر روی شادور رسم کرده و سپس با استفاده از منحنی بر جان، معادله Δ و LCB را در حالت نرم دار بدست می آوریم.

۳) معادله Δ و LCB را از روابط زیر نیز بدست آورده و معادله آنها را با معادله قبلی بدست آمده کنترل می کنیم:

$$\left\{ \begin{array}{l} \Delta = \Delta_0 + \frac{w}{\delta} \\ LCB = LCG, \quad LCG = LCG_0 + \frac{x \cdot w}{w + \Delta \delta} \end{array} \right.$$

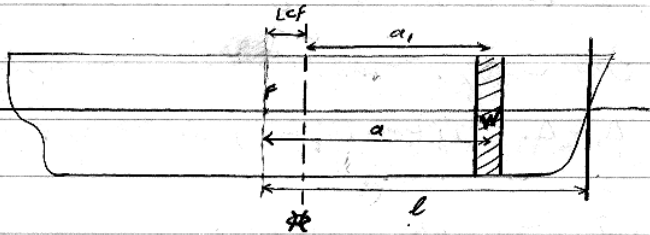
نقطه ای در نه افق شده از مرکز ثقل



۴) در صورت عدم تطابق Δ با جبراکشی، LCG با LCB نرم دار

خط آب شادور به نحو منحنی تغییر پیدا کرده تا این تطابق حاصل شود.

آنچدر مینه در پاشنه شادور را محاسبه کنید:



$$\Delta T = \frac{w}{TPCm} = 11,22 \text{ cm}$$

$$\alpha = \alpha_1 + LCF = 41 + 5,3 = 46,3 \text{ m}$$

$$M_F = \alpha \cdot w = 46,3 \cdot 3 = 138,9 \text{ t-m}$$

$$t = \frac{M_F}{MTcm} = \frac{138,9}{2,5} = 55,56 \text{ cm} = 0,556 \text{ m}$$

$$L: F.P. \text{ از } F.G. \text{ به } L = \frac{141}{2} + 5,3 = 75,8 \text{ m}$$

$$T_F = T_0 + \Delta T + \frac{L}{L_0} \cdot t = 7,92 + 11,22 + \frac{75,8}{141} \cdot 55,56$$

$$\rightarrow T_F = 11,844 \text{ m}$$

$$T_A = T_0 + \Delta T - \left(\frac{L-L_0}{L_0} \right) t = 7,92 + 11,22 - \left(\frac{141-75,8}{141} \right) \cdot 55,56$$

$$\rightarrow T_A = 7,583 \text{ m}$$

مثال) کشتی در آب منتهیات زیر است. این شفا در حالت اولیه

even keel کشتی در حالت ناپایدار قرار دارد می باشد.

(پس از این حالت، کشتی در حالت پایدار با نرم کم قرار می گیرد)

$$LBP = 141 \text{ m}, \quad \Delta = 19000 \text{ t}, \quad T = 11,22 \text{ m}$$

$$LCG = -3,44 \text{ m} (-\text{به } +), \quad LCB = -2,44 \text{ m} (-\text{به } +)$$

$$LCF = -0,73 \text{ m} (-\text{به } +), \quad MTcm = 212 \text{ t-m/cm}$$

مثال) کشتی به طول $L = 141 \text{ m}$ ، متعادل $w = 2000 \text{ ton}$ به کشتی در نقطه ۱

به نامدی ۹۱ م بطور قرار Amid Ship اضافه شده است.

معادله زیر از منحنی هیپو استایل در آنچدر اولیه $7,92 \text{ m}$ استخراج

گردیده است.

$$T = 7,92 \text{ m} \xrightarrow{\text{منحنی هیپو استایل}} \left\{ \begin{array}{l} TPCm = 22,5 \text{ t/cm} \\ LCF = -5,3 \text{ m} (-\text{به } +) \\ MTcm = 2,5 \text{ t-m/cm} \end{array} \right.$$

$$T_x = \frac{T_A + T_F}{2}$$

$$T_x \xrightarrow{\text{مختی جبره انسانی}} V, (LCF), (LCF), = (LCF),$$

$$(LCF), \left. \begin{array}{l} \text{ } \\ \text{ } \end{array} \right\} \rightarrow (T_i - T_x)$$

$$\tan \theta = \frac{t}{L}$$

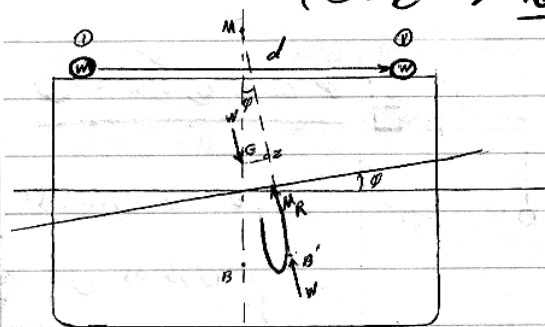
$$V_i = V + 1 \dots T_{PCM} (T_i - T_x)$$

$$V_i \xrightarrow{\text{مختی جبره انسانی}} T_i \Rightarrow \begin{cases} LCB \\ MTCM \end{cases}$$

$$M_t = MTCM \cdot t = \Delta (LCB - LCG)$$

$$\rightarrow LCG = \text{مطلوب}$$

نموده کاسبی $\bar{K}G$ (نست کچ کردن)



$$\bar{GZ} = \bar{GM} \sin \varphi$$

$$M_h = W \cdot d \cos \varphi$$

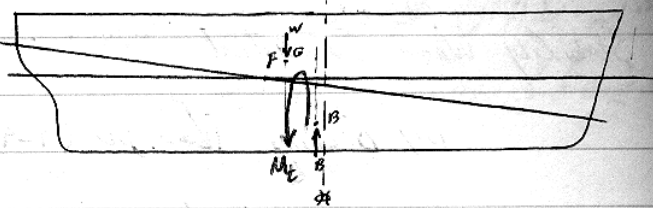
$$M_R = W \cdot \bar{GZ} = W \cdot \bar{GM} \sin \varphi$$

$$M_h = M_R \rightarrow \bar{GM} = \frac{W \cdot d \cos \varphi}{W \sin \varphi}$$

$$\bar{GM} = \bar{KB} + \bar{BM} - \bar{KG}$$

s.a.m

مطلوب است کاسبی T_F, T_A



$$M_t = \Delta (LCB - LCG) = 12,84 \text{ t-m}$$

$$t = \frac{M_t}{MTCM} = \frac{12,84}{112} = 11. \text{ cm} = 1,1 \text{ m}$$

$$\tan \theta = \frac{t}{L} = 1.041$$

$$T_A = T_i + (L - \ell) \tan \theta = 1,32 + \left(\frac{191}{2} - 8,73 \right) \cdot 1.041$$

$$\rightarrow T_A = 1,12 \text{ m}$$

$$T_F = T_i - \ell \cdot \tan \theta = 1,32 - \left(\frac{191}{2} + 8,73 \right) \cdot 1.041$$

$$\rightarrow T_F = 7,73 \text{ m}$$

1) تست کچ کردن کشتی (Inclining Test):

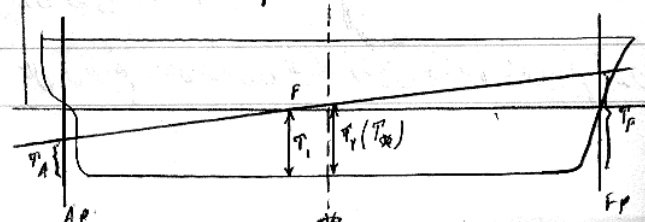
این تست برای اندازه گیری مرکز ثقل کشتی پس از آب اندازی

استفاده می شود.

- بیش تر برای کاسبی Δ ، مرکز ثقل انشی کشتی (LCG)

پس از آب اندازی کشتی، با خواندن آنگرد T_A و T_F ، با استفاده

از مختی جبره انسانی به صورت زیر عمل می کنیم.

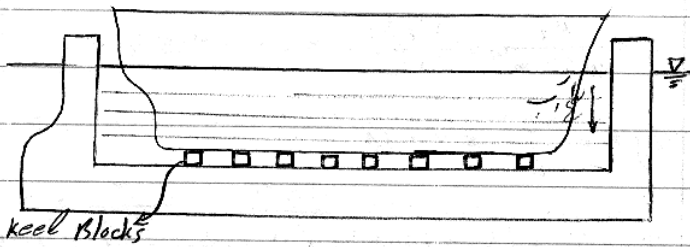


(۹) مقابل بہ ہنگام بہ زمین نشین

Stability When Grounded

Dry Docking (1-9)

۹-۲) تعادل به هنگام بیگانه شدن

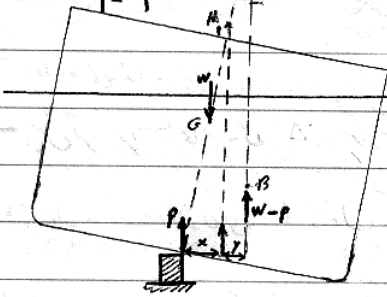


د، keel Block ها کجا قرار گیرند به هنگام از آب گیری.

الگوهای در هنگام از آب گیری به صورت ضمیمه دی keel block
مراکز گرد دو حالت ممکن است پیش آید:

(1) $\varphi \leftarrow \text{جواب}$ BM

کشی در کتی به صورت خیل کرده بازادی خیل کم بردی keel Block
برای گیر کردن تمام نیروها وارد کرنی را در این حالت می کشیم.



فیروزہا دار (برقی)

صورت زهری باشند:

↓ $w \leftarrow$ نیروی وزن

↑ $p \leftarrow$ فیردی تلیک

نمودک برایانی ← $w-p \uparrow$

خال می خراشیم به جابه دو نیردی کعبه گاه و بویانی یف نیرد جاقین کنیم. اندازد از این

$T \rightarrow \overline{C} \vee \overline{B} \vee \overline{M}, KB$

$$\rightarrow \overline{KG} = \overline{KB} + \overline{BM} - \overline{GM}$$

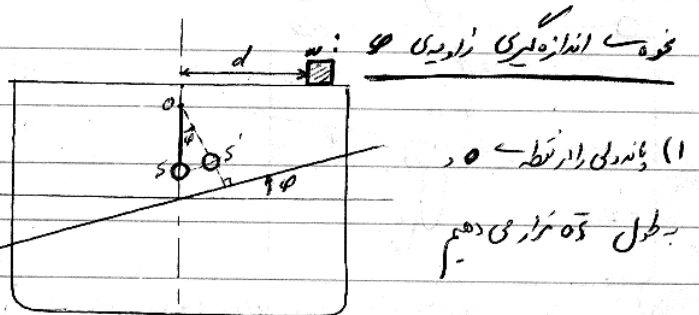
۱) شمارہ راجد حالت میں ہیل و بدل کریم با ورنہ و دیگر نقطہ کی تھی
مردی عمر ۲۰ سالہ کی دیکھم

(۲) وزنہ سے پورا ہوا (اندازہ) دیکھ کر عرض کیا کہ اس سے

(۳) شمار به دلیل جا بجا شدن ، ملاک اصل به اندازه‌ای کوچک‌تر شده که به
شش منتهی اندازه‌گیری می‌گردد (در پایین ذکر شده است)

(۷) به شرح زیر مقدار $\overline{KG}$ مناسبی گرد:

$$T \xrightarrow{\text{1st stage}} \begin{cases} \Delta_0 \\ \bar{K}B \\ \bar{B}M \end{cases} \rightarrow \bar{K}G = \bar{K}B + \bar{B}M - \frac{w.d}{W} \frac{C_{sg}}{\sin \phi}$$



(۲) پس از انتقال در نهی w به انداز می d ، نقطه c به نقطه c' می رسد

مراویہ ہے بلکہ دل ہاں زاویہ ہے ۴ اس

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{\overline{SS'}}{\overline{OS}} \quad (r)$$

نیروی جدید، برابر جمع جبر در نیروی تکیه گاه و بویانی و جهت آن در جهت
در نیروی نقطه اثر آن، نقطه ای باشد M است که جمع جبر گشتاور
در نیروی تکیه گاه، در بویانی حول این نقطه برابر صفر است.

اندازه $\rightarrow (w-p) + p = w$

$p \times x = (w-p) \times y$

$\left\{ \begin{array}{l} x = \bar{kM}_1 \sin \phi \\ y = \bar{M}_1 M_1 \sin \phi \end{array} \right\} \rightarrow p \cdot \bar{kM}_1 \sin \phi = (w-p) \bar{M}_1 M_1 \sin \phi \rightarrow$

$\rightarrow \bar{M}_1 M_1 = \frac{p \cdot \bar{kM}_1}{w}$

نتیجه گیری: زمانی که تاندر بر روی keel block بازاید ص ۱۱ نشیند

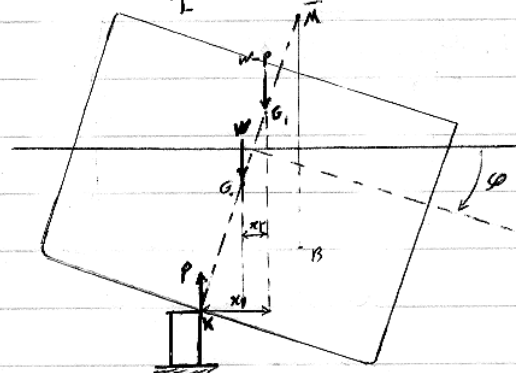
هائده آن است که متاخر تاندر از نقطه M با رابطه $BM = \frac{I_t}{\nabla}$

(که قابل فایده است) به نقطه M منتقل می شود که:

$\bar{BM}_1 = \bar{BM} - \frac{p \cdot \bar{kM}_1}{w}$

۱۲) ϕ بزرگ $\leftarrow$ کاهش $\bar{GM}$

(در این حالت، از جهت متاخر نقطه B استفاده نمی کنیم)



در اینجا به جای در نیروی وزن تکیه گاه، نیروی $(w-p)$ را در نقطه M_1

مکرری می کنیم.

$w \times x_1 = p \times x_2$

$\left\{ \begin{array}{l} x_1 = \bar{kG}_1 \sin \phi \\ x_2 = \bar{G}_1 G_1 \sin \phi \end{array} \right\} \rightarrow w \cdot \bar{kG}_1 \sin \phi = p \cdot \bar{G}_1 G_1 \sin \phi$

$\rightarrow \bar{G}_1 G_1 = \frac{p \cdot \bar{kG}_1}{w-p}$

از طرفی: $\bar{G}_1 M = \bar{kM} - (\bar{kG}_1 + \bar{G}_1 G_1)$

$\rightarrow \bar{G}_1 M = \bar{kM} - \left(\frac{(w-p+p) \bar{kG}_1}{w-p} \right) \rightarrow$

$\rightarrow \bar{G}_1 M = \bar{kM} - \frac{w \cdot \bar{kG}_1}{w-p}$

به عبارت دیگر، هنگامی که تاندر بر روی keel block بازاید

همل بزرگ ص ۱۱ نشیند هائده آن است که مرکز ثقل گشتی از نقطه ای

هائده G به نقطه G_1 منتقل می شود که:

$\bar{G}_1 M = \bar{kM} - \frac{w \cdot \bar{kG}_1}{w-p}$

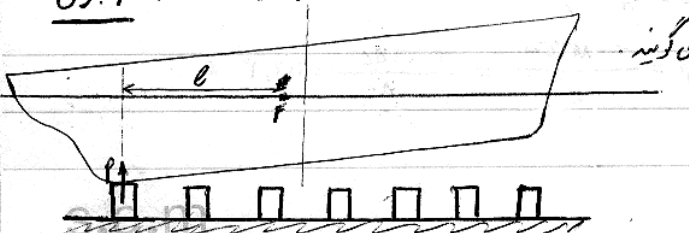
فایده p بحرانی:

هنگامی که تاندر به صورت نرم دار بر روی keel block ها قرار

می گیرد، تا آنکه نیروی p هنگامی وارد می شود که گشتی بر روی یکی از

keel block ها نشسته و نقاط دیگر گشتی در حال نزدیک شدن به

keel block ها دیگر هستند که این نیروی p را p بحرانی



در بند اول (با فرض زاویه φ زیاد)

$$\bar{G.G}_1 = \frac{p \times kG}{W-p} = \frac{114,3 - 7,8}{1100 - 114,3} = 1,0757 \text{ m}$$

$$\bar{G.M} = kM - kG = 1,2$$

$$\bar{G.M}_1 = \bar{G.M} - \bar{G.G}_1 = 1,3572$$

$$M_R = (W-p) \bar{G.M}_1 \sin i = 45,149 \text{ t-m}$$

در بند دوم (با فرض زاویه φ کم)

$$\bar{M.M}_1 = \frac{p \times kM}{W} = 1,0741 \text{ m}$$

$$\bar{G.M}_1 = \bar{G.M} - \bar{M.M}_1 = 1,3229 \text{ m}$$

$$M_R = (W-p) \bar{G.M}_1 \sin i = 45,181 \text{ t-m}$$

تعداد کابین آبخور:

$$\Delta T = \frac{p}{TPCm} = \frac{114,3}{22} = 5,2 \text{ m}$$

$$T'_F = T'_A = T - \Delta T = \frac{9,1 + 9,7}{2} - \frac{5,2}{1} = 7,3 \text{ m}$$

$$T'_F = T'_F - \Delta T - \frac{(L-l)}{L} \cdot t = 7,38 \text{ m}$$

$$T'_A = T'_A - \Delta T + \frac{L}{L} \cdot t = 7,38 \text{ m}$$

$$t \times MTCm = p \cdot l \rightarrow$$

$$p = \frac{t \times MTCm}{l}$$

بحرانی

مثال (تعداد درای آبخور 8 m و $kG = 1 \text{ m}$ می باشد. محاسبه)

هیدرواستاتیکی تعداد به شرح جدول زیر می باشد. (ملاحظه شود که در این جدول $\bar{G.M}$ به عنوان $\bar{G.M}_1$ در نظر گرفته شده است)

$T_{(m)}$	$\Delta (cm)$	$kM (m)$	$p (T)$	$\bar{G.G}_1$	$\bar{G.M}$ به $\bar{G.M}_1$
5	17,85	12,08	0	0	3,08
4,5	10580	18,02	1812	1,31	2,75
2	1344	12,31	3412	2,97	2,32
2,5	11452	18,02	8399	5,10	1,92
2	9882	2,22	7179	7,98	1,38
2,5	8125	23,82	8927	15,09	0,72
2	4297	28,87	1,405	18,22	0,126

در آبخور $T_{52} \text{ m}$ ، $\bar{G.M}$ مثبت می شود.

مثال (تعداد با فرض زیر قرار است در حوض خلی فرار گیرد)

$$T'_F = 9,1 \text{ m} \quad T'_A = 9,7 \text{ m} \quad kM = 7,2 \text{ m}$$

$$kG = 9,8 \text{ m} \quad MTCm = 185 \text{ t-m/cm} \quad TPCm = 22 \text{ t/cm}$$

$$LCF = 80 \text{ m} \quad L = 180 \text{ m} \quad \Delta = 1100 \text{ ton}$$

مطلوب است: (الف) $\bar{G.M}$ در لحظه بحرانی

ب) توان برگرداندن در زاویه خلی (در)

ج) T'_F و T'_A در لحظه بحرانی

$$t = T'_A - T'_F = 9 \text{ cm}$$

$$p = \frac{t \times MTCm}{l} = \frac{9 \times 185}{80} = 114,3 \text{ t}$$