Subject
Date

هیدرواستاتیک

بخش اول: هیدرواستاتیک

1- تعاریف
2- روابط وزن و جابه‌جایی
3- ضرائب بدنه
4- قوانین انتگرال گیری
5- محاسبات مربوط به منحنی هیدرواستاتیک
6- منحنی بونجین
7- سطوح خیس
8- ظرفیت
9- خط بار

بخش دوم: تعادل کشتی سالم

1- اصول اولیه
2- تعیین وزن و مرکز وزن
3- ارتفاع متاسنتری
4- منحنی های تعادل
5- اثرات سطوح آزاد مخازن و بار آویز
6- ارزیابی تعادل
7- تریم
8- تست کج کردن کشتی
9- تعادل به هنگام زمین نشستن

بخش سوم: تعادل کشتی صدمه دیده

بارم نمرات: ترین 2 نمره
میان ترم 6 نمره
پایان ترم 10 نمره
ساخت وسیله 2 نمره

مراجع:

1. principles of Naval Architecture, 1988
VOL I Stability and strength
Edward Lewis

2. Mechanics of Marine vehicles
B. R. Clayton and R. E. D. Bishop

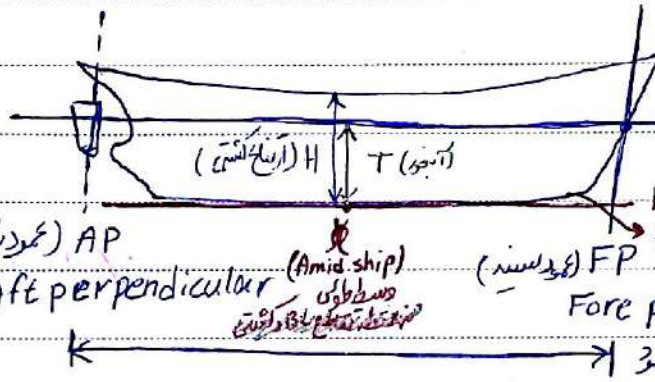
3. تعادل و پایداری شناورها ترجمه دکتر سعید یوسف دکتر مهدی یوسف

4. مولسن

Subject
Date

بخش ۱

۱- تعاریف



FP: خطی که در نقطه‌ی تقاطع DWL و لبه‌ی سینه کشتی بر DWL عمود است.

AP: خط گذرنده از محور سکان که بر DWL عمود است.

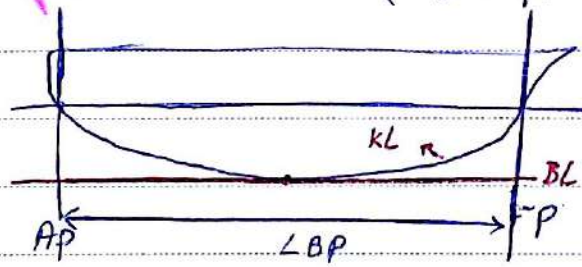
Amidship (midship): مقطعی که در مرکز LBP زده می‌شود و طول کشتی را دقیقاً به دو قسمت مساوی تقسیم می‌کند و با علامت ⊗ نشان داده می‌شود.

LBP: طول بین دو عمود (فاصله‌ی بین AP و FP که طول کشتی نامیده می‌شود)
Length Between perpendicular

B.L: اگر در کف کشتی یک خط راست‌ای به موازات خط آبخور رسم کنیم به آن B.L می‌گویند.
Base line

* Keel line یک مفهوم واقعی و از جنس سازه است.

* برای کشتی‌ها BL و KL بر هم منطبق نیستند مانند شکل زیر:
(بیشتر کشتی‌های تجاری و نظامی BL و KL بر هم منطبق نیستند)



خط آب طراحی
Design water line

* T آبخور (Draft) Draught: عمق آبی است که داخل آب قرار دارد.

H = ۶

نکته: شکل بدنه کشتی معمولاً با یک شکل هندسی نامبرین است که به وسیله‌ی آن برای اهداف تشریح می‌کنند:
sheer plan
Body plan
water plan

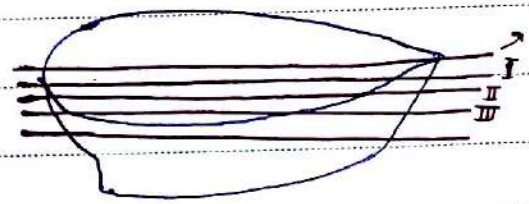
* صفحه‌ای که روی محور تقارن کشتی قرار گرفته (خطوط) اگر کشتی را قطع کند
به این نما sheer view می‌گویند (به نما از کنار کشتی sheer plan می‌گویند)
sheer plan توسط صفحات برش طولی ایجاد می‌گردد که به این خطوط ایجاد شده باتوک می‌گویند.

Subject
Date

(Buttock 0)

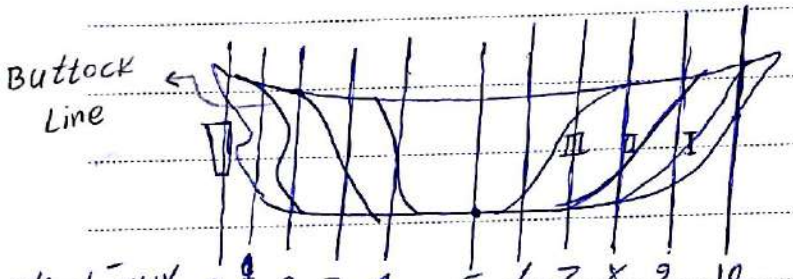
Buttock line → (دوراضع صفحه‌ی نزدیک‌تر از B.L است)

صفحات برش طولی



Buttock line

* Buttock line به ما کمک می‌کند تا هندسه‌ی شناور را بهتر بشناسیم.



سیستم اروپایی

آمریکایی

* اصولاً تقسیم‌بندی مقاطع را به روش اروپایی انجام می‌دهیم یعنی FP تا AP را به 10 یا 20 قسمت مساوی تقسیم می‌کنیم (از FP تا AP را به 10 یا 20 قسمت مساوی تقسیم می‌کنیم و برش می‌زنیم).

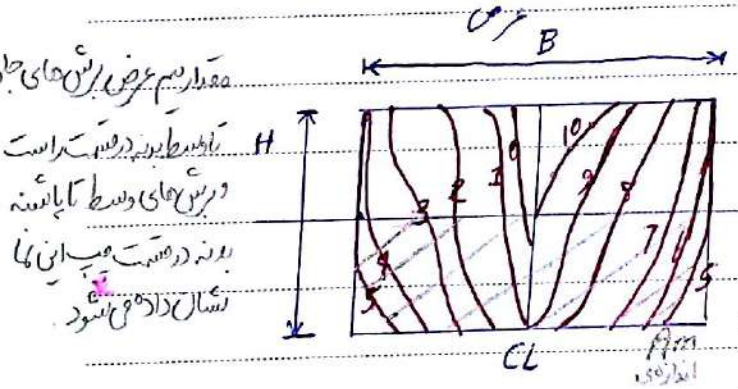
توجه: روش آمریکایی دارای محدودیتی برعکس اروپایی می‌باشد.

نکته: در سیستم اروپایی از AP صفر تا FP 10 یا 20 عدد دهی می‌کنیم.

* برای نمایش Body plan :

(Body plan : نقاز مقابل)

چون کشتی متقارن است برای هر مقطع (Body plan) تنها نصف آن را می‌کشیم.



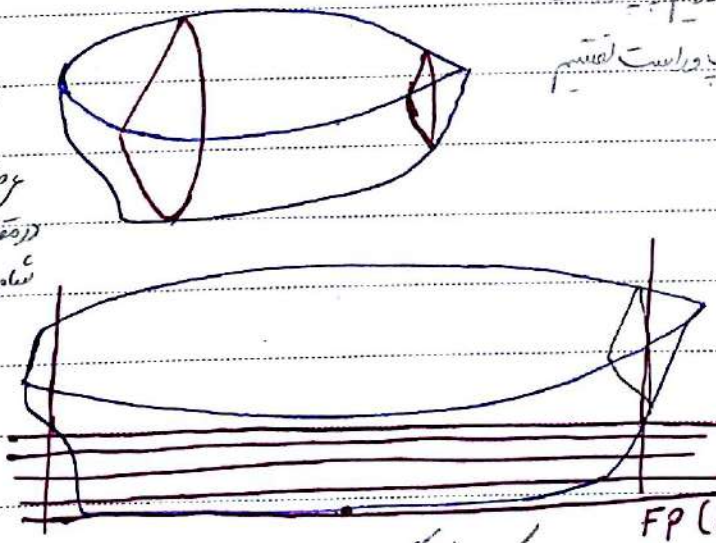
مقدار نیم عرض برش‌های جلو تا وسط بدنه در قسمت راست برش‌های وسط تا پاشنه بدنه در قسمت چپ این‌ها نشان داده می‌شود.

CL: خطی است که صفحه‌ی آبخور شناور را به دو نیم چپ و راست تقسیم می‌کند (به صفحه‌ای که کشتی را به دو نیم چپ و راست تقسیم می‌کند، صفحه‌ی مرکزی گویند.)

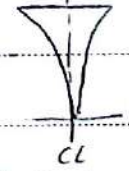
section:

صفحه برش عرضی

عرض: فاصله عرضی بدنه در مقطع و مبنایی که معمولاً شامل زیرکیل می‌باشد



برای نمایش water plan :

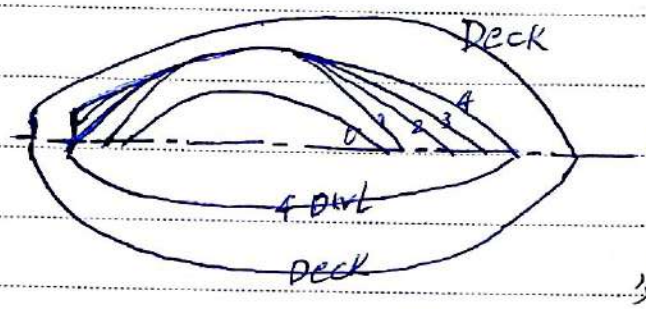


نکته: B.L را می‌توان WL صفر یا یک در نظر گرفت

PqPCO

Subject
Date

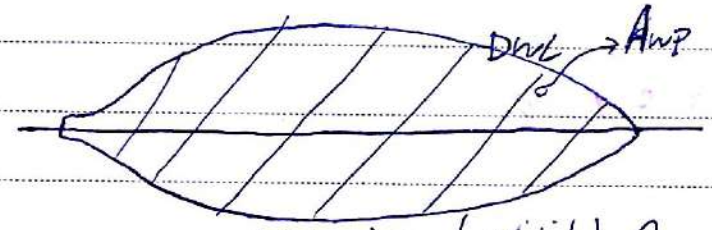
* نمای بعدی، نمای water plan می باشد.
(به نما از بالا water plan می گویند)



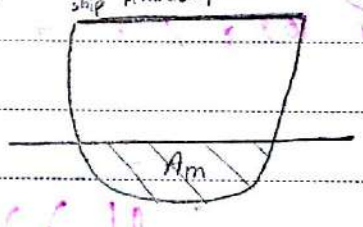
* در water plan، نمای دک بزرگترین نما بوده و سایر نماها را در بر می گیرد.
* اگر قسمتی از دک کشتی در پایین ترین نقاط آن صاف باشد خطوط ناشی از برش BL در water plan مشخص می شود

* Awp (اندازه سطح صفحه آبخور) water plan area

اگر کشتی را با صفحه ای آبخور برابر مساحت این بخش را Awp می نامند.



به مساحت بخش زیر DWL در قسمت میانی A... می گویند
Amid ship
Amidship



Am (اندازه سطح مقطع میانی)
Midship section Area

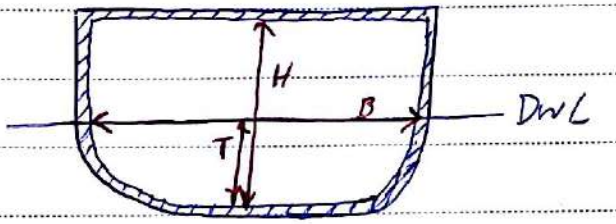
* عرض روی خط یک طراحی است. (آیا عرض روی خط یک طراحی است؟)

* خطوط بدنه قالبی (Molded)
عرض قالبی
طول قالبی
آبخور قالبی
ارتفاع قالبی

ورقی که دورگ صفحی کشیده شده است (بیانگر ضخامت ورق)
برای اندازه گیری عرض قالبی ضخامت ورق دخیل نیست
یعنی برای اندازه گیری عرض قالبی مقطع میانی را از داخل بر روی خط طراحی از داخل تا داخل اندازه می گیریم.

Subject
Date برای اندازه گیری پارامترهای قالبی، ضخامت ورق را دخیل نمی کنیم

برای ارتفاع هم آنچنین به همین صورت است. یعنی برای ساختن بدنه به پرسته ی داخلی شکل می دهیم و به صورت ضمنی ضخامت ها هم در نظر گرفته می شود.



چون ما نمی توانیم ابعاد کشتی را به طور ضخامت تغییر دهیم. در واقع: عمل تعیین ضخامت بعد از طراحی سازه کشتی انجام می شود.

* خطوط بدنه ی کشتی را می توان با استفاده از جدول آفست بیان کرد به جای رسم شکل که دقت را کم می کند

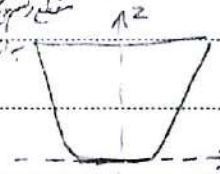
جدول آفست offset table (جدول آفست جدولی است که به کمک آن می توانیم Body plan و water plan و Sheer plan را به طور مستقیم رسم کنیم)

محور عمودی شماره ی مقاطع و محور افقی شماره ی آنهاست

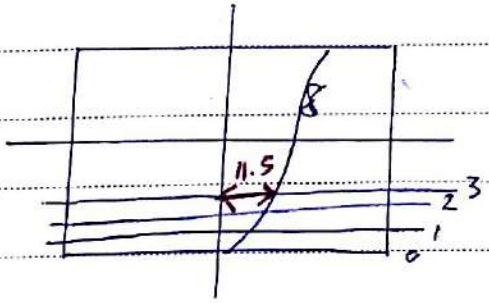
فرض می کنیم برای کشتی $L=220m$ و $B=40$ و ... $T=10$

	0	1	2	3	4	5	6	7	...
	0	2.5	5	7.5	10	12.5	15	17.5	...
0									
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
→ 8				11.5					
9									
(FP) 10									

* برای رسم Body plan و Sheer plan و خطوط باترک 0، 1، 2، ... را بدنه ی آن مشخص می کنیم بسپس فاصله ی محوری نقاط را اندازه گیری می کنیم



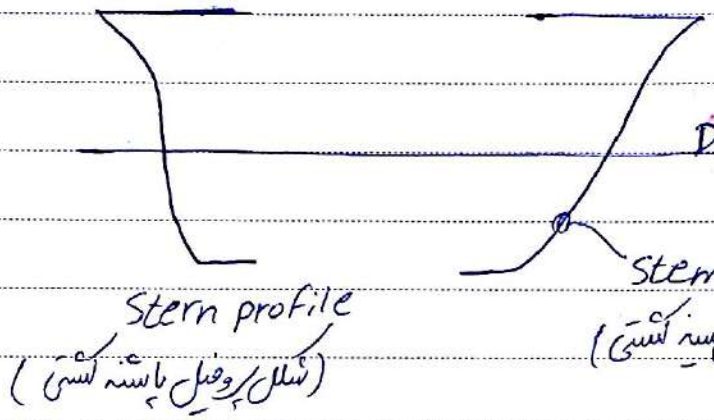
آفست
اعداد داخل جدول نیم عرض هستند (Half Breadth)



Subject
Date

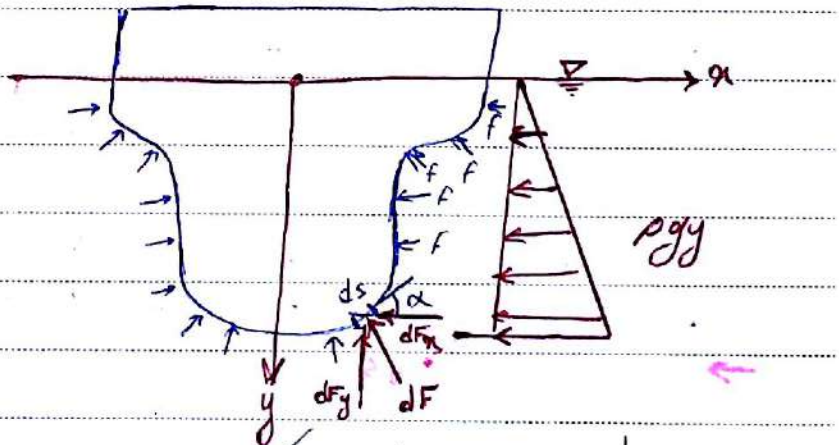
اگر کسی دو شکل بدنه و پاشنه ی شناور را علاوه بر جدول آفست داشته باشد می تواند بدنه ی شناور را به طور کامل رسم کند.

با داشتن جدول آفست به تنهایی نمی توان بدنه ی کشتی را به صورت کامل بدست آورد. (در صورت بدنه و پاشنه بدنه دارای انحنای شدیدی می باشد.)



2 - روابط بین وزن و جابه جایی

Weight and Displacement



المان ds را از سطح به صورت دلخواه انتخاب می کنیم.

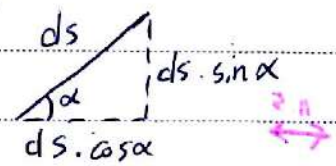
(حالت خیلی ایده آل که فشار فقط تابعی از ارتفاع است اما همواره بر سطح عمود است.)

$F = \rho g y . A$

$P = \rho g y$

$F = P . A$

المان در نظر گرفته شده



Subject
Date

چه جسم متقارن باشد و چه نباشد، به ازای هر ds دلخواه می‌توان درست دیگر معادل آن یافت که برایند آن نیروی عرضی را خنثی کند.

$$dF_x = \rho g y (ds \sin\alpha)$$
$$F_x = \int dF_x = \int \rho g y . ds . \sin\alpha$$
$$= 0$$

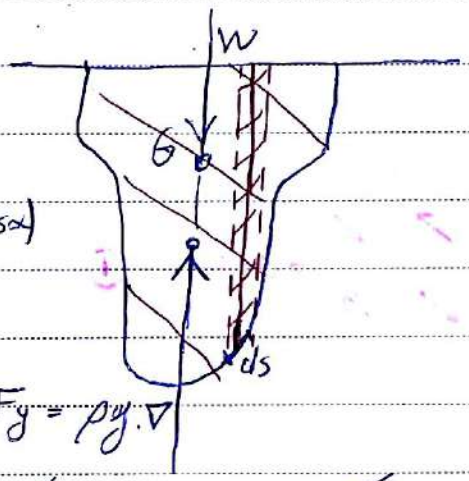
نیروی بویانسی $F_y = \int \rho g y (ds \cos\alpha)$

$$= \rho g \int_0^s y \cos\alpha \, ds$$

$$= \rho . g . \nabla \qquad (d\nabla = y . ds . \cos\alpha)$$

∇: حجم زیر آبی شکل

نیروی بویانسی برابر است با وزن آب جابه‌جا شده



اگر هر جسمی را در داخل یک ظرف آب قرار دهیم در حالت سکون در صفحه‌ی افقی هیچ نیروی به آن وارد نمی‌شود اما در صفحه‌ی عمود نیروی برابر وزن آب جابه‌جا شده به آن وارد می‌شود.

چگالی فولاد $\rho \cong 7800\ t/m^3$

چگالی آب شیرین $\rho_{\text{شیرین}} \cong 1000\ t/m^3$ (با شوری چگالی افزایش می‌یابد)

$\rho_{\text{دریا}} \cong 1025\ t/m^3$

در واقع نیروی عمودی به عمق فرو رفتگی بستگی ندارد. (این نیرو در واقع نیروی برایند است.) اما دقت شود که با افزایش عمق فشار در نقطه نیز افزایش می‌یابد.

Displacement and Center of Buoyancy (Archemidus)

جابه‌جایی و مرکز بویانسی

زمانی جسم در حالت تعادل قرار می‌گیرد که وزن و نیروی بویانسی با هم برابر باشند.

Subject
Date

زیردریایی ها را طوری طراحی می کنند که در حالت بویانسی مثبت باشد. به این معنا که نیروی بویانسی از نیروی وزن آن ها بیشتر است. یعنی برای پایین ماندن نیاز به نیرو کمکی دارند تا در صورتی که این نیرو قطع شد به سطح آب بیاید (جهت ایمنی)

$\rho g = 9.81\ KN/m^3$ — $\rho = 1\ t/m^3$ (آب شیرین)

$\rho g = 10.06\ KN/m^3$ — $\rho = 1.025\ t/m^3$

$\Delta = \rho \cdot \nabla$

↳ ρ: چگالی یک دریا بعضا از ... است

اثر چگالی آب:

$\rho = f$ (شوری ↑, درجه حرارت ↓, ...)

(با افزایش درجه حرارت چگالی افت می کند)

$\Delta = \rho_S \cdot \nabla_S = const$ ①

S: اندیس آب دریا

$\Delta = \rho_S \cdot \nabla_S = \rho_F \cdot \nabla_F$

F: آب شیرین

نکته: اگر بخواهیم با جرم برابر از آب دریا و آب شیرین داشته باشیم حجم آب شیرین بیشتر است، پس حجم غوطه آب شیرین از حجم غوطه آب شور بیشتر است

$\rho_F < \rho_S$

$\Rightarrow \nabla_F > \nabla_S$

$\nabla_F - \nabla_S = \nabla_S \cdot \frac{\rho_S}{\rho_F} - \nabla_S = \nabla_S \left(\frac{\rho_S}{\rho_F} - 1\right)$

($\nabla_F - \nabla_S = \nabla_S \left(\frac{\rho_S}{\rho_F} - 1\right)$ حجم غوطه باجرم برابر از آب دریا و آب شیرین، اختلاف حجم برابر است)

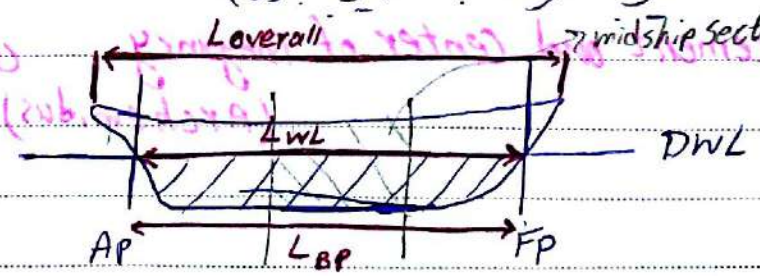
3 ـ ضرایب بدنه

حجم زیر آبگن کشتی، بویانسی کشتی

$$C_B = \frac{\nabla}{L \times B \times T}$$

Block coefficient : C_B

ضریب ظرافت بدنه (ضریب بلاکی)



Subject

Date

∇ : حجم زیر آبی کشتی - حجم بدنه کشتی - جابجایی کشتی

L_{WL} : طول خط آب Water line Length

$L_{overall}$: طول کشتی

سه نوع طول برای کشتی داریم: L_{BP} , L_{WL} , $L_{overall}$

اصولاً $L = L_{BP}$

بسیار محدود $L = L_{WL}$

در این کلاس همواره L_{BP} در فرمول بالا قرار می‌گیرد

$0.36 < C_B < 0.92$

* Amidship یک مقطع خاص است ولی midship به وسط $\frac{1}{2}$ میانی کشتی می‌گویند.

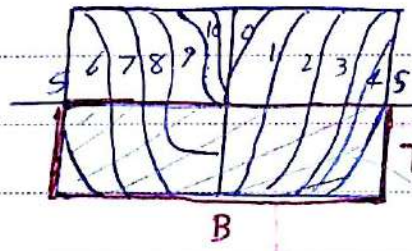
* C_M : ضریب مقطع میانی

Midship section coefficient

$$C_M = \frac{A_{Amidship}}{B \cdot T}$$

نسبت سطح هاشور خورده به سطح مستطیل

* بدنه (Body plan) تنها مقطع که هر دو طرف کشتی را نشان می‌دهد مقطع میانی است

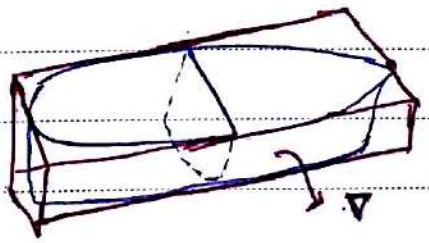


* اعدادی نظیر C_B و C_M یک عدد خاص نیستند برای یک کشتی

* C_P : ضریب منشوری

prismatic coefficient

$$C_P = \frac{\nabla}{L \cdot A_{Amidship}}$$



Subject

Date

$$C_p = \frac{\nabla}{L.(B.T.C_M)} = \frac{L.B.T.C_B}{L.B.T.C_M} = \frac{C_B}{C_M}$$

A_m

$0.5 < C_p < 0.9$

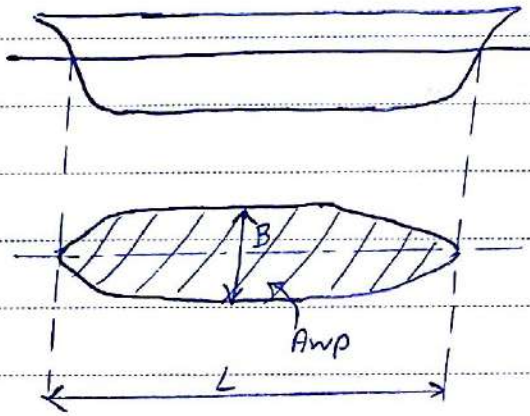
$$C_{wp} = \frac{A_{wp}}{L.B}$$

: C_{wp} *

$0.65 < C_{wp} < 0.95$

ضریب سطح صفحه آبخور

water plane area coefficient



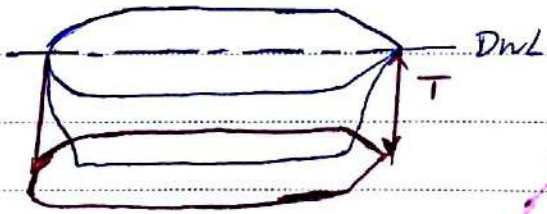
vertical prismatic coefficient : C_{vp} *

ضریب منشوری قائم

$$C_{vp} = \frac{\nabla}{(C_{wp}.L.B).T} = \frac{C_B}{C_{WP}}$$

A_{WP}

$0.5 < C_{vp} < 0.9$



نسبت های ابعادی (کشتی های تجاری)

$\frac{L}{B} = 3.5 - 10$ کشتی تجاری

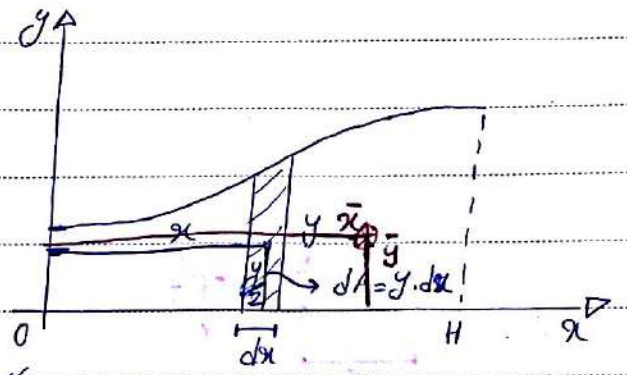
$\frac{L}{T} = 10 - 30$ کشتی نظامی

$\frac{B}{T} = 1.8 - 5$ کشتی مسافری

Subject
Date

4- قوانین انتگرال گیری و روش های آن

مقاطعی که با آن ها سر و کار داریم، مقاطع ساده ی ریاضی هستند



اگر تابع y را به صورت تابعی بر حسب x به صورت ریاضی بیان کنیم می توانیم از این فرمول استفاده کنیم

$$A = \int_0^H y.dx$$

چون برای مثال از فرمول برای Awp می خواهیم استفاده کنیم از این فرمول استفاده می کنیم.

$$A = \sum \delta A = \sum (y.\delta x)$$

ox حول $\delta M_L = x.y.\delta x$ $\quad M_L = \int_0^H x.y.dx$

$$M = \sum x(y.\delta x)$$

مرکز طولی سطح $\quad \bar{x} = \frac{M_L}{A} = \frac{\int_0^H x.y.dx}{\int_0^H y\,dx} = \frac{\int x\,dA}{\int dA}$

oy حول جان

$$\delta M_t = (\delta A).\bar{y}_{/2} = \frac{y^2}{2}\delta x$$

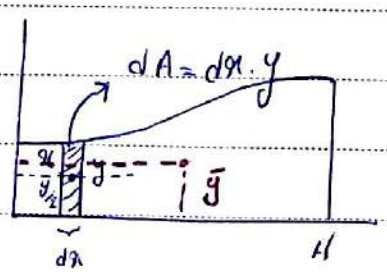
$$M_t = \frac{1}{2}\int_0^H y^2\,dx$$

$$M_t = \frac{1}{2}\sum y^2.\delta x$$

مرکز عرضی سطح

$$\bar{y} = \frac{M_t}{A}$$

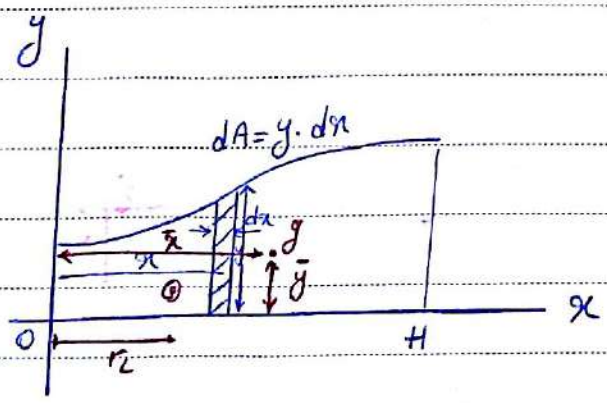
$$\bar{y} = \frac{\frac{1}{2}\int y^2.dx}{\int y\,dx} = \frac{\frac{1}{2}\sum y^2 \delta x}{\sum y.\delta x}$$



Subject
Date

4- قوانین انتگرال گیری و روش های آن

اگر این المان نیز حول محور y بچرخد، بر طبق تعریف ممان اینرسی آن برابر است با x^2 ضرب در مساحت آن dA





ممان اینرسی جسم یا جرم m که در فاصله r حول نقطه O دوران کند.

$m \cdot r^2$

ممان اینرسی طولی (حول محور y)

$$\delta I_L = (\delta A) \cdot x^2 = x^2 \cdot y \cdot \delta x$$

$$I_L = \sum x^2 y \cdot \delta x \quad \text{or} \quad I_L = \int_0^H x^2 \cdot y \cdot dx$$

شعاع ژیراسیون Radius of Gyration, Gradii

فرضی که داشته باشیم تمام جرم آن در یک نقطه متمرکز می‌شود که ضرب آن فاصله در جرم متمرکز در آن نقطه برابر با ممان اینرسی برابر باشد. این فاصله را شعاع ژیراسیون می‌نامند. شعاع ژیراسیون ارتباطی با مرکز سطح ندارد.

شعاع ژیراسیون طولی

$$r_L = \left(\frac{\int_0^H x^2 y \, dx}{\int_0^H y \cdot dx} \right)^{0.5}$$

← برای محاسبه‌ی ممان اول، حاصل ضرب فاصله‌ی مرکز سطح در مساحت را محاسبه می‌کردیم. اما برای محاسبه‌ی ممان دوم یا همان ممان اینرسی باید به دنبال نقطه‌ای باشیم که با ضرب مجذور فاصله‌ی آن در مساحت، ممان اینرسی بدست آید. این فاصله شعاع ژیراسیون نام دارد.

کمترین ممان اینرسی حول مرکز سطح است. هرچه از مرکز سطح دور شویم، ممان اینرسی بیشتر می‌شود.

شعاع ژیراسیون طولی و عرضی با هم متفاوتند.

شعاع ژیراسیون طولی $r_L = \sqrt{\frac{\int x^2 dA}{\int dA}}$

همان این نقطه نه تنها بستگی به شکل سطح دارد بلکه به همان دستگاه مختصات نیز بستگی دارد.

$$I_{g_L} = I_L - A \cdot \bar{x}^2$$

ممان اینرسی حول محوری موازی با محور مرکز سطح

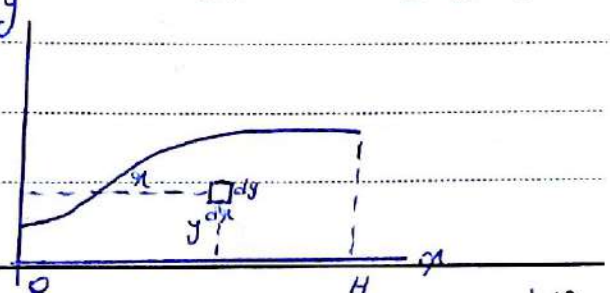
مجذور فاصله‌ی بین دو محور

شعاع ژیراسیون و ممان اینرسی عرضی

$$\delta I_t = y^2 \, dx \, dy$$

$$I_t = \int_0^H \int_0^y y^2 \cdot dy \cdot dx \rightarrow I_t = \frac{1}{3} \int_0^H y^3 \, dx$$

$$\int_0^y y^2 \cdot dy = \frac{1}{3} y^3$$



Subject
Date

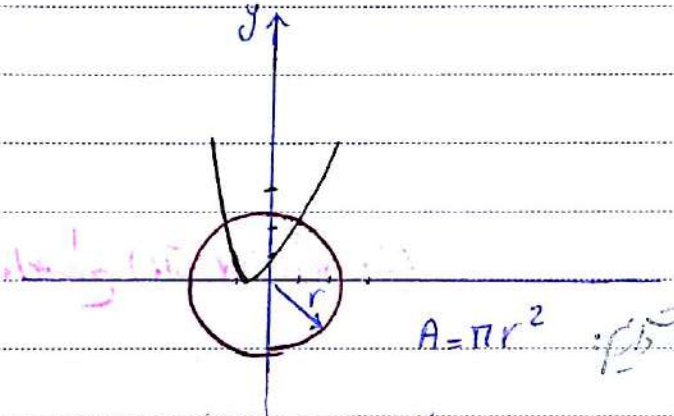
$$I_t = \sum_x \sum_y (\delta x \cdot \delta y \cdot y^2)$$

$$r_t^2 \cdot \int_0^H y\,dx = \frac{1}{3}\int_0^H y^3 dx \Rightarrow \boxed{r_t = \left(\frac{\frac{1}{3}\int_0^H y^3 dx}{\int_0^H y\,dx}\right)^{0.5}}$$

شعاع ژیراسیون عرضی

* اگر تابع تحلیلی بود به روش انتگرال برای محاسبه‌ی آن اقدام می‌کنیم در غیر این صورت از روش عددی استفاده می‌کنیم.

روش های عددی برای محاسبه سطوح، احجام و مراکز آن ها برای کشتی



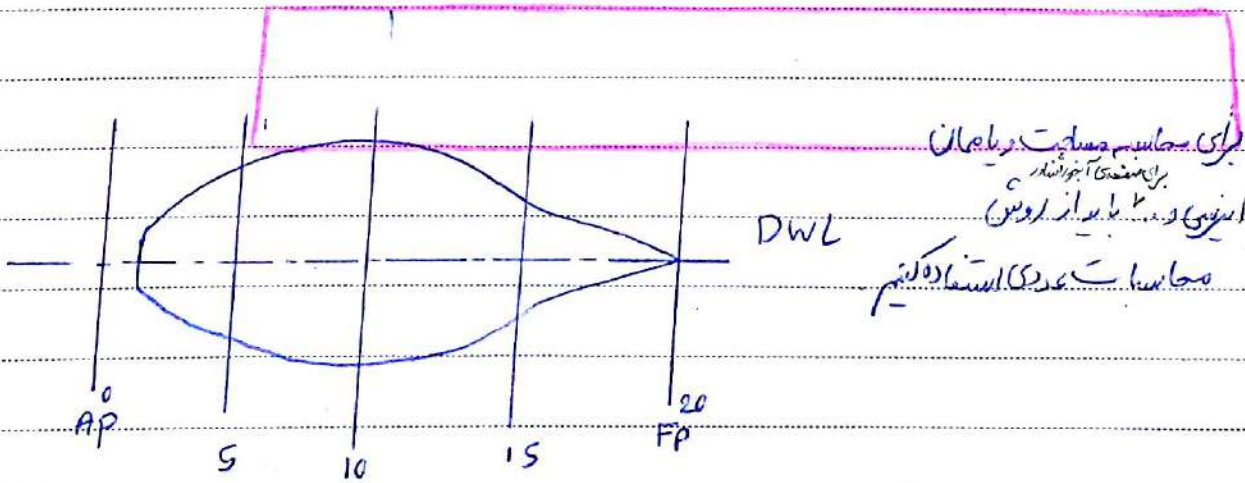
برای محاسبه مساحت دایره یک شکل معین فقط نیاز داریم: $A = \pi r^2$

تابع جبری (برای صفحه‌ی مشکی) $y = x^2 + x + 1$

$$A = \int_0^1 y\,dx = \frac{1}{3}x^3 + \frac{1}{2}x^2 + x$$

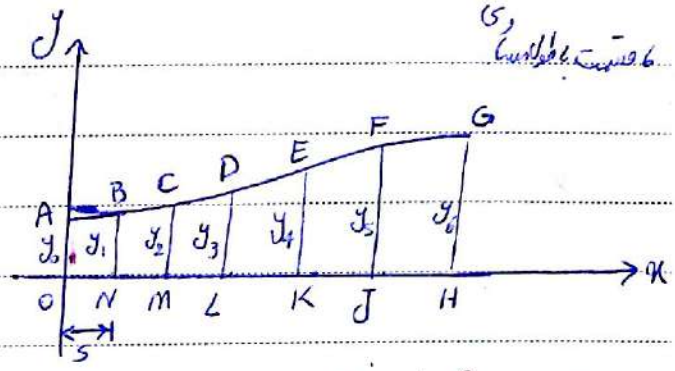
$$A = \frac{1}{3} + \frac{1}{2} + 1 = \frac{11}{6}$$

چون تابع تحلیلی است برای محاسبه‌ی مساحت زیر آن دیگر نیازی به روش‌های عددی نیست و از انتگرال می‌توان استفاده کرد.



برای محاسبه مساحت و یا حجم زیر منحنی‌های آبخورشکل از روش ... یا سایر روش‌ها محاسبات عددی استفاده می‌کنیم

Subject
Date



۶ قسمت با فواصل مساوی

مساحت روش ذوزنقه

اگر خواسته باشد از کدام رئوس بگذرد HB علامت

کدام هشت نوعی

$$(SA)\ OABN = S \cdot \frac{1}{2}(y_0 + y_1)$$

$$NBCM = S \cdot \frac{1}{2}(y_1 + y_2)$$

$$\vdots$$

$$JHGF = S \cdot \frac{1}{2}(y_3 + y_6)$$

$$\sum SA = A = S\left[\frac{1}{2}y_0 + y_1 + y_2 + y_3 + y_4 + y_5 + \frac{1}{2}y_6\right]$$

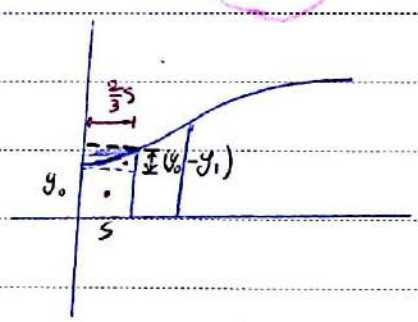
ممان اول سطح (با استفاده از روش ذوزنقه)

ممان اول حول OY

m_L

برای این شکل

$$\delta m_L = (y_0 \times S)\frac{S}{2} + \frac{1}{2}S \cdot (-y_0 + y_1) \cdot \frac{2}{3}S$$



البته می‌توانیم در یک مرحله کل مستطیل را در نظر بگیریم و بعد مثلث را از آن درآوریم.

$$m_L = S^2\left[\frac{1}{6}y_0 + y_1 + 2y_2 + \dots + (n-1)y_{n-1} + \frac{3n-1}{6}y_n\right]$$

یعنی ضریب برابر نیست.

ممان اول طولی با استفاده از روش ذوزنقه

n زوج یا فرد باشد.

$$I_L = S^3\left[\frac{1}{12}y_0 + \frac{7}{6}y_1 + \frac{25}{6}y_2 + \dots + \frac{6n^2-12n+7}{6}y_{n-1} + \frac{6n^2-4n+1}{12}y_n\right]$$

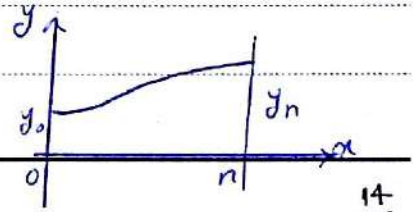
ممان اینرسی طولی با استفاده از روش ذوزنقه

برای $n-1$

مثلاً برای بدست آوردن ضریب y_1:

$$1 = n-1 \Rightarrow n = 2$$

$$\Rightarrow \frac{6\times 2^2 - 12\times 2 + 7}{6} = \frac{7}{6}$$



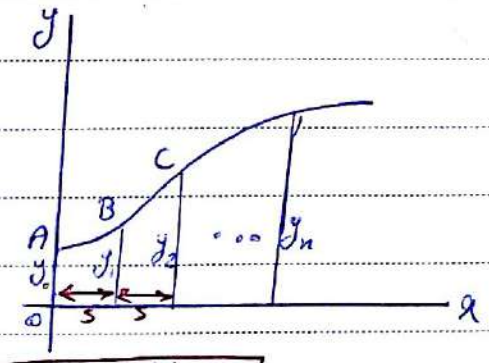
PqPCO

Subject
Date

روش سیمپسون : Simson's First Rule

شرایط استفاده

$$ABC \equiv \begin{cases} y = a + bx + cx^2 \\ s \quad \text{فاصله یکسان} \\ (\text{بین } A \text{ و } C \text{ و } B) \end{cases}$$



محاسبه A: $y_0 = a + b(0) + c(0)^2 \Rightarrow \boxed{a = y_0}$

محاسبه B: $y_1 = a + b(s) + c(s^2) \Rightarrow \boxed{b = \frac{y_1 - y_0 - cs^2}{s}} \rightarrow \boxed{b = \frac{-3y_0 + 4y_1 - y_2}{2s}}$

محاسبه C: $y_2 = a + b(2s) + c(2s)^2 \rightarrow y_2 = y_0 + (2s)\frac{y_1 - y_0 - cs^2}{s} + 4cs^2$

$$\boxed{c = \frac{y_0 - 2y_1 + y_2}{2s^2}}$$

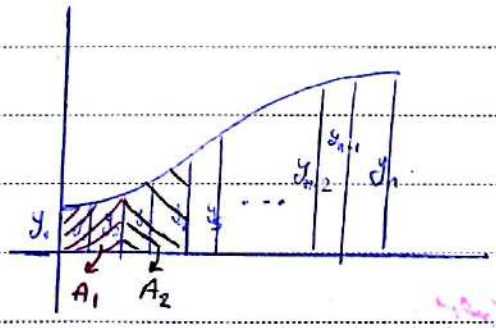
اگر فرض کنیم که بتوان بین 3 نقطه یک منحنی درجه دو عبور داد، می‌توان a و b و c را یافت و تابع تحلیلی را تشکیل داد.
البته برای محدوده‌های بعد دوباره باید توابع تحلیلی دیگری تعریف شوند.

$$A = \int_A^C y \cdot dx = \int_0^{2s} y \cdot dx = \int_0^{2s} (a + bx + cx^2)\, dx$$

$$A = 2a \cdot s + 2bs^2 + \frac{8}{3}cs^3$$

$$A = \frac{s}{3}y_0 + \frac{4}{3}sy_1 + \frac{s}{3}y_2$$

محدودیت استفاده از روش سیمپسون:
باید تعداد s ها (n ها) زوج باشد



$$A_1 = \frac{s}{3}(y_0 + 4y_1 + y_2)$$

$$A_2 = \frac{s}{3}(y_2 + 4y_3 + y_4)$$

$$A_1 + A_2 = \frac{s}{3}(y_0 + 4y_1 + 2y_2 + 4y_3 + y_4)$$

$$\sum A = A = \frac{s}{3}\left[y_0 + 4y_1 + 2y_2 + 4y_3 + 2y_4 + \dots + 4y_{n-1} + y_n\right]$$

در قانون اول سیمپسون، چون n زوج است پس تعداد y ها حتماً فرد است چون با افزایش y_0، تعداد آن‌ها یکی از n بیشتر است.

$n = 2, 4, 6, \dots$

Subject
Date

محاسبه اول سطح (طولی) (با استفاده از روش سیمپسون)

$$m_L = \frac{s^2}{3}\left[4y_1 + 4y_2 + 12y_3 + \cdots + 2(n-2)y_{n-2} + 4(n-1)y_{n-1} + ny_n\right]$$

محاسبه ابر سی طولی

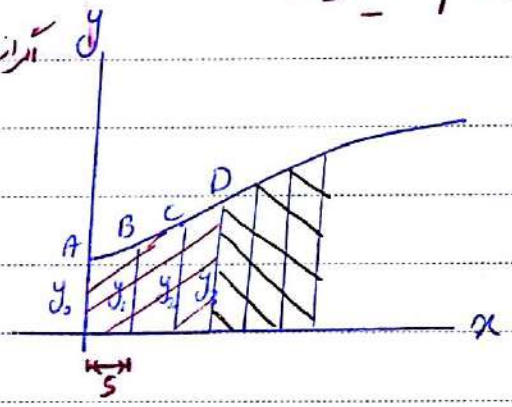
$$I_L = \frac{s^3}{3}\left[4y_1 + 8y_2 + 36y_3 + \cdots + 2(n-2)^2 y_{n-2} + 4(n-1)^2 y_{n-1} + n^2 y_n\right]$$

قانون دوم سیمپسون

(اگر از منحنی درجه 3 برای تقریب منحنی استفاده کنیم نیاز به 4 نقطه داریم)

$$y = a + bx + cx^2 + dx^3$$

$$A = \int_0^{3s} y\,dx$$



از طریق 4 نقطه‌ای مشخص، a، b، c و d بدست می‌آیند

$$y_0 = a,\quad y_1 = a + bs + cs^2 + ds^3$$

$$y_2 = a + 2bs + 4cs^2 + 8ds^3$$

$$y_3 = a + 3bs + 9cs^2 + 27ds^3$$

$$A = \int_0^{3s} y\,ds = \frac{3}{8}s\left[y_0 + 3y_1 + 3y_2 + y_3\right]$$

به صورت تعمیم:

مساحت بر حسب قانون دوم سیمپسون

$$A = \frac{3}{8}s\left[y_0 + 3y_1 + 3y_2 + 2y_3 + 3y_4 + 3y_5 + 2y_6 + \cdots + 2y_{n-3} + 3y_{n-2} + 3y_{n-1} + y_n\right]$$

$n = 3, 6, 9, \ldots$

برای استفاده از قانون دوم سیمپسون، n باید مضرب 3 باشد.

در صورتی که n عددی فرد و مضرب 3 نباشد، باید از ترکیب قانون اول و دوم سیمپسون برای حل آن استفاده کرد.

P4PCO

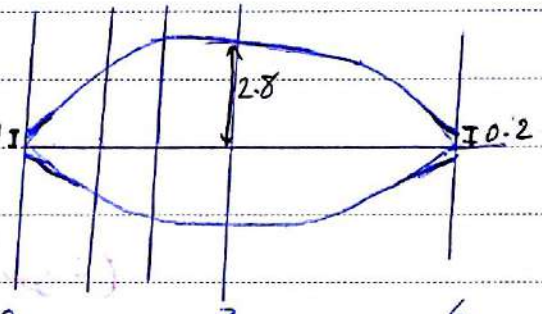
Subject
Date

مثال) شناوری به طول ۶ متر دارای سطح صفحه‌ی آبخوری با نیم‌عرض‌های زیر با فواصل مساوی است که از عمود پاشنه شروع می‌شود. مساحت صفحه‌ی آبخور را محاسبه کنید.

$L = 90$

① شماره مقطع	② نیم‌عرض	③ ضریب سیمپسون	④ = ③ × ② حاصل ضرب
0	0.1	1	0.1
1	1.4	4	5.6
2	2.17	2	5.4
3	2.8	4	11.2
4	2.8	2	5.6
5	2.2	4	8.8
6	0.2	1	0.2
			$\sum ④ = 40.9$

برگرفته از روش فرمول



سیمپسون مرتبه ۱

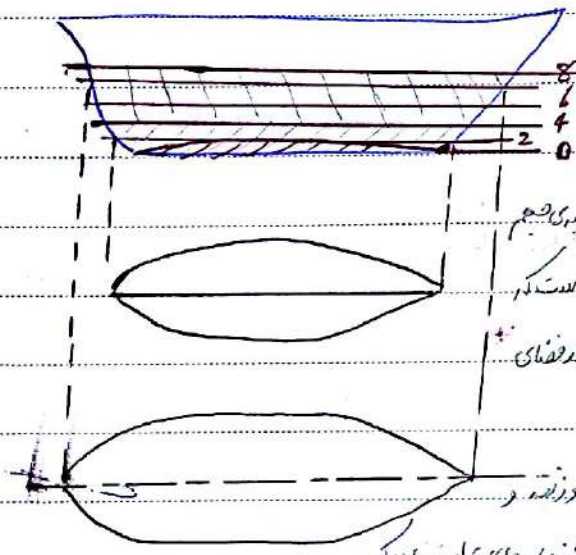
$$L = 90 \Rightarrow S = \frac{L}{6} = \frac{90}{6} = 15$$

$$A = \frac{2 \times S}{3} \cdot \sum ④ = \frac{15}{3} \times 40.9 \times 2 = 409 m^2$$

مثال) شناوری دارای مساحت صفحه آبخور به شرح زیر است:

آبخور (m)	0	2	4	6	8	10
A_{wp} (m^2)	350	2500	3450	3960	4000	4030

حجم جابجایی (حجم زیر آبی) شناور را در آبخورهای 2 و 6 و 10 متر محاسبه کنید.



$$\nabla = \int_0^{T_1} A_{wp} \cdot dT$$

$$A = \int y\, dx$$

زمانی که مساحت صفحات آبخورد هم چنین مقادیری بین آن ها را بدست داده باشند، برای محاسبه حجم زیر آبی می توانیم فواصل T_1 و مساحت آن را در فرمول سیمپسون جایگذاری کنیم. (واضح است که مساحت را بصورت یک بطول در فضای دوبعدی نشان می دهیم و حجم فاصل را که در فضای دوبعدی سطح است، حجم در فضای سه بعدی قلمداد می کنیم)

برای بدست آوردن حجم می توان در فرمول های برایست آوردن مساحت در روش های ذوزنقه و سیمپسون جزئیه 1 و 2، از مساحت صفحه آبخور به جای آن و از فواصل بین خط آبخور به جای h استفاده کرد.

ذوزنقه محاسبه ∇_2 (حجم زیر آبی تا آبخور 2)

$S = 2m$

$A_0 = 350$ ، $A_2 = 2500$

$$\nabla = \frac{S}{2} \cdot (A_0 + A_{2m}) = \frac{2}{2}(350 + 2500) = 2850\, m^3$$

$$\Delta = \rho \cdot \nabla = 1.025\ t/m^3 \times 2850 = 2921.25\ t$$

(آب شور)

آبخور 6 متری: 3 قسمت زیر آب دارد پس باید از سیمپسون نوع 2 استفاده کنیم.

① آبخور T (m)	② A_{wp} (m^2)	③ ضریب سیمپسون	④ = ② × ③ حاصلضرب	
0	350	1	350	نکته: تعداد h ها با تعداد آبخورها
2	2500	3	7500	برابر در نظر بگیرید. تعداد h ها یکی کمتر از
4	3450	3	10350	تعداد آبخوردها با مساحت ها برابر باشد.
6	3960	1	3960	
			$\Sigma ④ = 22160$	

$$\nabla = \frac{3}{8} S \cdot \Sigma ④ = \frac{3}{8} \cdot 2 \cdot 22160 = 16620\, m^3$$

$S = 2m$ $\quad \Delta = \rho \cdot \nabla = 1.025 \times 16620 = 17035.5\, t$

Subject
Date

در آبخور 10 متر، 5 وسط دارد که نه ضرب 2 و نه ضرب 3 است. 2 بخش اول را سیمپسون 1 و 3 بخش بعدی را سیمپسون 2 حساب می‌کنیم:

① T	② A_{WP}	③ ضریب سیمپسون	④=②×③ حاصل ضرب	⑤ ضریب سیمپسون	⑥=②×⑤ حاصل ضرب
0	350	1	350		
2	2500	4	10000		
4	3450	1	3450	1	3450
			Σ④=13800		
6	3960			3	11880
8	4000			3	12000
10	4030			1	4030
					Σ⑥=31360

$$\nabla_{0-4} = \frac{5}{3}\Sigma④ = \frac{2}{3}\times 13800 = 9200\,m^3$$

$$\nabla_{4-10} = \frac{3}{8}5\,\Sigma⑥ = \frac{3}{8}\times 2\times 31360 = 23520\,m^3$$

$$\nabla = \nabla_{0-4} + \nabla_{4-10} = 31720\,m^3$$

$$\Delta = \rho\cdot\nabla = 32513\,t$$

فرمول های تکمیلی

$$A = \int_0^5 y\,dx$$

$$= a\cdot 5 + \frac{b}{2}5^2 + \frac{c}{3}5^3$$

$$= \left[\frac{5}{12}y_0 + \frac{8}{12}y_1 - \frac{1}{12}y_2\right]\cdot 5$$

$$M_L = \frac{5^2}{24}\left(3y_0 + 10y_1 - y_2\right)$$

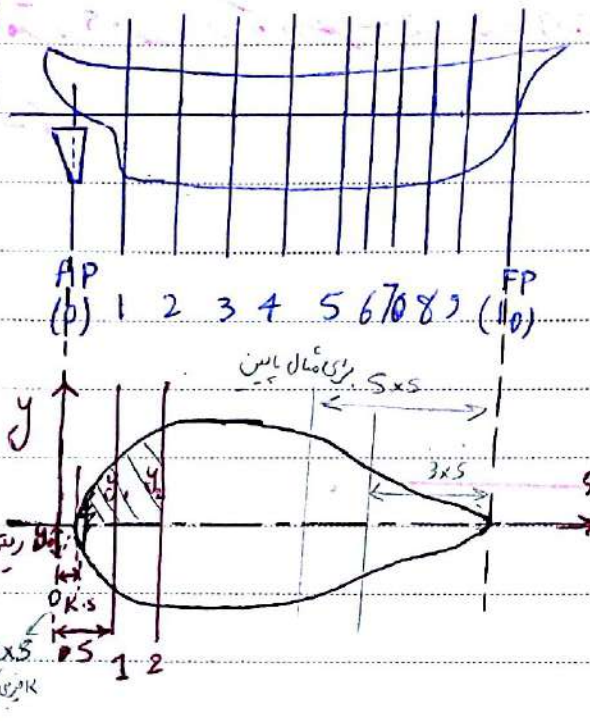
$$I_L = \frac{5^3}{120}\left(7y_0 + 36y_1 - 3y_2\right)$$

$$y = a + bx + cx^2$$

$$A = \int_0^5 y\,dx$$

Subject
Date

انتگرال ذوزنقه‌ای:



هدف محاسبه‌ی سطوحی است که بین دو منحنی قرار گرفته‌اند

در این شکل نقطه‌ی انتهایی سطح نه روی خط ۰ و نه روی خط یک می‌باشد.

ریتم محنی را ادامه می‌دهیم تا خط را قطع کند

$$A = \frac{S}{3}\left[\left(1-3K+\frac{9}{4}K^2-\frac{1}{2}K^3\right)y_0+\left(4-3K+K^3\right)y_1+\left(1+\frac{3}{4}K^2-\frac{1}{2}K^3\right)y_2\right]$$

هرکدام از ترم‌ها صفر باشند قابل قبول است

گرچه صفحات آنچنان دقیق نیست BL نزدیک شوند، کوچکتر می‌شوند و در این صورت برای محاسبه‌ی سطح بین دو خط از ابتدای آن خط تا انتهای آن و خط y_n و انتگرال دارند که بین دو مقطع گیر کرده است، از انتگرال ذوزنقه‌ای برای محاسبه‌ی آن استفاده می‌کنیم

می‌توان از روش ذوزنقه هم استفاده کرد که البته از سیمپسون اقت کمتری دارد. در این صورت از آن به محل خاتمه یعنی $y_n = 0$ وصل کرده و مساحت ضلث حاصل را محاسبه می‌کنیم.

مثال) شناوری به طول 200m دارای صفحه‌ی آبخور با پنج عرض‌های زیر است که بر تن از سینه به پاشنه به شرح زیر می‌باشد

مقطع	
0	
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	

الف) A_{wp} ؟

ب) مرکز سطح A_{wp} است ← به محور سینه

PqPCO

Subject

Date

① مقطع	② y_i (m)	③ ضریب سیمپسون	④=②×③ حاصلضرب	⑤ بازو	⑥=⑤×②×③ =⑤×④ حاصلضرب ممان اول
آمریکایی (FP) 0	0	1	0	0	0
1	10	4	40	1	40
2	13	2	26	2	52
3	14	4	56	3	168
4	14.2	2	28.4	4	113.6
5	14.2	4	56.8	5	284
6	14.1	2	28.2	6	169.2
7	14.	4	56	7	392
8	11.5	2	23	8	184
9	6.2	4	24.8	9	223.2
(AP) 10	0.2	1	0.2	10	2.0
			$\Sigma④ = 339.4$		$\Sigma⑥ = 1628.5$

$$A_{WP} = \frac{S}{3} \times (2) \Sigma④ = 4525.3 m^2$$

$$\text{مرکز سطح نسبت به FP} = \frac{M}{A} = \frac{\frac{S}{3} \times (2) \times \Sigma⑥ \times S}{\frac{S}{3} \times (2) \times \Sigma④} = \frac{S \times \Sigma⑥}{\Sigma④} = \frac{20 \times 1628}{339.4} = 95.93 m \text{ (Fp)}$$

$L = 200$

$S = \frac{L}{10} = \frac{200}{10} = 20m$

تمرین) صفحه کار A_{WP} را در آنجور (S) اصلی ترسیم کنید اندازه‌ی سطح و موقعیت مرکز سطح را بیابید.

طول 215

عرض 35

آنجور 10.6

CB 0.73

ترسیم دقیق صفحه آنجور در آنجور طراحی

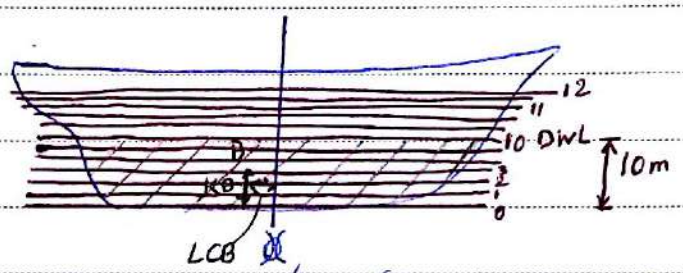
(BL=1) (WL 5)

(BL=0) (WL4)

محاسبه A_{WP} و محاسبه موقعیت مرکز سطح A_{WP}

Subject
Date

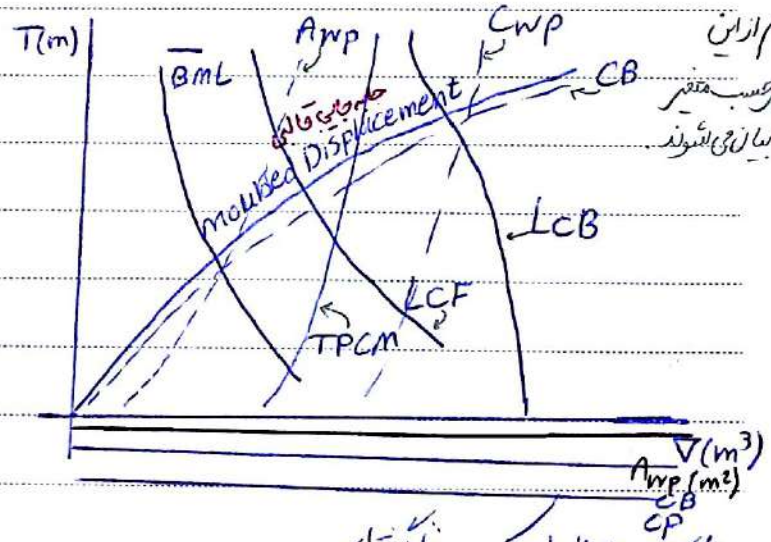
5 ـ محاسبات مربوط به منحنی های هیدرواستاتیک



خط آب طراحی: DWL

* منظور از خط آب طراحی، خطی است که به ازای بارگیری مورد نظر، آب باید تا این خط آب بالا بیاید.
* مطابق شکل، برای پاسخگویی به نیازهای طراحی خط آب های بالاتر از DWL نیز در نظر می گیریم
* کشتی می تواند در خط آب پایین تر از خط آب طراحی داشته باشد

T(m)	∇(m³)
0	0
1	1120
2	2500
3	4000
4	5500
5	6100
6	7700
7	9500
8	11400
9	13500
10	15700
11	18000



هرکدام از این توابع برحسب متغیر T(m) بیان می شوند.

جای محور ۹ و ۱۰ را عکس در نظر گرفته ایم.

* (منحنی هیدرواستاتیک برخلاف بیمار منحنی ها که متغیر روی محور ۹ و فانکشن روی محور ۱۰ نمایش داده می شود، متغیر (آبخور) را روی محور ۱۰ و فانکشن ها را روی محور ۹ نمایش می دهیم)
* منحنی هیدرواستاتیک می تواند جدول باشد (همه ی منحنی های هیدرواستاتیک دارای جدول هستند که بیانگر نقاط آن منحنی است.)
* متغیر آبخور است و فانکشن هرکدام از پارامترهای محور دیگر است.
* هرکدام از این فانکشن ها باید محاسبه شوند.

(منحنی هیدرواستاتیک)

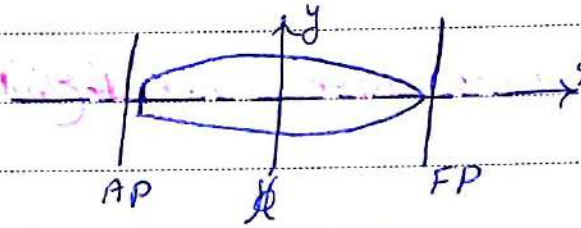
Subject

Date

LCB: Longitudinal Center of Bayancy موقعیت طولی مرکز بویانسی

LCB برابر است با فاصله‌ی طولی مرکز بویانسی B تا Amidship

مساحت صفحه آبخور Awp



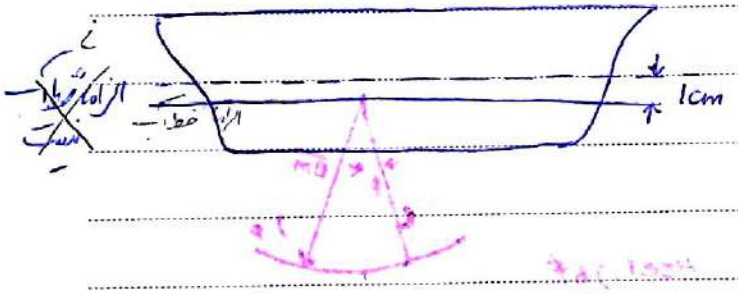
فاصله خط آب ها برای محاسبات صفحه 5cm است.

$Awp = 2\int y \cdot dx$

Tons per Centimeter Imersion: TPCM تن بر سانتی متر فرورفتگی

مقدار TPCM به ما می گوید که خط آب

چه مقدار بیشتر ($\frac{t}{cm}$) یا کمتر ($\frac{t}{cm}$) باید جابجا شود



$Awp \equiv A_{wp}$ خط آب

(در یک کشتی توان متصور شد که در ابعاد یک کشتی چنین خطایی بسیار ناچیز است.)

وزن آب جابجا شده $= Awp \times \left(\frac{1}{100}\right) \cdot \rho \cdot g$

یک سانتی متر فرورفتگی چقدر تن بار می خواهد

$TPCm = \frac{Awp}{100} \times 1 \left(\frac{t}{cm}\right)$ یک سانتی متر ($\frac{t}{cm}$)

$Tpcm = 1.025 \times \frac{Awp(m^2)}{100}$ $\frac{t}{cm}$ آب دریا

برای دستگاه انگلیسی $TPI = \frac{Awp}{420}$ $t/inch$ Tons per 1 Inch Immersion

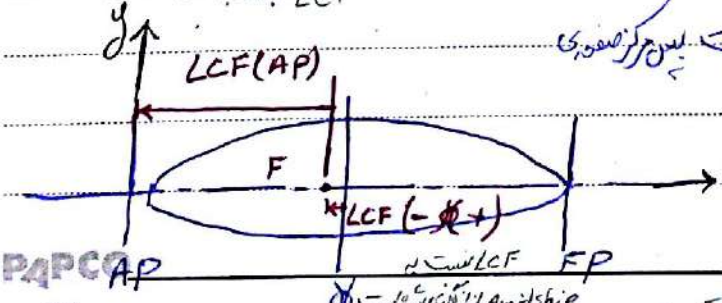
موقعیت طولی مرکز شناوری

LCF: Longitudinal center of Flotation

LCF نسبت به AP اندازه گیری شده است

صفحه‌ی آبخور نسبت به Amidship متقارن است پس مرکز سطوح آبخور الزاماً روی Amidship قرار می گیرد

نکته: باید مشخص شود که LCF نسبت به کجا اندازه گیری شده است.



* مرکز شناوری (F) بر روی مرکز سطح صفحه آبخور کشتی قرار دارد.

P4PCG

Subject
Date

$$LCF = \frac{2\int xydx}{2\int y.dx} \quad (AP)$$

$\overline{BM}$: Transverse Metacentric Radius — شعاع متاسنتر عرضی

$\overline{KM}$: Height of Transverse Metacenter — ارتفاع متاسنتر عرضی

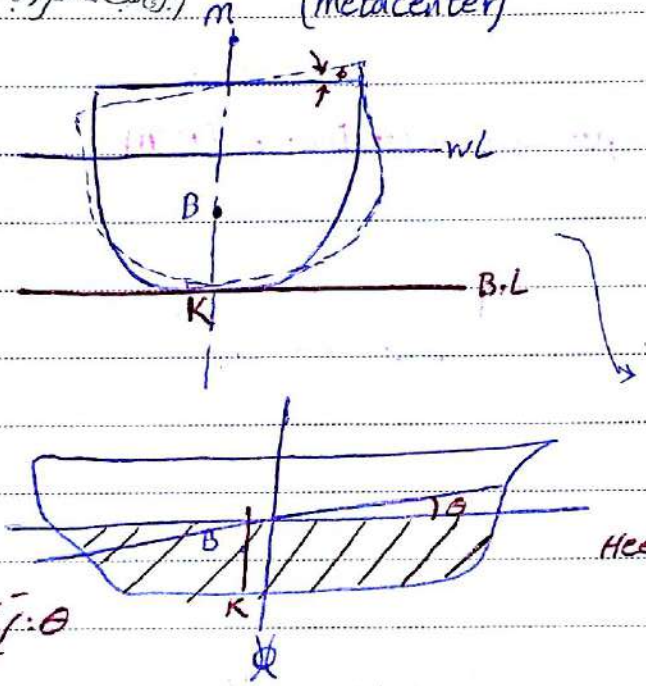
(برای کلیه متاسنتر را با M_t نیز نمایش می دهند) m (metacenter)

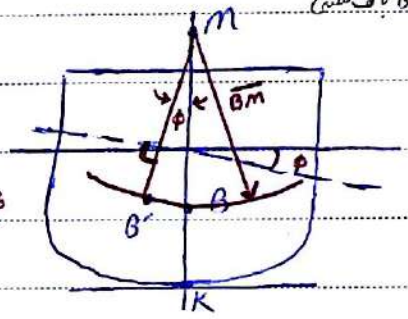
مرکز حجم زیر آبی کشتی : مرکز ژیانسی

در حالتی که کشتی حول C.L (در طول کشتی) می چرخد،

در واقع نقطه ی B حول نقطه ی M می چرخد

K : نقطه ای که BL با بدنه کشتی





- برای راحتی ترسیم چرخش کشتی، کشتی را ثابت نگه داشته و آب را می چرخانیم.
- پس از چرخش قسمت زیر آبی چپ بیشتر از راست شده پس مرکز حجم زیر آبی به B' می رود.
- اگر از نقطه ی B' خطی را به خط آب خط چین عمود کنیم، باید از متاسنتر بگذرد.
- چون کشتی را به صورت عرضی به کشتی نگاه می کنیم $\overline{BM}$ و $\overline{KM}$ را شعاع و ارتفاع متاسنتر عرضی نامگذاری می کنیم.

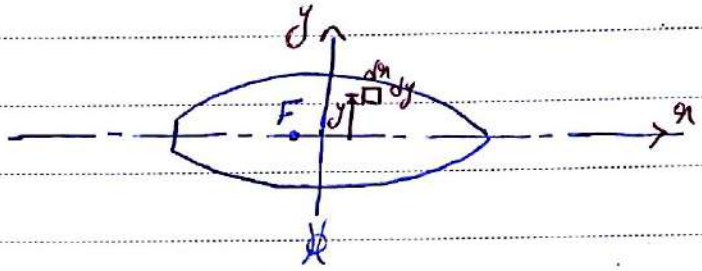
Subject

Date

$\overline{BM} = \frac{I_t}{\nabla}$

I_t : ممان اینرسی صفحه آبخور

∇ : حجم جابجایی حجمی در آبخور مدنظر



$I_t = \frac{2}{3}\int y^3 . dx$

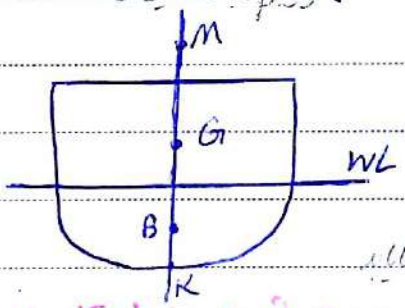
نکته: با استفاده از $\overline{BM}$ می‌توان $\overline{KM}$ را بدست آورد.

$\overline{KM} = \overline{KB} + \overline{BM}$

ارتفاع متاسنتری Metacentric Height $(\overline{GM})$

ارتفاع متاسنتری با ارتفاع متاسنتری متفاوت است (دو ارتفاع متاسنتر طولی و ارتفاع متاسنتر عرضی)

مرکز جرم در کشتی مستقل از خط اک است. (مستقل از ایده و اساسات است) چه وزنه‌ای در کل و چه داخل کشتی باشد، خط اک تغییر نمی‌کند ولی مرکز جرم تغییر می‌کند.



$\overline{GM} = \overline{KB} + \overline{BM} - \overline{KG}$ (ارتفاع مرکز جرم)

در کشتی با بار گیری برخی می‌شود. فرجه به سمت پایین

باید با پیدای افزایش و فرجه به سمت خروج کاهش یابد.

$\overline{GM}$ منفی موجب غرق شدن و چپه شدن کشتی می‌شود.

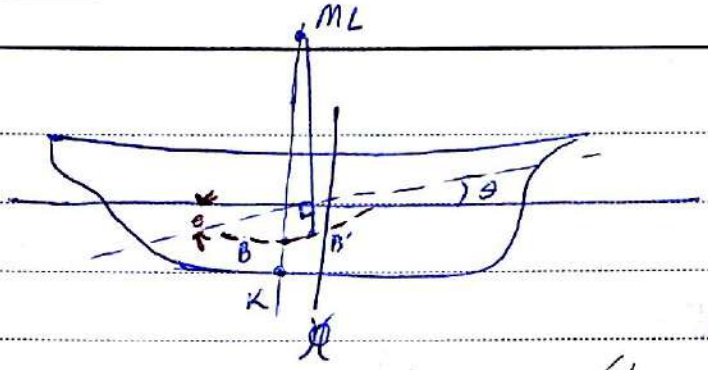
$\overline{GM}$ منفی یعنی G بالای M قرار گیرد

نکته: اساساً کشتی به صورت عرضی چپه می‌شود، یعنی چپه شدن در راستای طول بسیار دشوار است.

$\overline{BML}$ Longitudinal Metacentric Radius شعاع متاسنتر طولی

$\overline{KML}$ Height of Longitudinal metacenter ارتفاع متاسنتر طولی
(Longitudinal Metacenter Height)

Subject
Date



~~متاسنتر طولی و متاسنتر عرضی، کدام مقاومت هستند (آیا کدام ثابت می‌شوند؟)~~

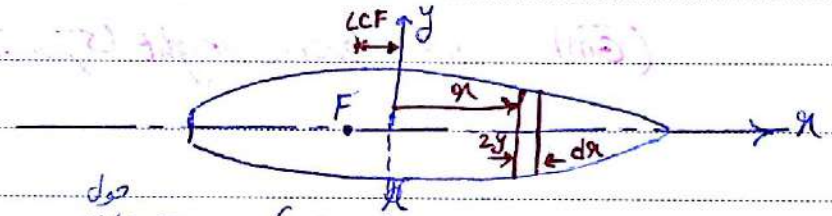
آیا فاصله‌ی مرکز برینسی تا خط آبخور در حد مقدار ثابتی است؟ خیر

آیا در صورت دوران کشتی حجم زیر آبی ثابت می‌ماند؟ بله

$\overline{BM_L} = \frac{I_L}{\nabla}$ → I_L حول محور شناوری

ولی چون برآورد آوردن آن amidship محاسبه‌ی کنیم و سپس با استفاده از فرمول زیر به I_L حول محور شناوری تبدیل می‌کنیم

$\overline{KM_L} = \overline{KB} + \overline{BM_L}$



حول

$$(\not\!\!\not) \; I_L = 2\int x^2 \cdot y \, dx$$

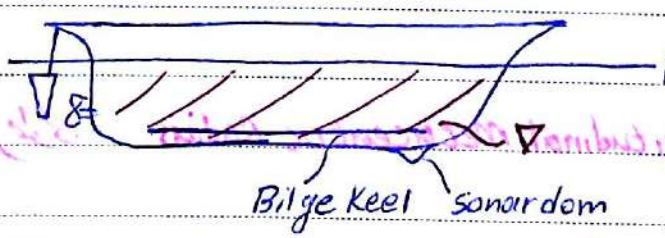
(کوچکترین مقدار ممان حول محور سطح است)

$$\boxed{\text{حول } F \; I_L = I_L(\not\!\!\not) - A \cdot LCF^2}$$

$$I_L(\not\!\!\not) = I_L(F) + A \cdot LCF^2$$

Total Displacement & Moulded Displacement

جابجایی کل و جابجایی قالبی



یا هر خط آب دیگری

با لحاظ کردن ضخامت حجم زیر آبی افزایش می‌یابد.

جابجایی قالبی: جابجایی بدون در نظر گرفتن پوسته فولادی را گویند.

Subject:

Year. Month. Date. ( )

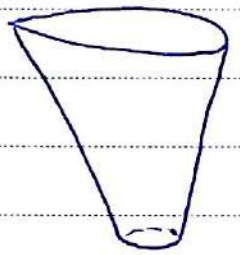
→ پوسته فولادی (0.5% - 0.7%) ∇ کشتی های تجاری

$0.005 \times \nabla$

$0.007 \times \nabla$

Total Displacement = ∇_M + لحاظ کردن ضخامت ورق + (ملحقات) زواید Appendageo

→ برآیند زواید کشتی های تجاری : $\equiv 1\% \nabla_m$ کالی



فرم کلی پروفیل بدنه

مثال : کشتی به طول $L = 154.99$ و عرض $B = 24.078m$ به 10 قطعه تقسیم شده که متداریم عرض بر روی خط شناور طراحی بشرح جدول زیر می باشد.

LBP

خواسته ها : $A_{WP} = ?$ ، C_{WP} ، TPC_m ، LCF ، I_L ، I_t ، $\overline{BM}$ ، $\overline{BML}$

	I شماره مقطع	II y(m)	III ضریب سیمپسون	IV = II×III حاصل ضرب	V فاصله بر حسب (+ و -)	(VI = II×III×V) حاصل ضرب ممان اول	VII $(\frac{B}{2})^2$ (توان 2)	VIII = IV × VII حاصل ضرب	y^3 IX	X = IX × III حاصل ضرب
FP	0	0	0.25	0	5	0	25	0	0	0
قبل مقطع	1/2	1.245	1	1.245	+4.5	5.603	20.25	25.21	1.93	1.93
	1	3.140	0.5	1.57	+4	6.280	16	25.120	30.96	15.48
	1 1/2	5.359	1	5.359	+3.5		12.25	65.648		
	2	7.597	0.25+0.5	5.967	3		9.0			
	3	10.965	2	21.93	2		4.0			
	4	12.007	1	12.007	1		1.0			
	5	12.039	2	24.078	0	0	0	0	1744.20	3489.84
	6	12.039	1	12.039	-1		1.0	12.039		
	7	11.899	2	23.798	-2		4.0			
	8	10.271	0.5+0.25	7.703	-3		9.0			
	8 1/2	8.417	1	8.417	-3.5		12.25			
	9	5.962	0.5	2.981	-4	-11.924	16.0			
	9 1/2	3.057	1	3.057	-4.5	-13.756	20.25	61.904	28.57	28...
AP	10	0	0.25	0	-5	0	25	0	0	0

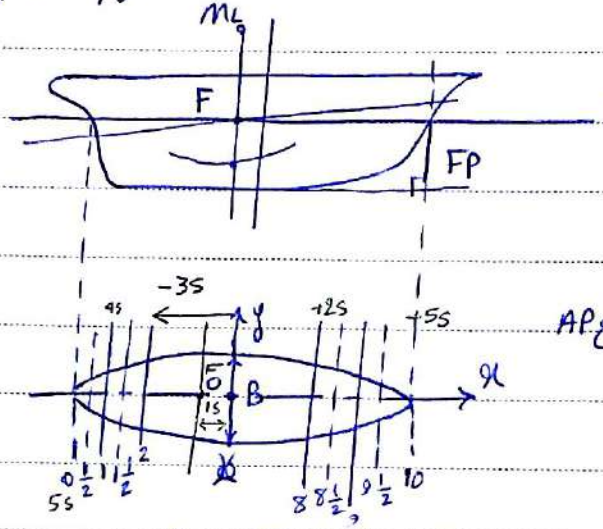
$\sum IV = 129.864$ $\sum VI = -74.319$ $\sum VIII = 6596.182$ $\sum X = 15009.00$

PAPCO

Subject:

Year. Month. Date. ( )

$$S = \frac{LBP}{n} = \frac{154.99}{10} = 15.499$$



تعریف FP: محل تقاطع خط ک با stem profile.

همیشه مقدار نیم عرض برای ایستگاه FP صفر است ولی برای ایستگاه AP می تواند صفر یا غیر صفر باشد که وابسته به نوع کشتی است.

$$A_{WP} = \sum y \cdot \delta x$$

چون بخش اول جدول به صورت نیم متقطع است، برای این که از یک Σ استفاده کنیم ضرایب سیمپسون را به صورت نصف استفاده می کنیم.

$$A_{WP} = \int_0^L y \cdot dx = \frac{4}{3} S \cdot \sum IV$$

$$= \frac{4}{3} \times 15.499 \times 129.864$$

$$= 2683.73 \, m^2$$

$$C_{WP} = \frac{A_{WP}}{L \cdot B} = \frac{2683.73}{154.99 \times 24.078} = 0.719 \, (-)$$

$$TPCm = \frac{A_{WP} \times 1.025}{100} = 27.52 \ t/cm \ \text{at sea water}$$

$$LCF = \frac{\int_0^L x y \, dx}{\int_0^L y \, dx}$$

ستون چهارم انتگرال $y \cdot dx$ در متقطع است.

$$= \frac{\frac{4}{3} S \sum VI \times S}{\frac{4}{3} S \sum IV} = -4.10 \, m$$

$$VI = IV \times V$$

$$I_L = \int x^2 \cdot y \, dx$$

$\frac{(1S)^2}{(2S)^2}$ بازوی

I_L حول (x) ←

Subject:

Year. Month. Date. ( )

$I_{L(\not\Delta)}$ حول $\not\Delta$ $= \int x^2 y\, dx = \frac{4}{3} 5^3 \Sigma \text{VIII} = 3,257,400 m^4$ I_L حول $\not\Delta$

$I_{L(CF)}$ حول CF $= I_L(\not\Delta) - Awp \times (LCF)^2 = 3,212,300 m^4$

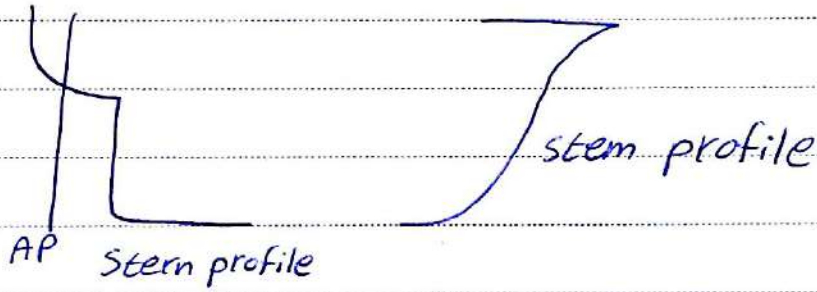
$$\overline{BML} = \frac{I_{LCF}}{\nabla} = 180.\ m$$

$I_t = \frac{2}{3} \int y^3 dx$ می خواهیم این انتگرال را بصورت عددی محاسبه کنیم

$I_t = \Sigma X \cdot \frac{2}{3} 5 \times 2 = 103390\ m^4$

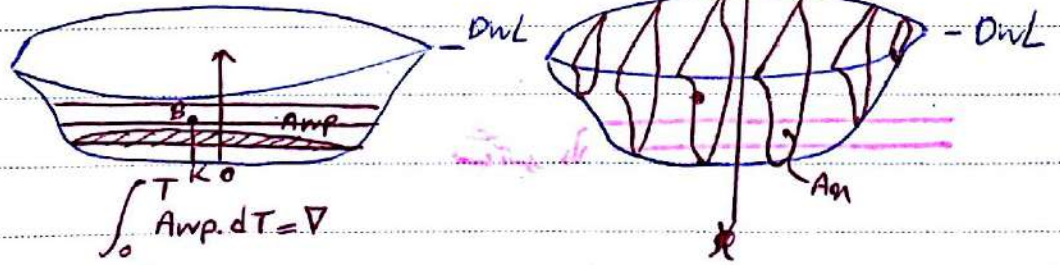
$$\overline{BM} = \frac{I_t}{\nabla} = 5.79\ m$$

* با استفاده از Stern Profile می توانیم بفهمیم که صفحه کاویتاسیون کجا قرار می گیرد چون به شکل پاشنه راه می رود.



* حالت جایی و LCB مرکز طولی بویانسی

به دو شکل می توانیم انتگرال بگیریم تا حجم را بیابیم.



$$\int_0^T Awp.\, dT = \nabla$$

$$\frac{\int T.\, A_{wp}\, dT}{\int Awp\, dT} = \overline{KB}$$

$$\int_0^L Ax\, dx = \nabla$$

$$\frac{\int_0^L x\, Ax.\, dx}{\int_0^L Ax\, dx} = LCB\ (\not\Delta)$$

Subject:

Year. Month. Date. ( )

مثال) کشتی به طول $L=154.0$ و آبخور $T=5m$، مشخصات مقاطع به شرح جدول زیر است.

$LCB = ?$

مقطع	$A(m^2)$
-0.07	0
-0.035	3.0
0	4.2
1/2	12.7
1	22.6
1 1/2	35.1
2	50.6
3	83.3
4	106.1
5	113.7
6	107.6
7	81.4
8	44.
8 1/2	29.1
9	17.4
9 1/2	5.3
9.565	3.3
9.63	0

(0.035 + 0.035)

(0.065 + 0.065)

درصورتی که مقاطع با فاصله‌های کمتر از واحد با یکدیگر برابرند، و اگر با یک روش (مثلا سیمپسون مرتبه یک و یا حتی سیمپسون مرتبه دو) برابر می‌آمدند، کافی است حرایب آن بخش‌ها را در مقدار کسری که از واحد (کامل) کمتر است ضرب کنیم.

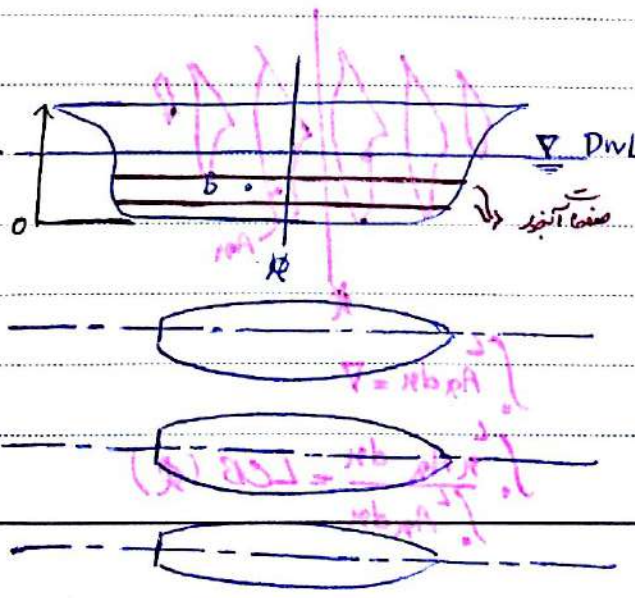
حال اگر مقاطع به نحوی بودند که نه سیمپسون یک و نه سیمپسون دو نیاز بودند و فواصل نیز واحد بود، می‌توان برای بخش سیمپسون مرتبه یک ذوزنقه را در کسر مقدار کامل ضرب کرد و برای بخش سیمپسون مرتبه دو در کسر مقدار کامل در ضریب تبدیل $\frac{2}{3}$ که تبدیل به مرتبه یک می‌کند ضرب کرد.

درصورتی که مساحت صفحات آبخور و یا نزدیک T را بدانند، می‌توانیم LCB را بدست آوریم. چون نمی‌توانیم گشتاور حول را بدست آوریم.

مرکز عمودی بویانسی ($\overline{KB}$)

مساحت / یا مرکز ثقل عمودی بویانسی

می‌توان از صفحات آبخور برای این کار استفاده کرد.

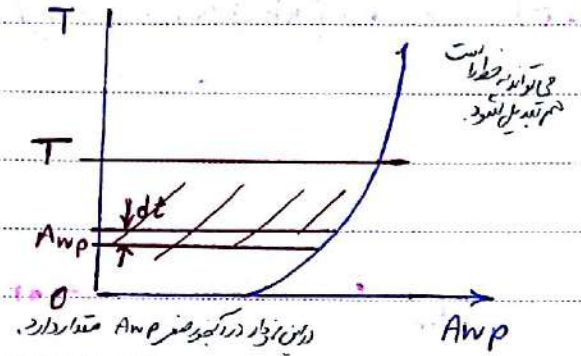


PAPCO

Subject:

Year. Month. Date. ( )

از ترکیب دو نمودار $A_{wp}-T$ و $\nabla-T$ می‌توان $\overline{KB}$ را بدست آورد.



$$\nabla = \int_0^T A_{wp}\, dT$$

- سطح زیر این نمودار، بیانگر حجم زیر آبی می‌باشد.
- مقدار A_{wp} برحسب T می‌تواند به خط راست هم تبدیل شود.

- B مرکز حجم ∇ می‌باشد. برای یافتن آن باید گشتاور سطوح نشان داده شده را نسبت به یک نقطه مشخص بدست آورد.

$$\overline{KB} = \frac{\int_0^T A_{wp}\cdot T\, dT}{\nabla = \int_0^T A_{wp}\, dT}$$

- مکان اول هر چیزی تقسیم بر خودش، مرکز آن را بدست می‌دهد.

مثال: کشتی دارای آبخور و A_{wp} به شرح جدول زیر می‌باشد. مطلوبست مقدار $\overline{KB}$ در آبخور 2 متر.

① (m) T	② A_{wp} (m^2)	③ ضریب سیمپسون	④ = ② × ③ حاصلضرب	⑤ بازو	⑥ = ⑤ × ④ $A_{wp}\,T\,dT$
0	194	1	194	0	0
1	1714	4	6856	1	6856
2	1976	1	1976	2	3952
3	2137				
			$\Sigma ④ = 9026$		$\Sigma ⑥ = 10,808$

$$\nabla_2 = \frac{S}{3} \times \Sigma ④ = \frac{1}{3} \times 9026 = 3008.7\ (m^3)$$

$S = 1m$

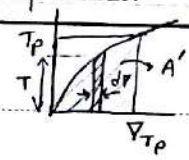
$$M_2 = S \times \frac{S}{3} \times \Sigma ⑥ = 3602.7\ (m^3 \cdot m) = m^4$$

$$\overline{KB} = \frac{M_2}{\nabla} = \frac{\int_0^2 A_{wp}\cdot T\cdot dT}{\int_0^2 A_{wp}\cdot dT} = 1.197\ (m)$$

چون از کف سر بالا مساحت افزایش می‌یابد پس مرکز ثقل باید بالاتر از وسط باشد.

Subject:

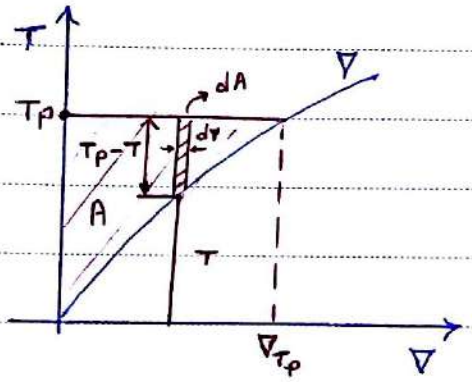
Year. Month. Date.



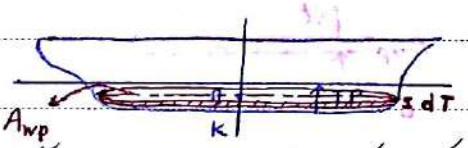
$$\overline{KB} = \frac{\int_0^{T_p} T\,d\nabla}{\int d\nabla = \nabla_{T_p}} = \frac{A'}{\nabla_{T_p}}$$

محاسبه مرکز بویانسی عمودی ($\overline{KB}$) به کمک منحنی ($T-\nabla$)

با داشتن منحنی ($T-\nabla$)، $\overline{KB}$ را می‌توانیم بدست آوریم.



فرض می‌کنیم که روی این آبخور مشخص کار می‌کنیم



دقت شود که $d\nabla$ یک مقدار ثابت است و به منحنی ∇ بستگی ندارد.

دقت شود که $d\nabla$ روی نمودار $\nabla-T$ قابل بیان و نمایش فیزیکی نیست.

dA مفهوم فیزیکی ندارد و صرفاً جهت محاسبات دارد.

$$dA = (T_p - T)\cdot d\nabla \rightarrow A = \int_0^{T_p} (T_p - T)\cdot d\nabla$$

$$\delta A = (T_p - T)\cdot \delta\nabla \rightarrow A = \sum (T_p - T)\,\delta\nabla$$

$$\nabla = \int_0^T A_{WP}\cdot dT$$

$$d\nabla = A_{WP}\cdot dT$$

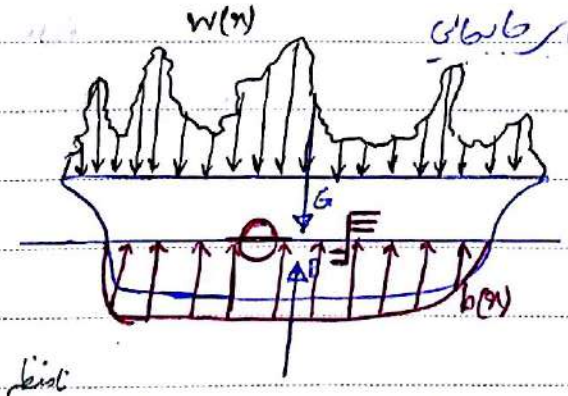
$$A = \int_0^{T_p} (T_p - T)\,d\nabla = T_p \int_0^{T_p} d\nabla - \int_0^{T_p} T\cdot d\nabla = T_p \underbrace{\int_0^{T_p} A_{WP}\cdot dT}_{\nabla} - \underbrace{\int_0^{T_p} A_{WP}\cdot T\cdot dT}_{M_\nabla \text{ حول } B.L}$$

$$M_{\nabla \text{ حول } B.L} = T_p\cdot\nabla - A$$

$$\overline{KB} = \frac{M_{\nabla \text{ حول } B.L}}{\nabla} = \frac{T_p\cdot\nabla - A_{\text{یک}}}{\nabla} = \frac{A_{\text{ذوزنقه}}}{\nabla}$$

اثرات خاص برجابایی (∇) (البته مفهومی نه فرمولی)

الف) تغییر فرم بدنه در اثر آن بر جابجایی



کشتی یک جسم صلب نیست بلکه یک جسم تغییر شکل پذیر است.

نیروی بویانسی به صورت یک نیروی گسترده بر کشتی وارد می‌شود. انتگرال نیروی بویانسی و نیروی وزن باهم برابرند (وزن کشتی نیز به صورت یک نیروی گسترده است).

ناظم

PAPCO

Subject:

Year. Month. Date. ( )

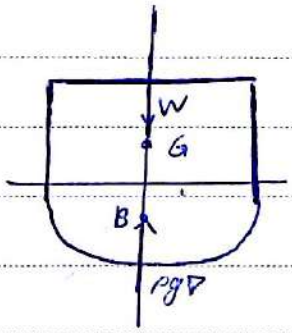
موتور خانه کشتی را می توان یک نیروی متمرکز در نظر گرفت.

نیروی بویانسی به نوعی برنده تعادل دارد.

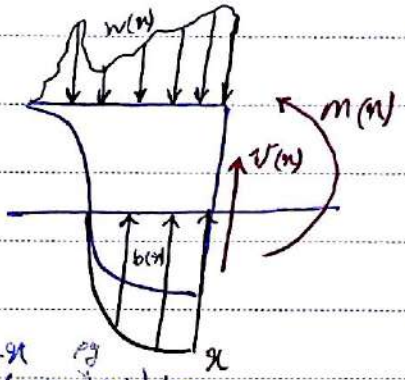
$$\int w(x).dx = W = \rho g \nabla$$

بویانسی (مساحت مقطع عرضی)

$$\rho.g \underbrace{\int b(x).dx}_{\int d\nabla} = \nabla.\rho g = W$$



یک مقطع از کشتی را در نظر می گیریم:



این نیروها هم اختلاف دارند و هیچ دلیلی برای مساوی بودنشان نداریم پس باید $V(x)$ و $m(x)$ را برای حفظ تعادل پیدا کنیم

$$\int_0^y w(x)\,dx$$

$$\rho g \int b(x)\,dx$$

(بویانسی) (مساحت زیر مقطع)

$$V(x) = \int_0^x (w(x) - b(x))\,dx$$

$$m(x) = \int V(x)\,dx$$

← انتگرال سطح مقطع روی طول ← بویانسی

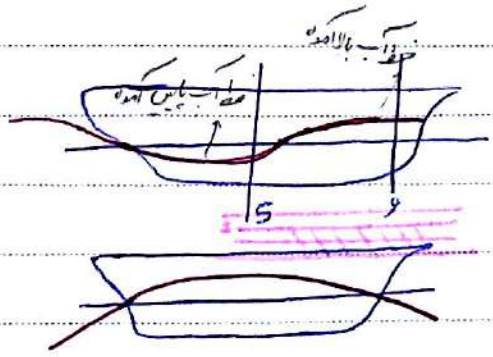
← برای شیروها و لنگرها، فرم بدنه در آب تغییر می کند. برای لنگر مقطع ها بالا یا پایین می روند و مساحت مقاطع دارای شیرو تغییر کرده پس مرکز بویانسی نیز تغییر می کند. (و خط آب نیز دستخوش تغییر می شود.)

Hogging & Sagging

اگر کشتی در آب ساکت با سرعت تا شروع به حرکت کند، یک موج اطراف شناور به وجود می آید. اگر سرعت شناور نسبت به طول شناور متفاوت باشد، حالات مختلف از قرارگیری موج پدید می آید. (با توجه به سرعت شناور نسبت به طول شناور، Hogging یا Sagging برای کشتی رخ می دهد.)

Sagging در این حالت بخشی از خط آب پایین و بخشی دیگر بالا می آید.

Hogging در این حالت خط آب به صورت کامل بالا می آید. (آب برگشتی نمی شود)

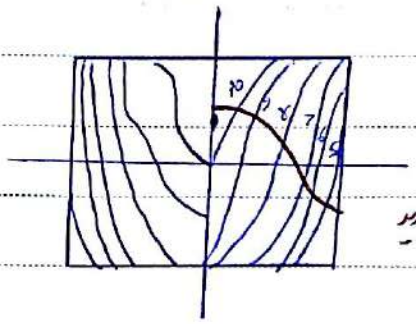


Subject:

Year. Month. Date. ( )

به خاطر تغییر توزیع خط آب در Sagging و Hogging مرکز بویانسی طولی و مرکز بویانسی عمودی تغییر می‌کند

$\overset{\wedge}{KB}$ $\overset{\wedge}{LCB}$



خط آب جدید

در این حالت (بدون در نظر گرفتن اثر امواج) حرکت می‌کنیم وجود ندارند

Sagging و Hogging

در حالت Hogging و Sagging که در آب راکد

کشتی بالا و پایین نمی‌رود. (حجم زیر آبگی باورن برابر است)

در اثر امواج این تعادل به هم خورده و کشتی بالا و پایین می‌رود.

بارهای درون کشتی باید درون کشتی ثابت شوند ← مرکز ثقل کاملاً ثابت است. (وچون مستقل از هیدرواستاتیک است، در مورد آن بحث نمی‌شود.)

(lashing)

* در حالت Hogging و Sagging، مرکز بویانسی روی C.L قرار دارد و در صورت برخورد امواج از C.L نیز حرکت می‌کند.

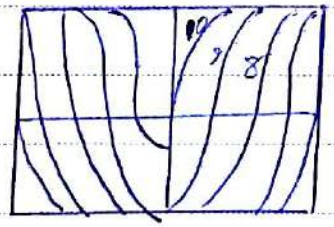
به صورت عرضی

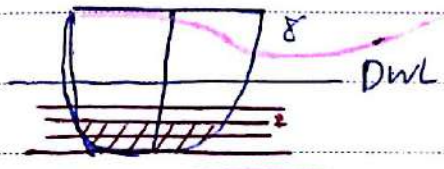
آیا شکل خط آب در Hogging و Sagging از ابتدا به این صورت است یا اثر حرکت؟

آیا برای حرکت ناشی از Hogging و Sagging ثابت است؟

آیا در Hogging حالت ثابت است یا این است که هر لحظه این شکل تغییر می‌کند؟

6 - منحنی‌های بونجان — Bonjean's Curves





مساحت مقطع 8 در آبخور 2

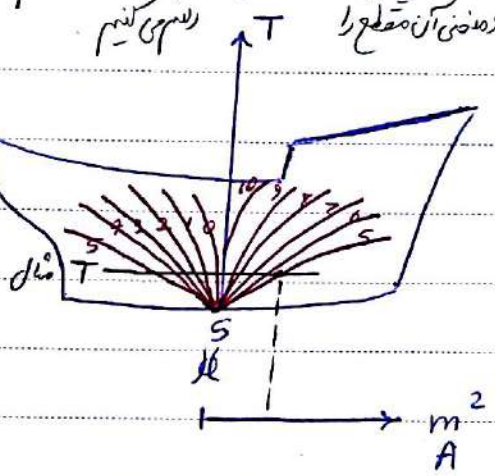
تعریف: اگر دسته منحنی‌ای رسم کنیم که در هر آبخور مساحت هر مقطع را به ما بدهد، به آن منحنی منحنی بونجان می‌گویند.

Subject:

Year Month Date

منحنی بونجان به دو صورت قابل نمایش است در روش اول تنها یک منحنی داریم و سپس منحنی‌های مقاطع (Body plan) می‌باشد

در روش دوم منحنی‌های مختصات را برای هر مقطع جداگانه در نظر گرفته و منحنی آن مقطع را رسم می‌کنیم



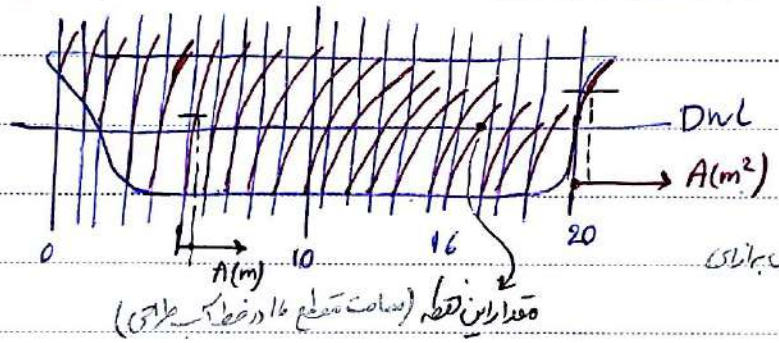
در این نمایش یک منحنی مختصات داریم.

در منحنی بونجان متغیر T و فانکشن مساحت مقطع است.

نحوه‌ی نمایش دیگر:

در این منحنی منحنی مختصات منحنی تمامات است.

در این شیوه نمایش بدین است که ابتدا هر مقطع از نقطه‌ای روی بدنه شروع می‌شود چون برای آبخورهای پایین آن مساحت ندارد



مقدار این نقطه (مساحت مقطع 16 در خط کمک طراحی)

T	y	ضریب سیمپسون	حاصل ضرب
0	1.1	1	1.1
1.5	3	4	12
3	4.5	2	9
4.5	5.7	4	22.8
6.0	6.5	1	6.5
			$\Sigma = 51.4$

$$A_{6.0} = \frac{S}{3} \times 2 \times 51.4 = \frac{1.5}{3} \times 2 \times 51.4 = 51.4\ m^2$$

$S = 1.5$

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

$$LCB_{(AP)} = \int_0^x x \cdot A\, dx / \nabla$$

موارد استفاده از منحنی بونجان:

1- محاسبه ∇

2- محاسبه LCB

3- محاسبه Trim

Subject:

Year Month Date

منحنی بونجان نیز مانند سایر منحنی ها دارای جدولی میباشد استفاده از این جدول مانند جدول افست می باشد با این تفاوت که با ضرب $\frac{B}{2} \times T$ در کلیه ی اعضای آن، مساحت مقاطع بدست می آید.

$\frac{B}{2} \times T \rightarrow$ اگر در جدول بونجان ضرب کنیم $\rightarrow$ مساحت مقطع A

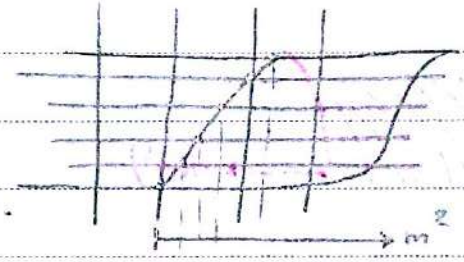
جدول پایین صفحه مدول سری 60، جدول بونجان است.

$A = 0.35674 \times \frac{B}{2} \times T$ فرم 16 (مقطع آخور) — مقطع 4 در آخور 4

رسم منحنی بونجان

تمرین ۷: محاسبه مقدار ∇ و LCB (+ و -) در آخور شماره 4 سری 60

تحویل: ۹۵/۸/۱۱



7- سطح خیس wetted surface

(جم نمودی) — جم در مقطع جان آخ خیلی کم باشد.

← کشتی هم در جهت طول (مقطع) و هم در جهت عرض (مقطع) خمیدگی دارد. مقدار خم در مقطع خیلی بیشتر از خم در راستای طول است.

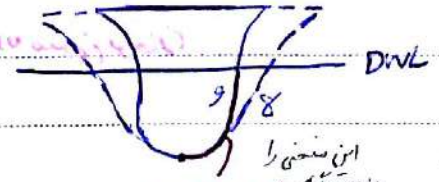
← بخش وسطی می تواند تنها در جهت مقطع خمیده باشد.

← در دوران نیاز به محاسبه ی این سطح که در دو جهت خم دارد داریم:

1- محاسبه مقاومت کشتی در مقابل جریان آب ← سطحی که خیس می شود را باید به صورت دقیق داشته باشیم

2- محاسبه رنگ (5 تا 12 لایه رنگ به کشتی زده می شود) ← محاسبه وزن رنگ

وزن رنگ در کشتی قابل توجه است.



برای محاسبه سطح خمیده باید سطح را صاف کرد و مساحت آن را محاسبه کرد.

این منحنی را اندازه می گیرند

Half Girth

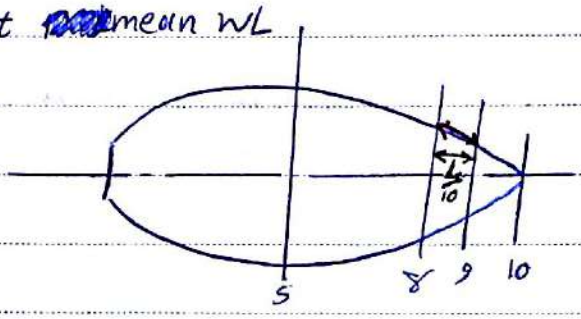
نصف محیط

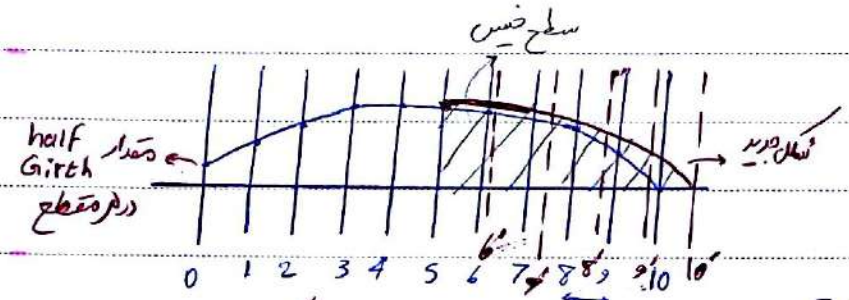
نصف محیط بخش زیر DWL در مقطع

Subject:

Year. Month. Date. ( )

wp at mean WL





اگر half Girth ها را رسم کنیم، تنها حجم بدنه زیر دماب و خم طولی هنوز در دل آن است.

بین مقاطع

اگر فاصله کنونی مثلاً 8 و 9 را که برابر $\frac{L}{10}$ است تبدیل به طول curve بین دو مقطع در wp کنیم، حجم طولی نیز صاف می‌شود.

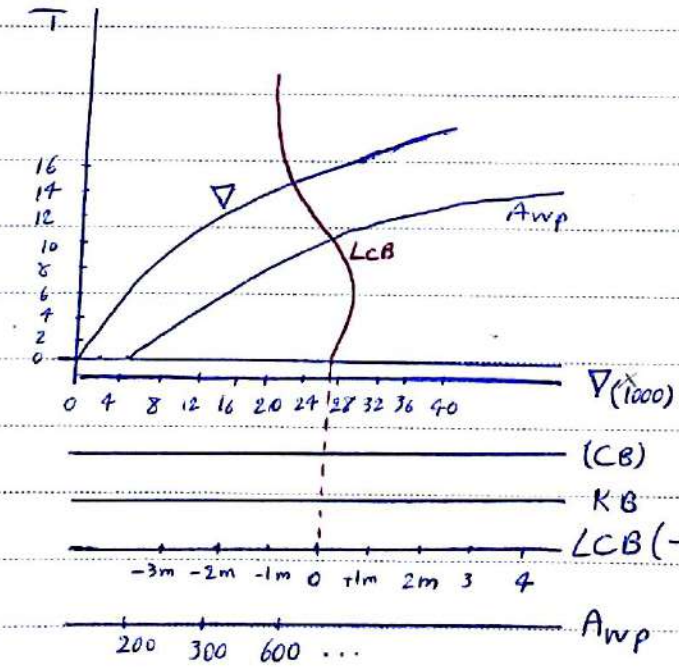
فقط از یک به بعد را باز کرده‌ایم.

در مرحله‌ی اول، اگر خط به طول LBP را رسم کنیم و به مقدار half girth (مقطع 8 در خط پایین برود)، یک سطح ادیبه دست می‌آید.

اگر فاصله کنونی بین مقاطع را که برابر LBP به روی تعداد بازه‌ها جدا باشد، تبدیل به طول curve بین مقاطع کنیم، حجم طولی نیز صاف می‌شود.

صفات سطح خیس مساوی در برابر صفات این سطح می‌باشد

منحنی هیدرواستاتیک



اگر جدول آفست را داشته باشیم، می‌توانیم تمامی این منحنی‌ها را بدست آوریم. منحنی‌های هیدرواستاتیک

Subject:

Year. Month. Date. ( )

- برای یک کشتی که خط آب، CB، LCB و ... مشخص دارد، نمی‌توان تعیین کرد که مرکز جرم کجای کشتی قرار دارد. به بیان دیگر مرکز جرم از هیدرواستاتیک مستقل است.

- برای بررسی تعادل نیاز به بررسی مرکز وزن داریم.

- اگر جسمی در مکانی استاده باشد و به میزان اندکی از نقطه‌ای که استاده جابه‌جا شود و به حالت اولیه خود برگردد، می‌گوییم جسم دارای تعادل پایدار است.

- تعادل ناپایدار: در صورت اعمال جابه‌جایی از مکان خود دور شود.

- تعادل خنثی: به هر مکانی جابه‌جا شود در آن مکان بایستد.

- در هیدرواستاتیک به دنبال تعادل پایدار هستیم یعنی در ازای جابه‌جایی به حالت اولیه خود برگردد. اگر برنگردد کشتی اصطلاحاً دچار capsize شده است.

Subject:
Year. 1 Month. Date. ( )

فصل دوم تعادل در حالت سالم Intact Stability

۱- اصول اولیه

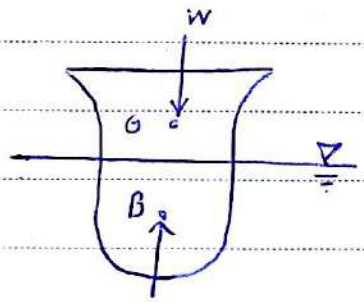
تعادل پایدار: به تعادلی گفته می‌شود که در صورت انحراف از حالت تعادلی اولیه به حالت تعادل اولیه برگردد.

وزن و مرکز بویانسی

بویانسی

برای برقراری تعادل وزن می‌بایست با بویانسی برابر باشد و مرکز وزن از بویانسی مستقل است.

روابط اصلی وزن و بویانسی



نیروی وزن: W

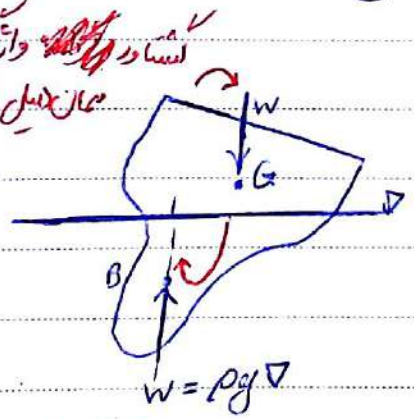
نیروی بویانسی: $\rho g \nabla$

زمانی که این رابطه برقرار باشد جسم نه بالا و نه پایین می‌رود.

شرط ۱: $W = \rho g \nabla$

∇ بویانسی حجمی و هم‌جنان آب و نفوذ شناور به زیر

شرط 2 (پایداری تعادل است یعنی اگر از حالت تعادل اولیه خارج شود دوباره به حالت اولیه برمی‌گردد.)



کشتی واژگون کننده

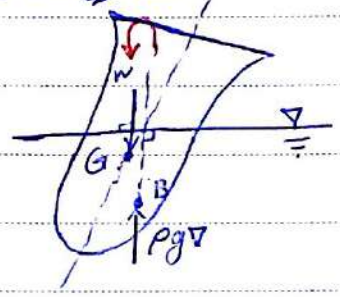
حالت عدم تعادل

- نیروی وزن ∇ که وارد بر سطح آب نمود است.
- این دو نیرو با هم تشکیل یک کوپل نیروی (لنگر) (نیروی بویانسی و نیروی وزن) می‌دهند.
- (اثر دو نیروی تشکیل دهنده کوپل بر برآیند اثری جز چرخش ندارد.)
- در این شکل شرط (2) برقرار نیست و از حالت تعادل اولیه به واسطه کوپل دورکن خارج می‌شویم

Subject:
Year. Month. Date. ( )

این دو نیرو تشکیل کوپلی می دهند که به حالت تعادل اولیه برمی گرداند

(همان برگرداننده)



نقطه ای که شرط است که گشتاور نیروهای وارد شده به آن صفر باشد

برای تعادل پایدار: 1 ـ وزن و بویانسی باهم برابر باشند

(و شرط دوم باید برقرار باشد.)

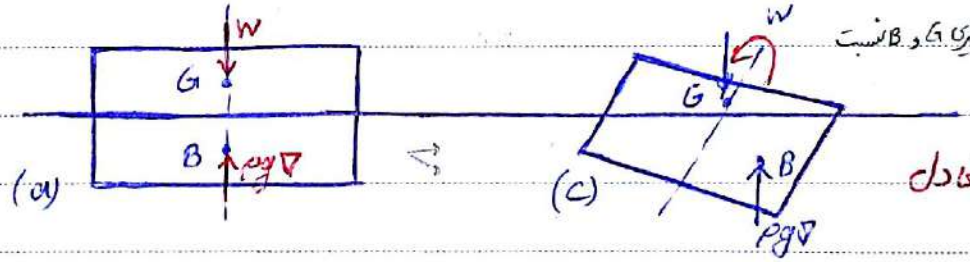
2 ـ گشتاور نیروهای وزن و بویانسی برای زوایای کوچک چرخش جسم را به حالت اولیه برگرداند.

کوپل حاصل از

زاویه هیل: Heel Angel ≡ زاویه چرخش

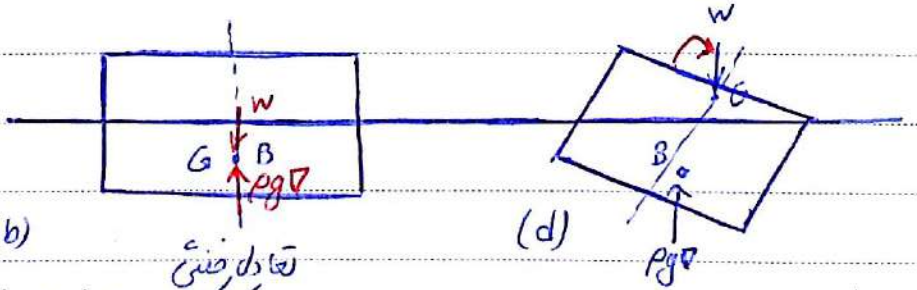
حالت های مختلف بین مرکز وزن و مرکز بویانسی می تواند وجود داشته باشد به شرح زیر:

(مرکز ثقل های متفاوت)



حالات مختلف قرارگیری G و B نسبت به هم.

تعادل



عدم تعادل

زمانی که مرکز ثقل و مرکز بویانسی بر هم منطبق باشند حالت تعادل خنثی به وجود می آید. یعنی برای هر مقدار چرخش جسم همان زاویه می ماند.

تعادل خنثی

(زمانی که مرکز وزن و بویانسی بر هم منطبق باشند چرخاندن آن هیچ تاثیری ایجاد نمی کند)

مثلا اگر گشتاورهای اعمال شده که 30° زاویه هیل ایجاد کنند و گشتاور را حذف کنیم جسم همان زاویه باقی می ماند.

تعاریف

Heeling Moment — همان هیل دهنده

Righting Moment — همان برگرداننده

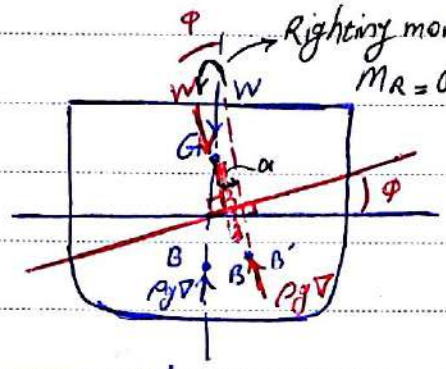
همان برگرداننده در واقع کوپل نیرویی است که حاصل نیروی وزن و بویانسی به جسم وارد می شود و باعث می شود اگر عاملی باعث چرخیدن شناور شده باشد به حالت اولیه برگردد و مانع از غیرقابل کنترل شدن شناور می شود

PAPCO

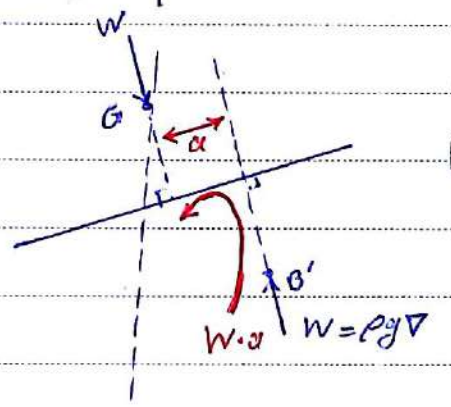
Subject:

Year. Month. Date. ( )

* مرکز بویانسی جابجا شده ولی مرکز ثقل جابجا نمی شود.
* نیروی وزن و بویانسی همواره بر خط آب عمود هستند.



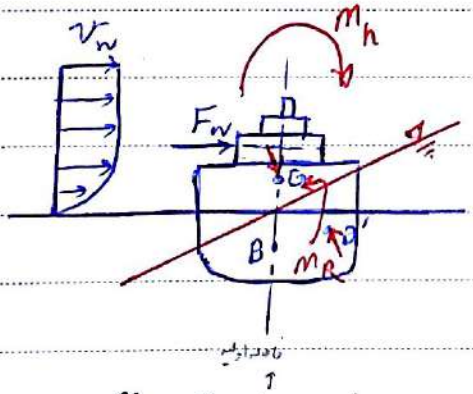
* برای نمایش چرخش به جای چرخاندن خود کشتی از چرخاندن خط آب استفاده می کنیم.



جسم در خلاف جهت چرخش خط آب می چرخد (یعنی اگر خط آب را 30° پاد ساعتگرد چرخاندیم در واقع جسم 30° ساعتگرد (دوران کرده است).

این گشتاورها ناشی از نیروهای خارجی هستند

نیروی موج و باد را که در ناوبری و دریانوردی با آن سروکار داریم اینگونه تبدیل می کنیم



* (عوامل ایجاد کننده) گشتاور هیل دهنده (عمدتاً خارجی)

۱- نیروی باد

باد به جهت بالای خط آب کشتی اصابت کرده و بر اساس این نیروی گسترده (F_w) به آن جهت اثر می کند.

اگر این نیروی برایند به مرکز ثقل وارد شود فقط کشتی را در جهت افقی حرکت می دهد.

اگر این نیروی برایند به خارج از مرکز ثقل اعمال شود آن قدر به کشتی هیل می دهد تا گشتاور برگرداننده ناشی از وزن و بویانسی برابر شود. در این صورت کشتی در آن حالت باقی می ماند. اگر نیرو زیاد باشد و گشتاور برگرداننده برابر نشود آن قدر به هیل دادن ادامه می دهد تا کشتی چپه شود.

$M_h = F_w \cdot b \cdot \cos\phi$

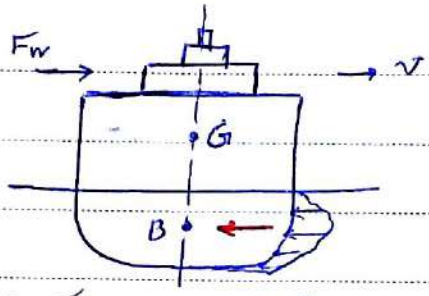
(در واقع همان هیل دهنده ناشی از نیروی باد)

(از تبدیل نیروی نیروی باد و نیروی مقاومت آب به وجود می آید.)

اگر فرض کنیم مقاومت آب وجود نداشت در آن صورت بازوی اثر نسبت به نقطه پایین (B) گشتاور وی کمتر، گشتاور هیل دهنده داشتیم.

Subject:

Year. Month. Date. ( )



آیا نیروی برایند حاصل از مقاومت آب هوا در مرکز جرم کشتی اثر می‌کند؟

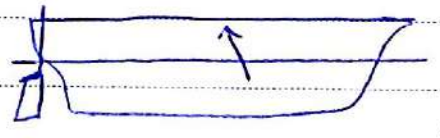
اگر اندازه‌ی نیروی وارده از آب با نیروی باد برابر باشد کشتی با سرعت ثابت شروع به حرکت می‌کند.

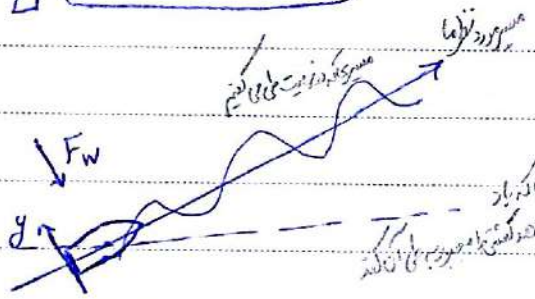
$\Sigma F_x = ma_x$

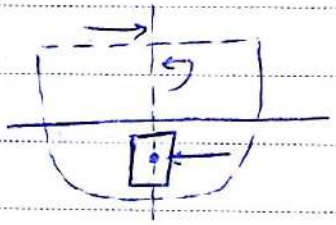
$F_w - F_{مقاومت} = 0 = m \times 0$

فرض ثبات هم می‌کند.

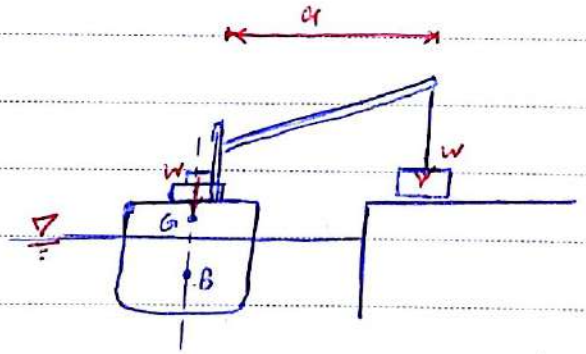
وقتی باد به صورت تحمیلی به کشتی برخورد می‌کند، برای جلوگیری از انحراف از مسیر از سکان استفاده می‌کنیم.



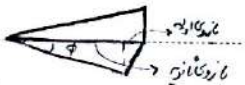




2 ـ بلند کردن وزنه از کناره

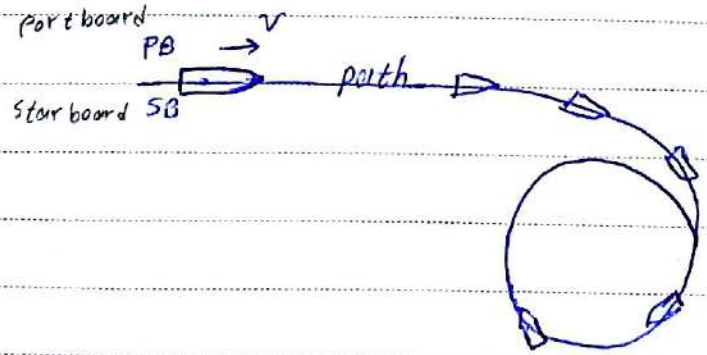


$M_h = a \cdot W \cdot \cos\phi$



3 ـ دور زدن با سرعت بالا

معنی دیگر کشتی (تصویر از بالا)

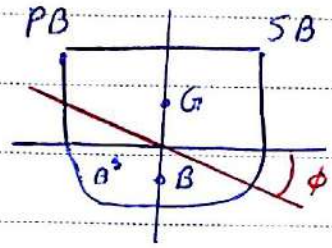


وقتی کشتی بخواهد در این Path حرکت کند مجبور است به بیرون کج شود (پس باید همان برگرداندن کج را به حالت اولیه برگرداند)

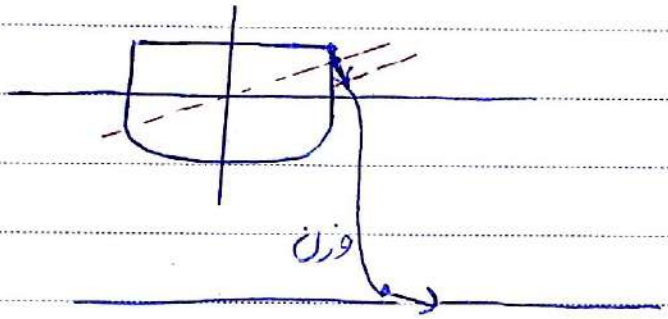
قایق برعکس کج می‌شود.

(کشتی به سمت خارج انحنا و قایق به سمت داخل انحنا کج می‌شود)

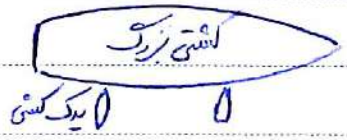
PqPCO



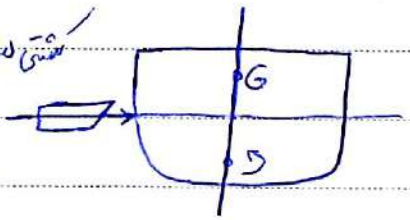
۴- خطوط مماس تنش



۵- یدک کشی

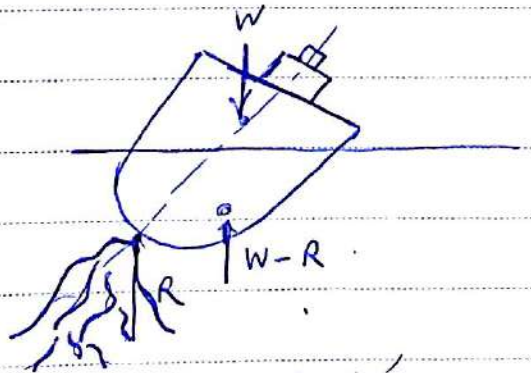


کشتی دیگر را یدک می‌کند.



به گل نشستن Grounding

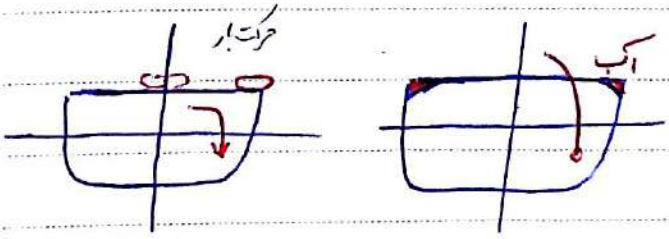
R نیروی ناشی از به گل نشستن



ب) داخلی

کشتی در لبه‌ها Camber دارد

در این لبه‌ها آب جمع می‌شود و باعث ایجاد همان خیز (هوگ) می‌شود



Subject:

Year. Month. Date. ( )

فصل دوم

2 - تعیین وزن و مرکز وزن

کشتی در مراحل مختلف طراحی می‌شود:

طراحی مفهومی ← برآورد

طراحی محاسباتی ← محاسبه

طراحی نهایی (نقشه اجرایی) ← محاسبه نهایی

زمان ساخت ~~کنترل~~ مراحل کنترل می‌شود.

پس از ساخت مراحل اندازه‌گیری می‌شود (تست کج کردن)

اولین فاکتوری که پس از ساخت مورد مطالعه دقیق و اندازه‌گیری قرار می‌گیرد وزن کشتی است که اگر وزن مورد نظر نباشد خسارت سنگینی به مالک باید پرداخت شود.

W_{LWT} وزن سبک کشتی — Light weight

W_{DWT} وزن کلیه اقلام قابل تغییر (وزن مرده) — Dead weight

W وزن کشتی $= W_{LWT} + W_{DWT}$

وزن سبک کشتی: یعنی کشتی بدون سوخت، آب، روغن، غذا، خدمه و ... (همیشه) برای همراه کشتی است

$$W_{LWT} = W_{\text{بدنه فولادی}} + W_{\text{روسازی}} + W_{\text{موتور خانه}} + W_{\text{تجهیزات}}$$

(superstructure)

(موتور اصلی، ژنراتور، گیربکس و ...)

(مربوط به ناوبری، کنترل و ... navigation)

$$W_{DWT} = W_{\text{بار}} + W_{\text{سوخت}} + W_{\text{آب}} + W_{\text{مصالح + وجه}} + W_{\text{لقمه مورد ها}}$$

بار: کانتینر و ... 95٪

آب: آب خنک‌کن، آب بالاست

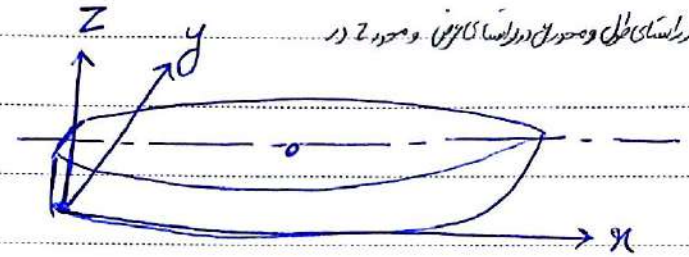
مصالح + وجه + یدکی‌ها

لقمه مورد ها: روغن موتور و سایر روغن‌ها، غذا

مرکز وزن: در یک کشتی سه بعدی در سه جهت می‌تواند باشد.

Date : Subject :

سیستم مختصات را روی کشتی قرار می دهیم. (محور x در راستای طول و محور y در راستای عرض و محور z در راستای ارتفاع)



حتماً مرکز ثقل کشتی روی محور قائم ($y_G = 0$) قرار دارد (در غیر این صورت کشتی کج خواهد ایستاد.

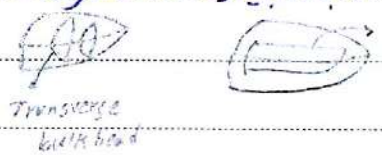
$$y_G = 0$$

$$X_G = ?$$

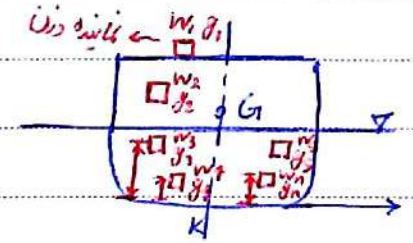
$$Z_G = ?$$

کشتی متقارن است و هر بار باید متقارن باشد.

اگر کشتی bulk head عرضی داشته باشد باید دقیقاً در وسط قرار داشته باشد و یا اگر عرضی باشد باید نسبت به طول متقارن باشد



تعیین مرکز ثقل عمودی



مجموع تمام این وزن ها وزن کل کشتی را به ما می دهد.

دقت شود که در اینجا نسبت به صفحه افقی B.L گشتاور می گیریم

$$\bar{z} = \frac{\int z\, g\, dm}{\int g\, dm}$$

(آنقدر که کشتی از B.L بالا است = فاصله مرکز ثقل)

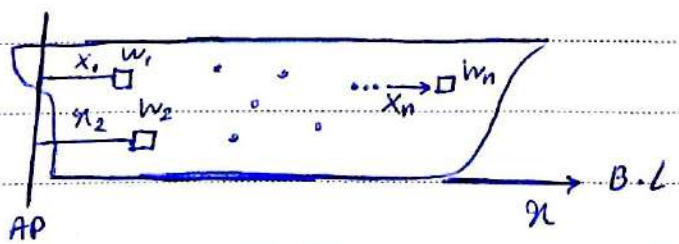
وزن کشتی $W = \sum w_i$ — g_i فاصله تا K

$$W \cdot \overline{KG} = \sum_{i=1}^{n} w_i \cdot \overline{Kg_i}$$

فاصله G تا K

موقعیت عمودی مرکز ثقل $\overline{KG} = \dfrac{w_1\overline{Kg_1} + w_2\overline{Kg_2} + \dots + w_n\overline{Kg_n}}{W = w_1 + w_2 + \dots + w_n} = Z_G$

مرکز ثقل طولی کشتی



$$Z_G = \overline{KG} = \frac{\Sigma w_i \cdot \overline{Kg_i}}{W}$$
$$X_G = LCG = \frac{\Sigma w_i \cdot x_i}{W}$$

Date : Subject :

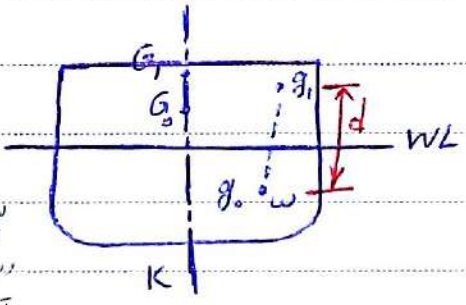
$$W \cdot LCG = x_1 w_1 + x_2 w_2 + \dots + x_n w_n = \Sigma w_i \cdot x_i$$

$$X_G = LCG = \frac{x_1 w_1 + x_2 w_2 + \dots + x_n w_n = \Sigma w_i \cdot x_i}{W}$$

LCG
Longitudinal center of gravity
موقعیت طولی مرکز ثقل

اگر موقعیت طولی و عمودی کلیه بارهای درون کشتی را داشته باشیم می توان موقعیت طولی و عمودی مرکز ثقل را بیابیم.
وزن های گسترده قبل از وارد شدن به این رابطه باید محاسبه و مرکز آن ها یافته شود.

جابه جایی وزن ها بصورت عمودی



می خواهیم بار w با موقعیت g_0 را به g_1 منتقل کنیم و اثر آن بر جابه جایی مرکز ثقل را بیابیم.

(دقت شود که چون مقدار w در راستای قائم جابه جا کرده ایم پس موقعیت طولی هیچ یک از اجزای کشتی تغییر نمی کند.)

C : گشتاور کلیه وزن ها به جز w نسبت به K

حالت اولیه $W \overline{KG_0} = C + w \cdot \overline{Kg_0}$

حالت جابه جا شده $W \cdot \overline{KG_1} = C + w \cdot \overline{Kg_1}$

دو عبارت را از هم کم می کنیم. $W(\overline{KG_1} - \overline{KG_0}) = (C - C) + w(\overline{Kg_1} - \overline{Kg_0})$

$= w \cdot d$

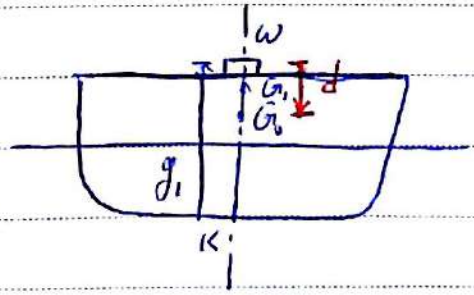
d : جابه جایی قائم بار که اگر رو به بالا است و اگر رو به پایین است منفی است.

$$\Rightarrow \boxed{\overline{G_0G_1} = \frac{w \cdot d}{W}}$$

دقت شود که اگر بار w به اندازه های قائم d پایین آمد، d منفی لحاظ شود تا $\overline{G_0G_1}$ نیز منفی شود.

اگر در کشتی به وزن W، قطعه ای به وزن w را به اندازه d بالا ببریم، جابه جایی قائم مرکز ثقل از رابطه بالا بدست می آید

اضافه و یا کم کردن یک وزنه در یک موقعیت معین (شبیه به حالت بارگیری)



(موقعیت مشخص)

می خواهیم اثر اضافه کردن بار مشخص w بر روی مرکز ثقل را بیابیم (اثر کاستن دقیقاً به همین صورت فقط با علامت منفی است)

$\overline{KG_0}$ موقعیت اولیه مرکز ثقل عمودی

W وزن کشتی

W+w وزن جدید کشتی (w در صورت بارگیری مثبت و در صورت بارگیری منفی است)

Nasim
4-6

Date : Subject :

با اضافه کردن بار بردی یا از مرکز ثقل جابه جایی طولی و عرضی خواهد داشت.

این بار جدید بر روی یا قرار دارد چون اگر غیر این باشد مرکز ثقل جابه جایی عرضی نیز خواهد داشت

حتماً باید بار کشتی در موقعیت متعادل قرار گیرد.

الف) اضافه کردن بار G_0 به موقعیت (چون بار جدید به مرکز ثقل اضافه شده است پس تغییر در مرکز ثقل حاصل نمی‌کند (ثابت) منظور از استاور در این حاصل ضرب متداول جرم (C بعنوان ممان لنگر وزنی نسبت به کیل)

$$KG_0(W+w) = C + w \cdot \overline{Kg_0}$$

ب) انتقال بار از G_0 به G_1 (به اندازه d)

$$\overline{KG_1}(W+w) = C + w \cdot \overline{Kg_1}$$

دو رابطه بالا را از هم کم می‌کنیم

$$\overline{KG_1}(W+w) - \overline{KG_0}(W+w) = w \cdot \overline{Kg_1} - w \cdot \overline{KG_0}$$

(با تغییر مکان بار در راستای عرضی کشتی ممان لنگر عرضی تغییر نمی‌کند)

$$(W+w)(\overline{G_0G_1}) = w(\overline{Kg_1} - \overline{Kg_0})$$

$\overline{Kg_1} - \overline{Kg_0} = d$

$$\boxed{\overline{G_0G_1} = \frac{w \cdot d}{W+w}}$$

(اگر جابه جایی بار بر روی کشتی باشد w را منفی قرار می‌دهیم)

(در این رابطه w با توجه به جابه جایی بار بر روی کشتی مثبت یا منفی قرار می‌گیرد)

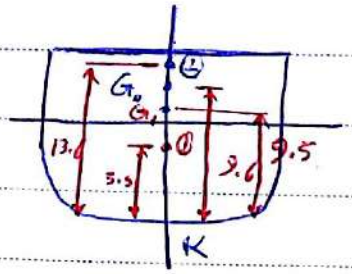
(اگر G_1 بالاتر از G_0 باشد d مثبت است و اگر G_1 پایین‌تر از G_0 باشد d منفی است)

از طریق این رابطه می‌توان اثر بار (یا وزنه‌ای که به کشتی اضافه یا کم می‌شود) بر روی جابه جایی مرکز ثقل را یافت.

(جهت جابه جایی مرکز ثقل)

مثال) شناوری با جابه جایی جرمی $\Delta = 12500\ t$ دارای $\overline{KG_0} = 9.6m$ است. بارگیری دارای به شرح زیر انجام می‌شود تعیین کنید: $\overline{Kg_3} = ?$ چه مقدار باشد تا $\overline{KG_1} = 9.5m$ بر آورده شود.

ردیف	$w(t)$	$Kg(m)$	$w \cdot Kg$
1	1000	5.5	5500
2	850	13.6	11560
3	1600	$? \overline{Kg_3}$	$1600 \cdot \overline{Kg_3}$
4	12500	9.6	120000



$$\Sigma = 137060 + 1600\overline{Kg_3}$$

Date : Subject :

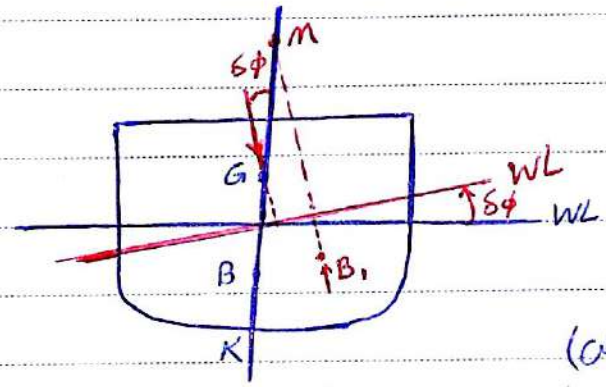
$$W_0 + W_1 + W_2 + W_3 = W = 12500 + 1000 + 850 + 1600 = 15950\ t$$

در واقع به شناور قبل از بارگذاری نیز به صورت یک لنگر دیگر نگاه می کنیم و همیشه به این صورت نگاه می کنیم که هر راست برای تعدادی وزن با مکان مشخص مرکز ثقل پیدا کنیم.

$$\overline{KG_1} = 9.5 = \frac{\Sigma = 137060 + 1600 \times \overline{Kg_3}}{15950}$$

$$\Rightarrow \boxed{\overline{Kg_3} = 9.041\ m}$$

3 - ارتفاع متاسنتر — Metacentric Height

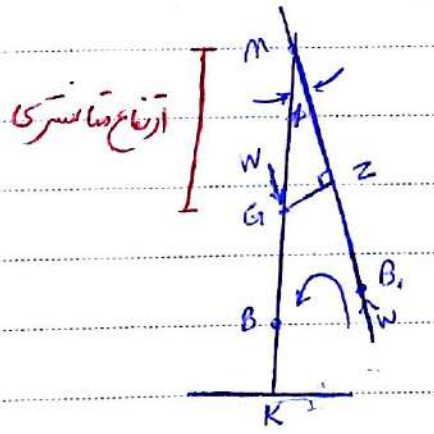


فرض می کنیم کشتی هیل پیدا کند

$\delta\phi$: زاویه کم (بیشتر از ۱۰ درجه نباشد)

M : متاسنتر (یک نقطه فرضی) metacenter

- مکان متاسنتر عرضی با تغییر حجم بارهای جابجا شده در کشتی تغییر می کند اما برای زوایای کم تغییر محسوسی ندارد.
- اگر از مرکز ثقل یا مبنی جدید خطی موازی خط AK رسم کنیم محل تلاقی این خط و خط متاسنتر می باشد.



$M_R = W \cdot \overline{GZ}$: گشتاور راست کننده

$\overline{GZ}$: بازوی لنگر راست کننده (فاصله بین راستای نیروی وزن و نیروی شناوری)

$$\boxed{\overline{GM} = \frac{\overline{GZ}}{\sin\phi}}$$

شرط لازم برای این که کشتی پس از هیل (وضع مایل) به حالت اولیه برگردد این است که $\overline{GZ}$ مثبت باشد. در غیر این صورت به ازای زوایای هیلی که $\overline{GZ}$ منفی شود، کشتی از حالت اولیه دور شده و چپ می شود.

$$M_R = \overline{GM} \cdot \sin\Phi \cdot W$$

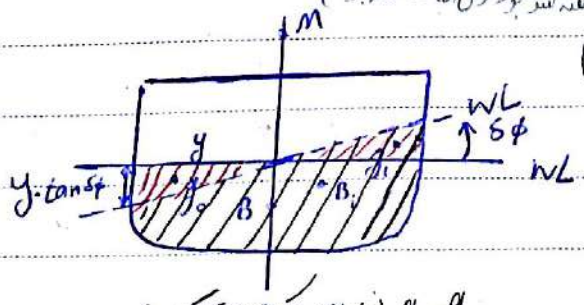
$$M_R = W \cdot \overline{GZ} = W \cdot \overline{GM} \cdot \sin\phi$$

می خواهیم فرمولی برای محاسبه $\overline{BM}$ به ازای زوایای کوچک هیل بیابیم (قبلا گر فرمول گفته شده بود ولی اثبات نشده بود.)

(با توجه به قرارداد آن در رابطه $\overline{GM} = \overline{KB} + \overline{BM} - \overline{KG}$ را بیابید)

کشتی به اندازه زاویه $\delta\phi$ از حالت تعادل اولیه چرخیده است.

مانند این که شکل بالا یک چپ را به راست منتقل کرده ایم.



(خط AK حول مرکز شناوری دوران می کند.)

y و y_1 (فاصله مرکز حجم تا AK)

Date :

Subject : مسئله با فرض wall-sided بودن دیواره ها حل می کنیم

Wall-sided کناره دیواره ای شکل

اگر کناره دیواره ای شکل نباشد اندازه عرض در آبخورهای مختلف تغییر می کند

با افزایش CB ، بخشی از شناور که دارای کناره دیواره ای است افزایش می یابد

در صورتی که کناره دیواره ای شکل داشته باشیم، اندازه دو مثلث مطلقاً برابرند چون نیم عرض های برابر و ارتفاع برابر دارند ($y\tan\delta\phi$) (y)

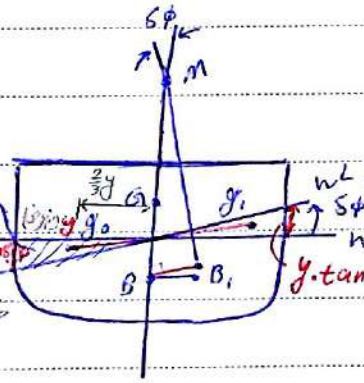
با دانستن اینکه چه مقدار آب (بخش مثلثی) منتقل شده است می توانیم بفهمیم که مرکز بویانسی چقدر جابجا شده است

(چون سایر بخش ها در دو حالت WL کسان هستند)

$\nabla \cdot \overline{KB} = C_1 + (v \times \overline{Kg_0})$

$V \cdot \overline{KB_1} = C + (v \times \overline{Kg_1})$

$\nabla(\overline{KB_1} - \overline{KB_0}) = v(\overline{Kg_1} - \overline{Kg_0})$



- برآیند حجم که به اندازه $\overline{g_0g_1}$ جابجا شده است.
- ∇ کشتی برابر $\overline{BB_1}$ جابجا شده است.

$\overline{BB_1} \cdot \nabla = v \cdot \overline{g_0g_1}$

$$\overline{BB_1} = \frac{v \cdot \overline{g_0g_1}}{\nabla}$$

- این رابطه برای کناره غیر دیواره ای صادق نیست
- v: حجم بخش مثلثی (از ابتدا تا انتهای کشتی)

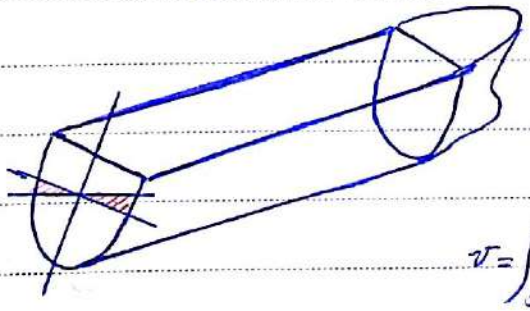
اگر $\delta\phi \to 0$ آنگاه $\overline{B_0B_1} \perp CL$

$\overline{BM} = \frac{\overline{BB_1}}{\tan\delta\phi} = \frac{v \cdot \overline{g_0g_1}}{\nabla \cdot \tan\delta\phi}$

با فرض این که کل کشتی wall-sided باشد.

یک فرض نسبی می کنیم که کل کشتی wall sided است.

حجم (dv) = مساحت مثلث × آبخور × $\frac{1}{2}$ × dx = $y \cdot \tan\delta\phi \cdot (y) \cdot \frac{1}{2} \cdot dx$



$$v = \int_0^L \frac{1}{2} y \cdot y\tan\delta\phi \, dx$$

$$= \tan\delta\phi \frac{1}{2} \int_0^L y^2 dx$$

چون $\delta\phi$ کوچک است می توان فرض کرد که $\overline{g_0g_1}$ برابر با نمودار است.

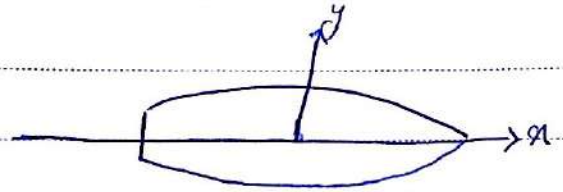
$\overline{g_0g_1} = \frac{4}{3}y$ ($2 \times \frac{2}{3}y$) (g_1 به g_0 جابجا شده)

$$v \cdot \overline{g_0g_1} = \int_0^L \frac{1}{2}\tan\delta\phi \cdot y \cdot y\left(\frac{4}{3}y\right) dx$$

$$= \frac{2}{3}\tan\delta\phi \int_0^L y^3 dx$$

$\frac{2}{3}\int y^3 dx = I_t$

Date : Subject :



$$I_t = I_{xx} = \frac{2}{3}\int_0^L y^3 dx$$

$$\frac{\nabla \cdot \overline{g_0 g_1}}{\tan \delta\phi} = I_t$$

پس فرمول محاسبه‌ی $\overline{BM}$ برای زوایای کوچک برابر:

$$\text{when } \delta\phi \to 0 \rightarrow \overline{BM} = \frac{\nabla \cdot \overline{g_0 g_1}}{\nabla \cdot \tan \delta\phi} = \frac{I_t}{\nabla}$$

همان ابربی صفحه‌ی آبخور نسبت به بدنه

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

$$\overline{GM} = \frac{G.Z}{\sin\phi}$$

اگر $\overline{GM}$ منفی باشد یعنی کشتی چپه می‌شود (کشتی در حال تعادل نیروی برآیند در مرکز ثقل کشتی رو به پایین است)

با داشتن $\overline{GM}$ می‌توانیم ثبت کشتی‌ها را با توجه به $\overline{GM}$ آن‌ها با هم مقایسه کنیم.

(چرا؟) متاسنتر

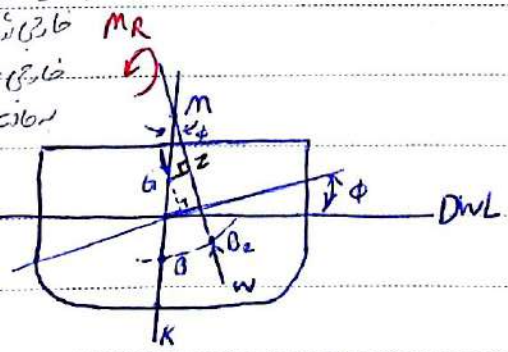
فصل دوم

۳_ ارتفاع متاسنتری ($\overline{GM}$)

(حالا این دیاگرام را برای حالتی که تحت اثر عامل خارجی شناور هیل پیدا کرده و سپس عامل خارجی عوض می‌شود و شناور مقداری به حالت اولیه برگردد یا از آن دور شود توضیح می‌دهیم)

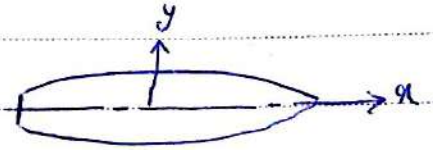
حالا این دیاگرام را هم می‌کشیم که مقدار $\overline{GM}$ را برحسب زاویه‌ی ϕ بدست آوریم.

(کاری به نیروی خارجی نداریم)



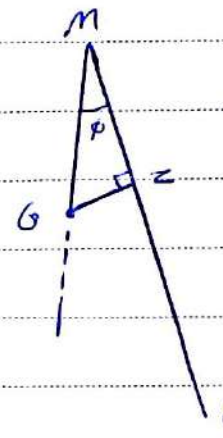
$$\overline{BM} = \frac{I_t}{\nabla} \qquad (I_t = I_{xx})$$

اگر کشتی در شرایط بدون تریم و هیل باشد و دارای عامل خارجی دچار هیل شود:



Date : Subject :

$\overline{GZ}$ = بازوی برگرداننده Righting Arm



$\overline{GZ} = \overline{GM} \cdot \sin\phi$

$\overline{GM}$ از رابطه زیر بدست می‌آید ↓

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

$\overline{KB}$ ↓ برای هر کشتی با خط آب مشخص را می‌توان بدست آورد.

$\overline{KG}$ ↓ با ترسیم سیاگرام وزن های موجود در کشتی می‌توان $\overline{KG}$ را محاسبه کرد.

* برای یک بارج به صورت مکعب مستطیل، $\overline{KB}$ برابر نصف ارتفاع آبخور می‌باشد.

* برای زوایای کوچک ($\phi < 7^\circ$):

Righting moment (ممان برگرداننده)

$M_R = \underbrace{\rho g \nabla}_{W} \cdot \overline{GZ} = W \cdot \overline{GM} \cdot \sin\phi$

* Even Keel تریم و نه هیل

حالتی که کشتی نسبت به خط آب مماس است داراست

* در مقابل ممان هیل دهنده، ممان برگرداننده مقاومت می‌کند. شناور ما در صورتی ثابت خواهد شد (هیل ثابت شده (متعادل شود)) که گشتاور برگرداننده با گشتاور هیل دهنده برابر شود.

* برای زوایای $\phi < 7^\circ$ می‌توان M_R را از بالا بدست آورد در غیر این صورت نمی‌توان از آن استفاده کرد.

* هیلینگ پدیده ای استاتیکی است.

وقتی می‌گوییم پدیده ای استاتیکی است که پدیده متوقف شده است ما صبر می‌کنیم که شناور در اثر عوامل خارجی یا داخلی ثابت شود و سپس روابط استاتیکی را بررسی می‌کنیم.

رولینگ یک پدیده دینامیکی است.

Date : Subject :

شناوری باجی شکل به طول 100 متر و عرض 10 متر و ارتفاع 5 متر، به جرم 2000 t و $\overline{KG}=4.5m$ در آب بشیرین ($\rho_{آب شیرین}=1.0\ t/m^3$) قرار گرفته است. مطلوبست:

- $\overline{GM}$
- $\overline{GM}$ در صورتی که باری به مقدار 500 t و $\overline{KG}=4.0m$ به کشتی اضافه شود
- ممان برگرداننده در زاویه هیل 10° را نیز محاسبه کنید.

ارتفاع بدون ماس فرد. باید آنرا از طریق CB محاسبه کنیم.

$$CB=\frac{\nabla}{LBT}$$

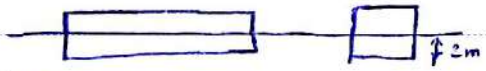
باجی $\Rightarrow CB=1.0$

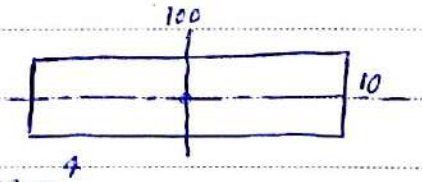
$$\nabla=\frac{\Delta}{\rho}=L.B.T=\frac{2000t}{1.0}=100\times10\times T$$

$$\Rightarrow \boxed{T=2.0m}$$

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

$$\overline{KB}_{باجی}=\frac{T}{2}=\frac{2}{2}=1.0\ m$$





$$\overline{BM}=\frac{I_t}{\nabla}$$

$$I_t=\frac{1}{12}LB^3=\frac{1}{12}\times100\times10^3=8333m^4$$

$$\overline{BM}_1=\frac{I_t}{\nabla}=\frac{8333}{2000}=4.166m$$

$$\overline{GM}=1+4.166-4.5=0.666m$$

$$M_R(10^\circ)=g.\Delta.\overline{GM}.\sin\phi=19.620\times0.666\times\sin10=..$$

$$W=9.81\times2000=19.620\ KN$$

$$\overline{GM}_2=\overline{KB}_2+\overline{BM}_2-\overline{KG}_2$$

جهت دوم سوال: $\overline{GM}_2$ پس از بارگیری

Nasim

Date : Subject :

$\Delta_2 = 2000 + 500 = 2500 = \nabla_2 (m^3)$

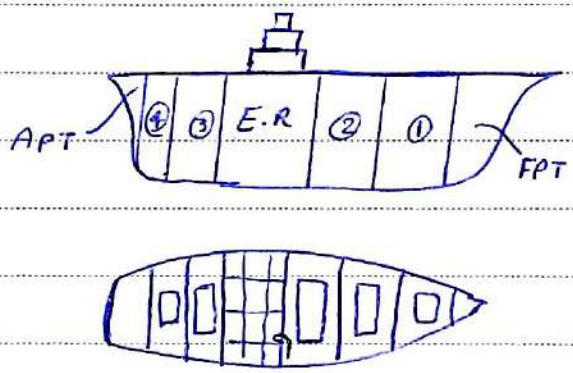
$T_2 = \frac{\nabla_2}{L \cdot B} = \frac{2500}{100 \times 10} = 2.5m$, $\overline{KB_2} = \frac{T_2}{2} = 1.25m$

برای بارج ها چون کف مستطیل هستند بالا و پایین نقش در صفحه کنجی تغییر ایجاد نمی کند (وقت شود که شناور کج نشده است)

$\overline{BM_2} = \frac{I_{t_2}}{\nabla_2} = 3.333\,m$

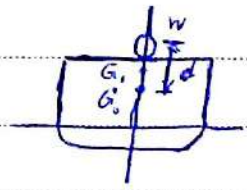
$I_{t_2} = \frac{1}{12} L B^3 = \frac{1}{12} \cdot 100 \cdot 10^3 = 8333 m^4$

نتیجه از مسئله:



تمام بارهای درون مخازن وغیره باید ثابت شوند (KG ثابت است) مخازن متقارن هستند (درواقع کشتی متقارن است) مطمئنا کشتی درون از بندرها بدون دیل حواهد بود.

$\overline{G_0G_1} = \frac{w \cdot d}{W + w} = \frac{500(\overline{Kg} - \overline{KG})}{2000 + 500} = -0.1$

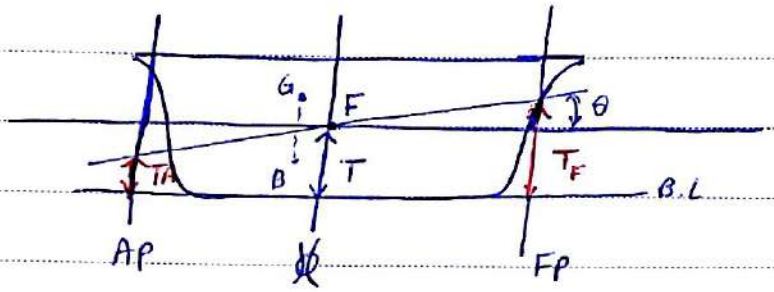


$\overline{KG_2} = \overline{KG_1} + \overline{G_0G_1} = 4.4(m)$

$\overline{GM_2} = \overline{KB_2} + \overline{BM_2} - \overline{KG_2} = 1.25 + 3.333 - 4.4 = 0.183\,(m)$

$M_{R_2}(10) = (2500 \times 9.81) \times 0.183 \times \sin(10°) =$

* اگر B.L به موازات خط آب باشد، کشتی را بدون ترم می گویند. (درصورتی که کشتی دوران کند، زاویه خط آب جدید قبلی را زاویه ترم می گویند.
در حالتی که کشتی ترم پیدا می کند، خط آب حول مرکز شناوری دوران می کند.



ترکیم شیپ خیلی کوچک است
(در حالت 3° پاشنه یا سینه کامل از آب خارج می شود)
شناوری که تا 70° قبل را تحمل کند
دارای تعادل پایدار است.

ترکیم Trim

$$\begin{cases} \theta\ (deg) \\ t = T_F - T_A\ (m) \end{cases}$$

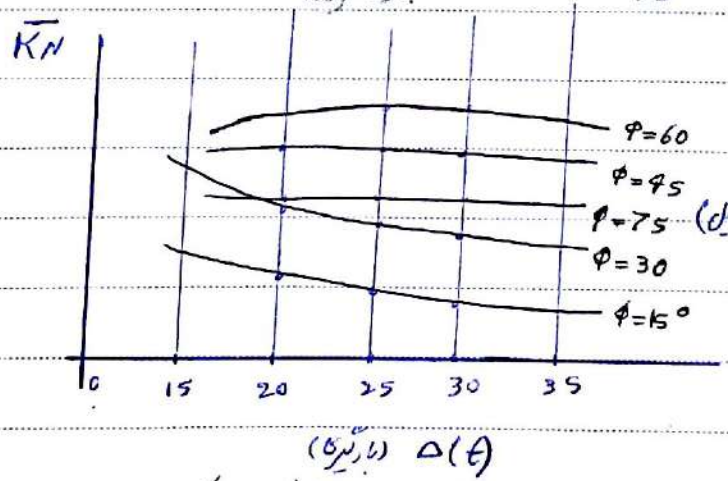
هر دو پارامتر

هر چه شناوری بزرگتر و دارای پیچیدگی منفی کمتر باشد زاویه ϕ می تواند حتی بزرگتر از 10 باشد ولی هر چه شناور لاغرتر و پیچیده تر باشد زاویه ϕ باید کمتر باشد. (برای مثال در مورد قایق های بالا)

4_ منحنی های تعادل Curves of stability

به صورت
Cross_Curves (منحنی های متقاطع) ترجمه شده ولی در متن آن متخصص نیست.

1_ کشتی ها دارای بارگذاری متنوعی هستند
2_ در هر بارگذاری ممکن است موقعیت KG متفاوت باشد
3_ لازم است وضعیت تعادل کشتی در همه زوایای قبل استخراج و ارزیابی گردد.

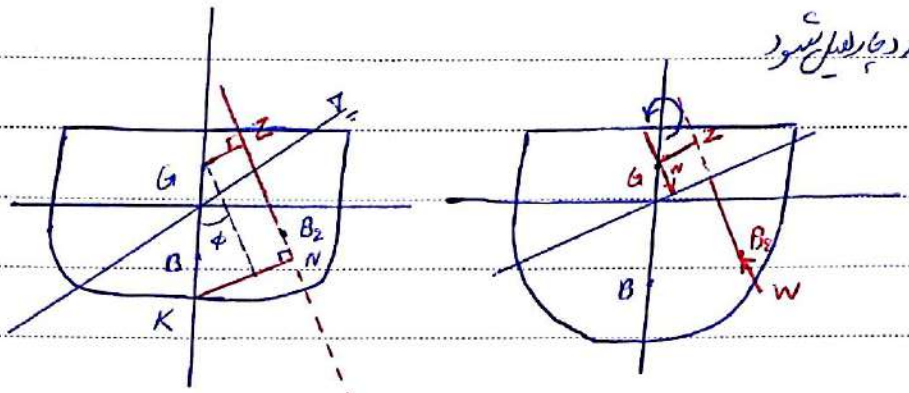


در یک شرایط (وضعیت) خاص کشتی را برحسب (وتغییر) بیان کرد.
فانکشن KN برحسب (وتغییر) ϕ و Δ بیان می شود. و با داشتن KG بر اساس KN می توان به سادگی GZ را بدست آورد.

KN یک خصوصیت هندسی و ربطی به مرکز ثقل ندارد. (مقدار Δ میزان حجم داخل آب و در نتیجه خط آب و مرکز بویانسی های مربوط به آن در زاویه ϕ را می دهد)
(هندسه کشتی)

Date : Subject :

اگر کشتی روبرو را در نظر بگیریم که دچار لنگ شود



مستقل از این که متاسنتری وجود داشته باشد یا نه، M_R برابر:

$$M_R = W \cdot \overline{GZ}$$

اگر از نقطه‌ی K خطی بر راستای مرکز ثقل جدید کشتی عمود کرده و امتداد دهیم، طول این عمود را با $\overline{KN}$ می‌نامند.

برای فهمیدن این که کشتی می‌تواند به حالت تعادلی برگردد یا نه (تعادل پایدار دارد یا نه) باید $\overline{GZ}$ را بررسی کنیم.

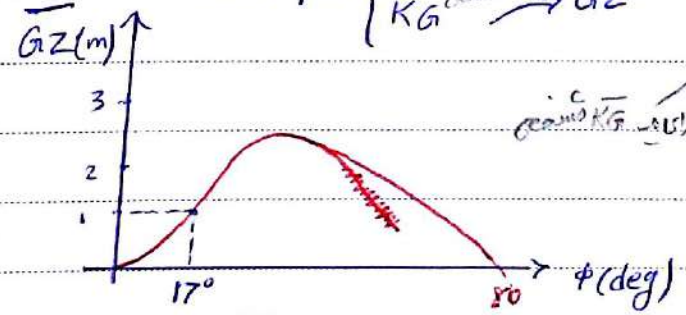
کشتی در طول عمر خود بی‌نهایت خط‌بارگیری با بی‌نهایت مرکز ثقل (به خاطر بارگیری‌های مختلف) دارد.

Cross curve ... به ما $\overline{KN}$ های داده و با محاسبه مرکز ثقل می‌توان $\overline{GZ}$ را به دست آورد.

$$\overline{GZ} = \overline{KN} - \overline{KG} \cdot \sin\phi$$ (برای کشتی‌های پایدار)

$$\overline{KN} - \phi + \begin{cases} \Delta \cdot W \\ \overline{KG} \end{cases} \rightarrow \overline{GZ}$$

از روی ϕ و مقدار معین مرکز ثقل مشخص (وزن‌های مشخص)، $\overline{KN}$ را از روی نمودار می‌خوانیم و در فرمول جایگذاری می‌کنیم.



منحنی $\phi - \overline{GZ}$ بیانگر حالت وضعیت تعادلی کشتی برای یک $\overline{KG}$ مشخص می‌باشد.

$$at\ \phi = 17° \rightarrow \overline{GZ} = 0.9\ m$$

$$M_R = W \cdot \overline{GZ} = 20{,}000 \times 0.9$$

با داشتن منحنی $\phi - \overline{GZ}$ کشتی را از لحاظ تعادلی کاملاً در دست داریم.

(برای رسم منحنی $\phi - \overline{GZ}$ برای یک حالت بارگیری تنها با یک مقدار $\overline{KN}$ (یعنی یک زاویه‌ی انتهایی) نمودار را تمام می‌کنیم)

منحنی $\phi - \overline{GZ}$ به ازای یک بارگیری و مرکز ثقل مشخص رسم می‌شود. یعنی به ازای هر بارگیری ($\overline{KG}$ و W) محاسبات را انجام می‌دهیم.

به ازای زاویه‌ی لنگ 17°، عمان برگردانده را به ازای این مرکز ثقل و بارگیری به دست آوردیم.

ذخیره می‌کند (اگر به ازای همان بارگیری، $\overline{KG}$ تغییر کند هم نمودار عوض می‌شود)

برای هر بارگیری منحنی $\phi - \overline{GZ}$ رسم می‌شود و بررسی می‌شود که آیا می‌تواند شرایط تعادلی دلخواه را برآورده کند یا نه

Nasim

Subject :

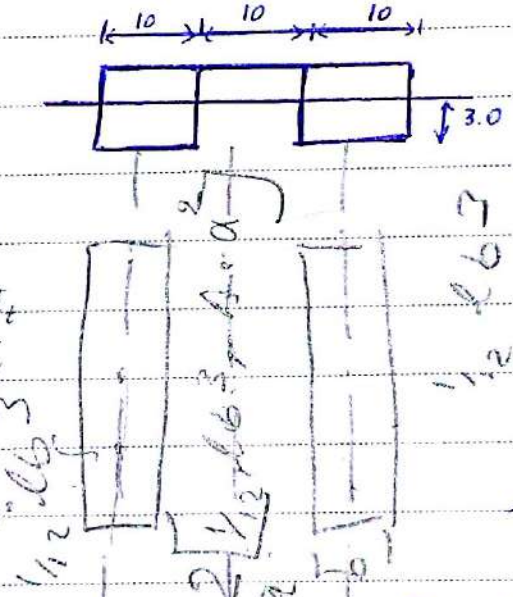
Date :

تمرین 3) بارجی به طول $L=70m$ و $B=10m$ و $T=3.0m$ و $KG=4.0$ فوق است.

1- $\overline{GM}$ شناور را محاسبه کنید.

این بارج را یک بارج دیگر شکل تبدیل به شناور کاماران شرح شکل زیری کرد

I_t نسبت به B.L شناور حول محور عبور کرد



که $L=70$ و $B=30$ و $T=3.0m$ باشد

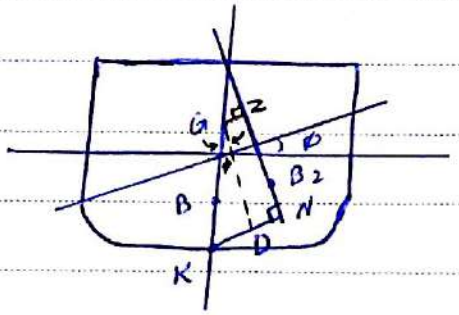
- معلومیت $\overline{GM}$ جرم شناور
- مقدار M_R در دو حالت را در زاویه $\phi=5^\circ$ محاسبه و با یکدیگر مقایسه کنید

تحویل: 2/9/95

امتحان میان ترم: 16/9/95

مثال: از منحنی Cross-Curve یک کشتی مقدار $\overline{KN}$ در زوایای کیل متفاوت در جابه‌جایی $\Delta=26000t$ استخراج شده است. در صورتی که موقعیت عمودی مرکز ثقل کشتی $KG=9.6m$ باشد، منحنی $\phi-GZ$ کشتی را بدست آورده و ترسیم کنید

(deg) ϕ	0	5	12	15	30	45	60	75	90
(m) $\overline{KN}$	0	1.025	2.67	3.19	6.42	8.45	8.88	8.69	7.63

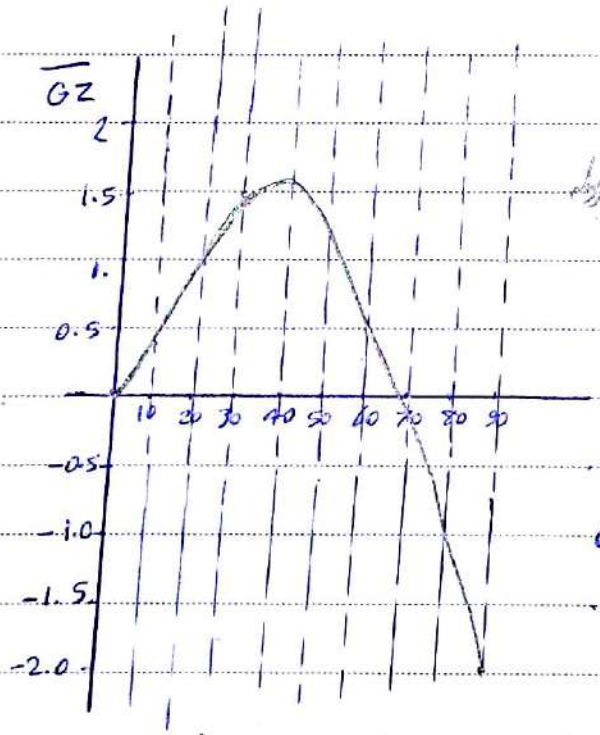


Nasim

Date : Subject :

$$\overline{GZ} = \overline{KN} - \overline{KD} = \overline{KN} - \overline{KG}\sin\phi$$

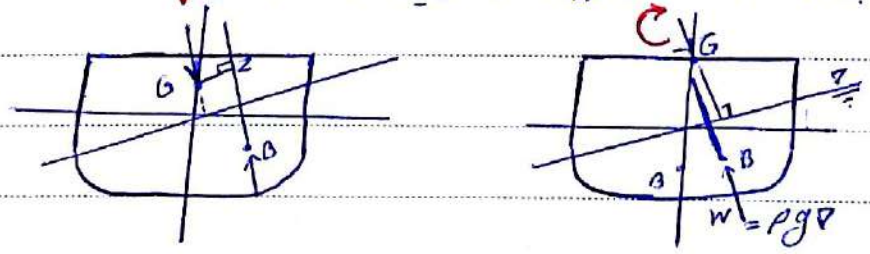
ϕ	$\overline{GZ}$ (m)
0	0
5	0.21
12	0.67
15	0.71
30	1.62
45	1.66
60	0.57
75	-0.58
90	-1.97



در صورتی
در ناحیه‌ای که اعداد $\overline{GZ}$ منفی هستند نشان‌دهنده زوال‌های برگشتی
واژگونی می‌شود

شرط لازم برای این که کشتی پس از هیل
(وضع عایل اینجا دهیل) به حالت ϕ
اولیه برگردد این است که $\overline{GZ}$ مثبت باشد.
در غیر این صورت به ازای زوایای هیلی که $\overline{GZ}$ منفی
شود کشتی از حالت اولیه دور شده و چپه می‌شود.

(مرکز ثقل بالای رود)
وقتی G بالا باشد؛ $\overline{GZ}$ به ازای زوایای ϕ کمتری منفی می‌شود. (یعنی کشتی زودتر چپه می‌شود.)



Date : Subject :

دقت شود که پس از حرف حاصل خارجی ، نیروی بویانسی و وزن برایند پس کشتی بالا یا پایین نمی رود و فقط یا چپه می شود یا به حالت اولیه برمی گردد .

با توجه به نوع کاربری کشتی ، مرکز ثقل را به ازای بارگیری تعیین می کنند مثلاً برای کشتی نفتکش مرکز ثقل نسبت به کشتی کروز خیلی پایین تر است .

حداقل فری برد کشتی نفتکش 6 متر است .

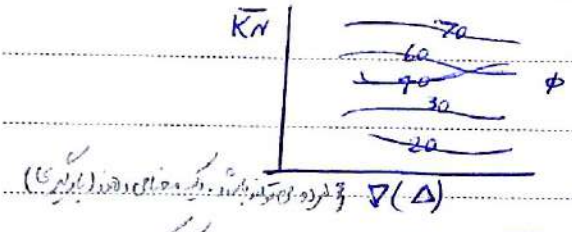
پیدا کردن منحنی $KN - \phi$

با فرض مقدار $\overline{GZ}$ برای زوایای هیل بزرگ ($\phi > 7^\circ$)

برای این منظور کشتی ها را به دو دسته تقسیم می کنیم :

Wall sided ←

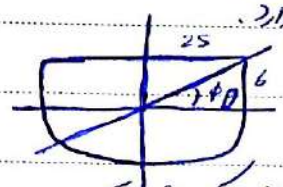
Non-wall sided ←



ابتدا بارج ها (کشتی مطلقاً wall sided) و سپس نفتکش ها را می توان wall sided در نظر گرفت .

یک کشتی wall sided تا زمانی اعتبار دارد که عرشه زیر آب نرود یا کشتی خارج نشود یعنی

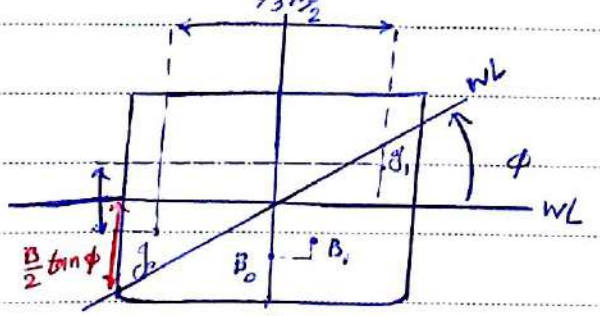
دیگر wall sided اعتبار ندارد .



$\phi_D = \tan^{-1}\left(\frac{6}{25}\right)$

ϕ_D زاویه ای که به ازای آن عرشه زیر آب می رود .

دقت شود که زاویه ϕ بزرگ است .



∇ : حجم آب گوه ای شکل

$$dV = \left(\frac{B}{2}\right)\left(\frac{B}{2}\cdot\tan\phi\right)\left(\frac{1}{2}\right)dx$$

$$\nabla = \int_L dV$$

$$\nabla = \int_0^L \frac{B^2}{8}\tan\phi\, dx$$

نقطه B_1 نقطه ای جدید است که به جای مناسب جایگزین B_0 به B_1 داده است .

نقطه B ترکیبی از جابجایی های افقی و عمودی داشته است .

زاویه ϕ بزرگ است پس دیگر نمی توان $\overline{B_0B_1}$ را بر سال عمود دانست و باید جابجایی افقی و عمودی آن را در نظر گرفت .

Date : مثل حامه با کردن دون در کشتی که موجب جابجایی مرکز ثقل پیدا شده است Subject :

B_0 حرکت افقی $= \dfrac{\nabla \times (\overline{g_0 g_1} \text{ افقی})}{\nabla}$

$\frac{2}{3} \cdot \frac{B}{2}$

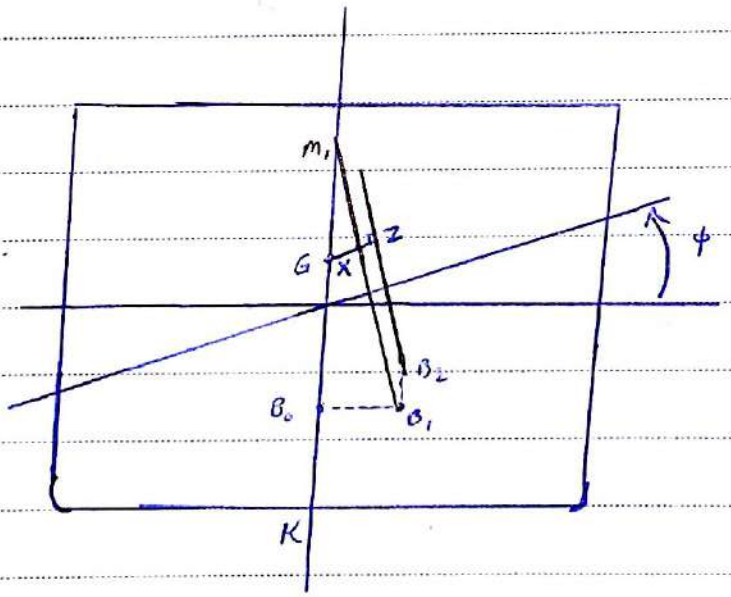
$\nabla \cdot g_0 g_1 = \int_0^L \frac{B^2}{8} \cdot \tan\phi \cdot \frac{2}{3} B \cdot dx$

$= \tan\phi \int_0^L \frac{B^3}{12} dx = I_t \cdot \tan\phi$

افقی $\overline{B_0 B_1} = \dfrac{I_t}{\nabla} \cdot \tan\phi$

$\overline{B_0 B_1} = \overline{B_0 M} \cdot \tan\phi$

شعاع متاسنتریک عرضی $\overline{B_0 M} = \overline{B_2 M}$



B_0 : مرکز بویانسی در حالت بدون هیل

B_2 : مرکز بویانسی پس از هیل

B_1 : جابجایی افقی مرکز بویانسی B_2

$\overline{GX} = \overline{GM_1} \sin\phi$

جابجایی عمودی مرکز بویانسی

$\overline{B_1 B_2} \cdot \nabla = \nabla \cdot (g_0 g_1 \text{ عمودی})$

عمودی $\overline{g_0 g_1} = \frac{2}{3} \times \frac{B}{2} \cdot \tan\phi = \left(\frac{1}{3} \cdot \frac{B}{2} \cdot \tan\phi\right) + \left(\frac{1}{3} \cdot \frac{B}{2} \cdot \tan\phi\right)$

$\nabla \cdot (\overline{g_0 g_1} \text{ عمودی}) = \int_0^L \left(\frac{B^2}{8} \cdot \tan\phi \cdot dx\right) \cdot \frac{1}{3} \cdot \frac{B}{2} \cdot \tan\phi \cdot 2$

$= \frac{\tan^2\phi}{2} \int_0^L \frac{B^3 \cdot dx}{12} = \frac{\tan^2\phi}{2} \cdot I_t$

Date : Subject :

$$\overline{B_1B_2} = \frac{1}{2}\frac{I_t}{\nabla}\cdot\tan^2\phi$$

$$= \frac{1}{2}\overline{B_0M}\cdot\tan^2\phi$$

$$\overline{XZ} = \overline{B_2y} = \frac{1}{2}\overline{B_0M}\cdot\tan^2\phi\cdot\sin\phi$$

$$\overline{GZ} = \overline{GM}\cdot\sin\phi + \frac{1}{2}\overline{B_0M}\tan^2\phi\cdot\sin\phi$$

$$= \sin\phi\left(GM + \frac{1}{2}B_0M\cdot\tan^2\phi\right)$$

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

at ϕ کوچک $\Rightarrow \overline{B.M}\cdot\tan^2\phi\cdot\sin\phi \to 0$

$\Rightarrow \overline{GZ} = \overline{GM}\cdot\sin\phi + 0$

بسیاری از زوایای کوچک به طوری که $\overline{KN} \sim \phi$ رسم می‌شود

$\overline{GZ}$ را می‌توان از طریق ترسیم و یا محاسبه بدست آورد.

بدست آمدن $\overline{GZ}$ از طریق نمودار برای شناور برای هر زاویه ϕ بدون هیچ گونه محدودیتی می‌باشد.

non wall-sided

باقتن نمودار $\overline{KN} - \phi$ برای شناور non wall-sided

دقتی کشتی non wall-sided قبل پیدا کند،

روشن بهتر صفحه بعد.

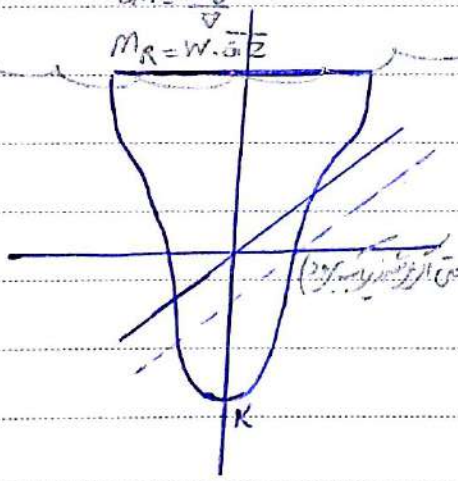
برای زوایای ϕ بزرگ که از زوایه دیگر از زوایه‌ای که در آن شناور wall-sided باشد بزرگتر باشد

$$\overline{GZ} = \overline{GM}\sin\phi + \frac{1}{2}\overline{BM}\tan^2\phi\cdot\sin\phi$$

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

$$\overline{BM} = \frac{I_t}{\nabla}$$

$M_R = W\cdot\overline{GZ}$



1- شناور را به اندازه ϕ قبل می‌دهیم (ϕ را باید طوری انتخاب کرد که از زاویه پرشدن عرشه کمتر باشد)

2- مقدار ∇ و سپس موقعیت B_2 را پیدا می‌کنیم.

زاویه هر کدام از خطوط ϕ می‌باشد برای هر خط یک می‌توان B_2 به دست آورد.

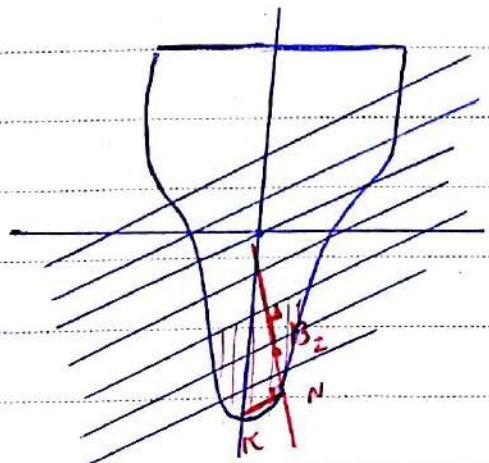
بعضی از آن را بدست آورد.

3- خطی از B_2 عمود بر خط آب قبل کرده با زاویه

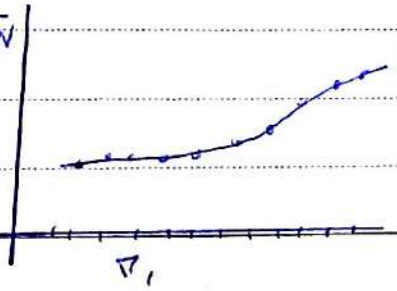
مشخص ϕ ترسیم می‌کنیم.

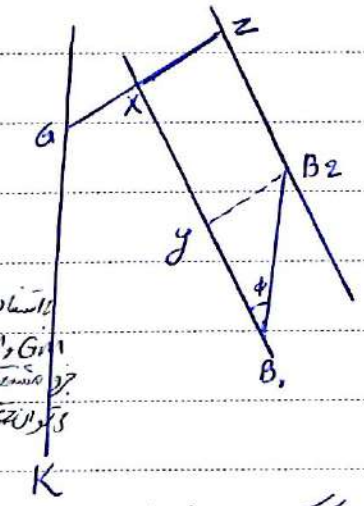
4- $\overline{KN}$ را پیدا می‌کنیم.

اگر برای هر کدام از خطوط مورب $\overline{KN}$ را بیابیم



یک زاویه قبل برای تمام حالات بارگیری می‌تواند درج دهد





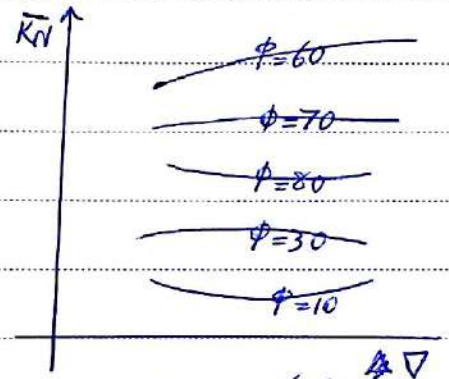
Nasim
60

Date : Subject :

۴ـ منحنی های تعادل $\overline{GZ}-\phi$

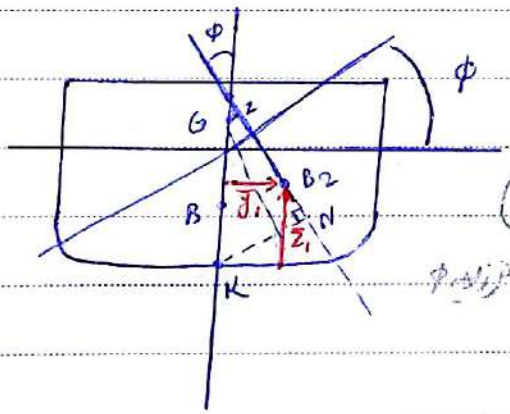
$\overline{GZ}$ کشتی ها با زاویه خیلی بزرگ

به دنبال دسته منحنی $\overline{KN}-\phi$ هستیم.



$\Delta=\rho\nabla$ ثابت فرض می‌شود

اگر کشتی را به اندازه زاویه ϕ بزرگ خیلی کمی عرشه‌اش به زیر آب رود:



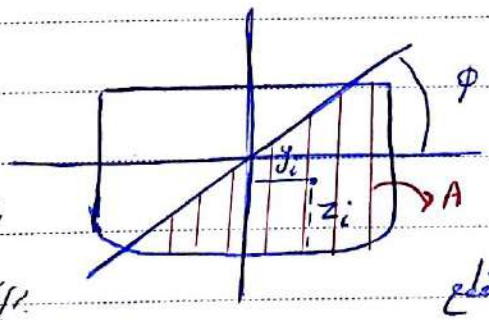
$$\overline{GZ}=\overline{KN}-\overline{KG}\sin\phi$$

بدست آوردن $\overline{GZ}$ از طریق فرمول $\overline{KN}$ همان منحنی پایداری شکل ϕ بدون هیچ گونه محدودیتی می‌باشد.

می خواهیم بدانیم $\overline{KN}$ را چگونه می‌توانیم محاسبه کنیم؟

✓ have walls sided → wall sided روشی برای هر دو نوع

نحوه محاسبه $\overline{KN}$ برای کشتی:



در این روش چون به ازای هر زاویه خیلی ∇ را خودمان حساب می‌کنیم و نیازی به بررسی اینکه داخل و خارج شده آب می‌باشد نیست پروتکامل حرکت دارد

۱ـ خط آب خیلی دار با زاویه مشخص ϕ برروی شناور ترسیم می‌کنیم

۲ـ مقدار برآیندی (∇) براساس انتگرال مساحت مقطع محاسبه می‌کنیم.

$$\nabla=\int A_i\cdot dx$$

Nasim 61

Date : Subject :

۳- $\bar{y}_1$ و $\bar{z}_1$ موقعیت مرکز بویانسی شناور هیل کرده را پیدا می کنیم.

مساحت مقاطع طولی زیر خط آب

$$\bar{y}_1 = \frac{\sum A_i \cdot y_i}{\nabla} \quad \text{ممان مقاطع عرضی حجم}$$

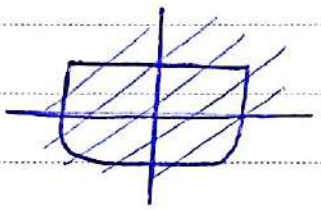
$$\bar{z}_1 = \frac{\sum A_i \cdot z_i}{\nabla}$$

موقعیت B_2 را به ما می دهند.

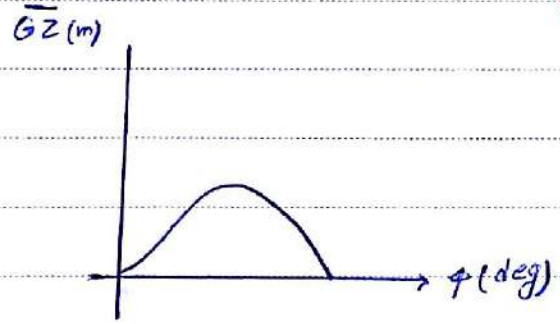
۴- از نقطه B_2 خطی به WL هیل کرده عمود می کنیم.

۵- از نقطه K خطی را بر خط قبلی عمود کرده و سپس مقدار $\overline{KN}$ را اندازه می گیریم.

روش بالا به ما یک نقطه از ای ϕ مشخص و یک ∇ را به ما می دهد. به ازای ∇ های مختلف، منحنی برای آن ϕ مشخص رسم می شود.



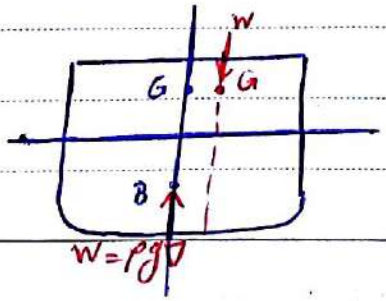
خواص مهم منحنی تعادل ($\overline{GZ}-\phi$)



$\overline{GZ}$ بازوی برگرداننده

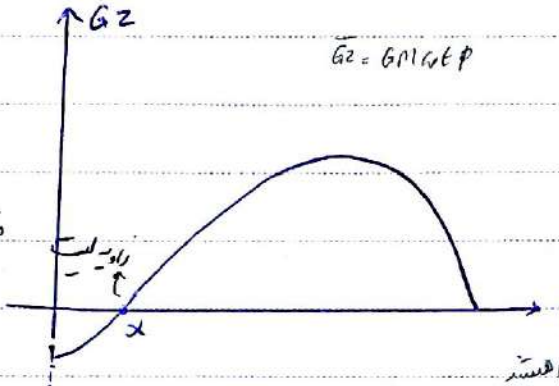
$m_R = (\overset{w}{g}.\Delta) \cdot \overline{GZ}$ ممان برگرداننده

الف) خارج از محور تقارن بودن مرکز ثقل (زاویه لیست List Angel)



ممکن است بر حسب اتفاق مرکز ثقل از محور بروط (محور تقارن) خارج شده و کشتی کج شود.

Subject
Date



زمانی که مرکز ثقل کشتی روی محور تقارن قرار نداشته باشد کشتی زاویه لیست خواهد داشت α_{List}

وقتی مرکز ثقل روی محور تقارن نباشد، $\overline{GZ}$ منفی بوده و شناور تا زاویه ای که مرکز ثقل و بویانسی در یک راستا قرار می‌گیرند هیل می‌کند و $\overline{GZ}$ صفر می‌شود

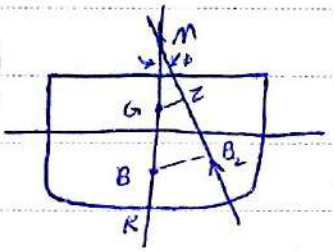
یعنی اگر تا ۵۰ درجه هیل دهند ۵۰ ایال کنیم و بعد رسم کنیم

کشتی در این زاویه می‌ماند. یعنی در این زاویه G و B در یک راستا هستند

اگر کشتی همان هیل (هند ۵۰) اضافه کنیم، دوباره می‌خواهد به همان برگردد اما دیگر نمی‌تواند، پس در زوایای بزرگتر از زاویه ثابت شدن کشتی اتفاق می‌افتد.

پیدا کردن $\overline{GM}$ از منحنی $\overline{GZ}-\phi$ برای زوایای کوچک

شکل

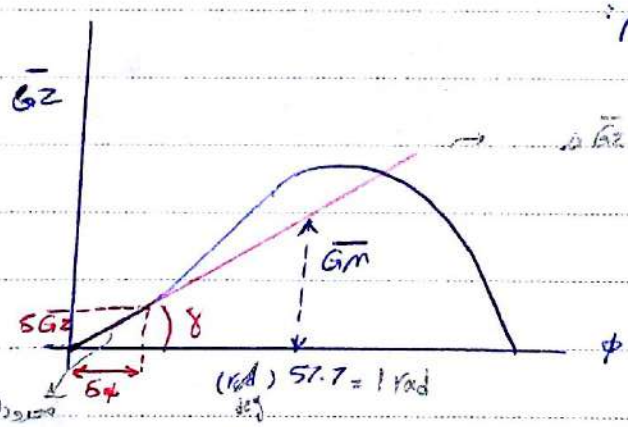


$\overline{GM}$ به ازای تمام زوایای هیل کوچک یکسان است.

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

برای زوایای کوچک $\overline{GZ} = \overline{GM} \cdot \sin\phi$

اگر خطی را بر منحنی $\overline{GZ}-\phi$ در ابتدا ماس کنیم:



اگر خطی ماس بر منحنی $\overline{GZ}-\phi$ در $\phi=0$ رسم کنیم

محدوده‌ی زاویه ϕ که می‌توان به عنوان $\overline{GM}$ ثابت در نظر گرفت

خط اثر: خطی ماس بر منحنی $\overline{GZ}-\phi$ در $\phi=0$

$$\overline{GZ} = \overline{GM} \cdot \sin\phi$$

$\sin\phi \cong \phi(rad)$ برای $\phi < 15$

$$\overline{GZ} = \overline{GM} \cdot \phi(rad)$$

به ازای ϕ تا ۳۰ تا ۵۰ درجه $\sin\phi$ و ϕ تقریبا برابرند

$$\tan\gamma = \frac{\delta\overline{GZ}}{\delta\phi} = \frac{\overline{GZ}}{\phi} = \frac{\overline{GM}\cdot\phi}{\phi} = \overline{GM}$$

(نکته: برای زوایای کم)

شیب خط ماس بر منحنی $\overline{GZ}-\phi$ در $\phi=0$ برابر $\overline{GM}$ است

$$\boxed{\tan\gamma = \overline{GM}}$$

اگر در نقطه $\phi=0$ خطی بر منحنی $\overline{GZ}-\phi$ ماس کنیم، tan زاویه به دست آمده برابر $\overline{GM}$ می‌باشد

Subject
Date

$\pi(rad) = 180(deg)$

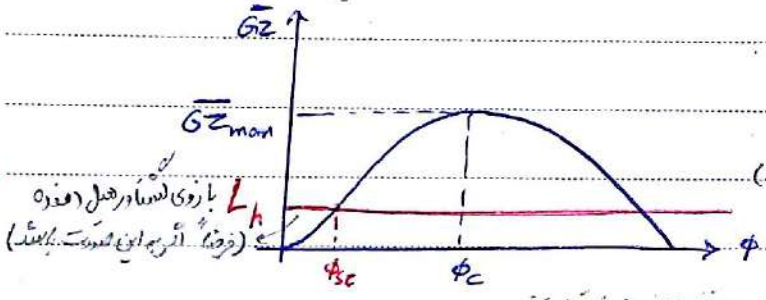
$3.14(rad) = 180(deg)$

$1rad = \frac{180}{3.14} = 57.7(deg)$

$\tan\gamma = \frac{\text{مقابل}}{\text{مجاور}} = \frac{\overline{GM}}{1}$

اندازه طول برداری محور زاویه‌ای باشد که باید از فنس بزرگ باشد. پس معادل ۱ رادیان را بعنوان واحد روی محور زاویه می‌یابیم.

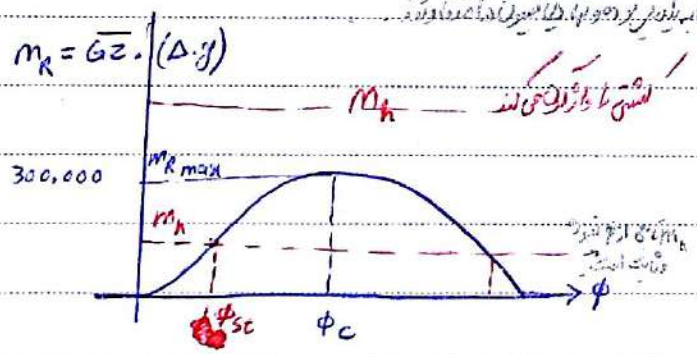
ج) نقطه ماکزیمم منحنی $\overline{GZ}-\phi$ (نقطه C)



بازوی لنگر راست دهنده (هدف آن است که این مقدار بیشتر باشد)

$m_h = W.L_h \quad ; \quad \Delta.L_h$

$L_h = \frac{m_h}{W(\Delta)}$ بازوی لنگر راست دهنده



ضرب W در منحنی $\overline{GZ}-\phi$ منحنی m_R بدست می‌آید که دقیقاً شبیه یکدیگر بوده و فقط در واحدها تفاوت دارند.

نقطه‌ای شیپ‌ها با هم تفاوت هستند شیپ‌ها متفاوت هستند

اگر هر دو شیپ دقیقاً از همان جنس ساخته شده باشند ماکزیمم بیشتر است کشتی واژگون می‌شود.

کشتی که در اثر همان جفت (لنگر) دوم در زاویه اول می‌ایستد اگر به همان جفت (لنگر) دوم در زاویه دوم می‌ایستد (ولی زاویه دوم را قبول نمی‌کنیم)

امتحان

فصل اول: کامل

فصل دوم: تا ابتدای منحنی‌های تعادل

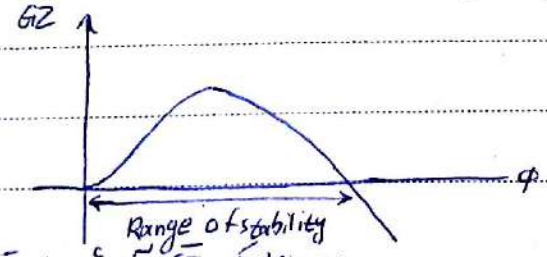
برای اینکه زاویه دوم پایدار تلقی شود (تکذیب) اگر نیرو کافی نباشد شناور به ϕ_{sc} اضافه می‌کند

ϕ_{sc} اول بار در نظر گرفته می‌شود (کمتر بودن نیرو)

زمانی که m_h و m_R برابر شوند (منحنی m_h و m_R تلاقی پیدا کنند) کشتی در زاویه‌ای که ϕ_{sc} نامیده می‌شود به تعادل می‌رسد

خواص منحنی‌های تعادل

د) محدوده‌ی تعادل یا Range of stability



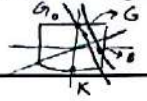
محدوده‌ای که $\overline{GZ}$ در آن مثبت است

Subject

Date

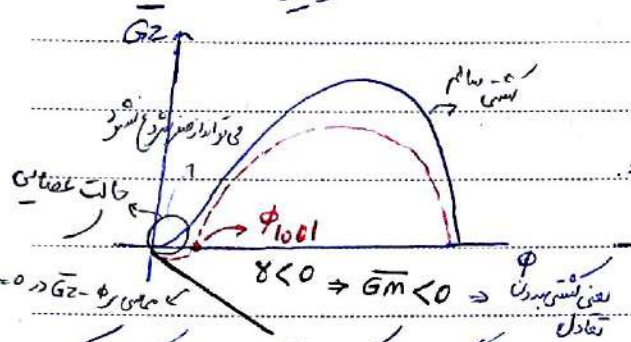
از منحنی $\phi - \overline{KN}$ برای حالاتی که کشتی زاویه کمیدگی پایداری دارد می‌توان استفاده نمود. چون $\overline{KN}$ براساس هندسه است و کاری به سایر موارد ندارد. برای بدست آوردن $\overline{GZ}$

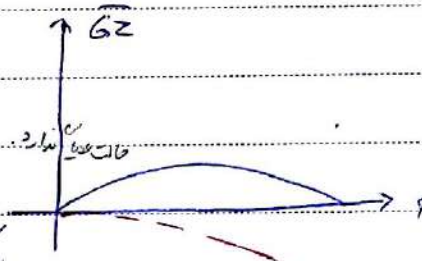
$\overline{GZ} = \overline{KN} - \overline{KG}\sin\phi$ (البته برای حالاتی که پایداری دارد.)



۵) زاویه کمیدگی Angle of loot

(دوباره $\overline{GZ} - \phi$ را در نظر بگیرید.)





در کشتی‌های دارای $\overline{GM}$ منفی حتماً روی زاویه کاول هستیم.

اگر برای این کشتی آبتابی بنفشه و مرکز ثقل آن بالاتر رود وضعیت تعادلی به صورت خط‌چین می‌شود.

غرق می‌شود. کمی نیروی برگردنده تعادل ندارد.

نیازت اول ولیت

(دارای حالت بازگردانندگی متقارن)

دسته‌ای از کشتی‌ها هستند، که منحنی $\overline{GZ} - \phi$ آن‌ها به گونه‌ای است که نقطه‌ای به آن‌ها نداریم، چون $\overline{GM}$ آن‌ها منفی می‌باشد شروع به کج شدن و مایل پیدا کردن می‌کنند تا به زاویه اول برسند و $\overline{GZ}$ صفر شده و کشتی ثابت شود.

در ایست مرکز ثقل کشتی از خط تعادل خارج است پس انتظار داریم که کشتی کج شود.

(کشتی‌هایی که منحنی $\overline{GZ}$ آن‌ها حالت محلی ندارد)

در دسته دوم وضعیت بالا رفتن مرکز ثقل، $\overline{GM}$ ها منفی شده و شناور واژگون می‌شود.

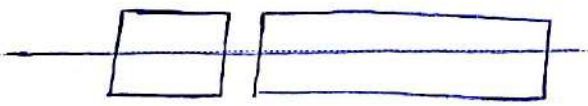
← برای شناورهایی که زاویه اول دارند، حتماً روی زاویه اول ایستیم چون با کوچکترین نیرو شناور تا زاویه اول حرکت می‌کند.

پیدا کردن زاویه کمیدگی (لات 1001) برای کشتی wall-sided

$$\overline{GZ} = \sin\phi\left(\overline{GM} + \frac{1}{2}\overline{BM}\tan^2\phi\right)$$

می‌خواهیم زاویه کمیدگی را برای شناور زیر تعریف کنیم:

wall sided



خاج: بهترین کشتی از نظر تعادلی باج است (مکعب مستطیل)

مهم‌ترین مسئله در طراحی شناور، مقاومت شناور است

(در ایست)

زاویه کمیدگی زاویه‌ای است که در آن $\overline{GZ}$ صفر است

$$\overline{GZ} = 0 = \sin\phi\left[\overline{GM} + \frac{1}{2}\overline{BM}\tan^2\phi\right] = 0$$

اولی صفر یا دومی صفر

Subject
Date

$\sin\phi = 0 \Rightarrow \phi = 0$ این نقطه ایستایی نیست

$$\left[\overline{GM} + \frac{1}{2}\overline{BM}\tan^2\phi\right] = 0 \Rightarrow \frac{1}{2}\overline{BM}\cdot\tan^2\phi = -\overline{GM}$$

$$\tan^2\phi = \frac{-2\cdot\overline{GM}}{\overline{BM}} \Rightarrow \tan\phi_{il} = \sqrt{\left(\frac{-2\cdot\overline{GM}}{\overline{BM}}\right)}$$

زاویه ایستایی برای کشتی Wall sided

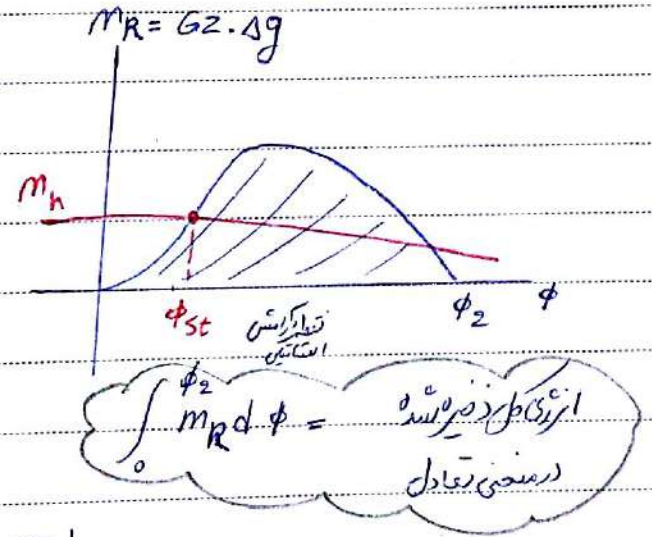
$\overline{GM}$ باید منفی باشد تا زاویه مثبت شود.

کار و انرژی ذخیره شده در منحنی تعادل

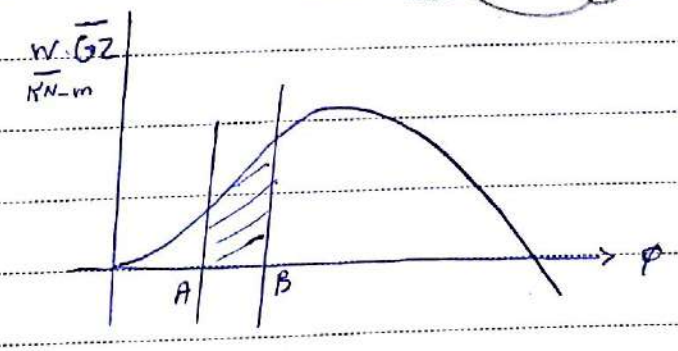
وقتی که یک شناور خیل پیدا کرده، در صورتی که عامل خارجی را حذف کنیم، شناور به سمت حالت تعادل رفته و از آن عبور کرده و سپس برگشته و از آن عبور می‌کند و به همین منوال تا به تعادل اولیه برگردد.

اگر نیروی خارجی را به صورت تدریجی اعمال کنیم شناور خیل پیدا می‌کند تا بایستد. اما اگر ناگهانی وارد کنیم از خیل قبلی رد شده و برمی‌گردد و نوسان می‌کند تا در خیل قبلی بایستد.

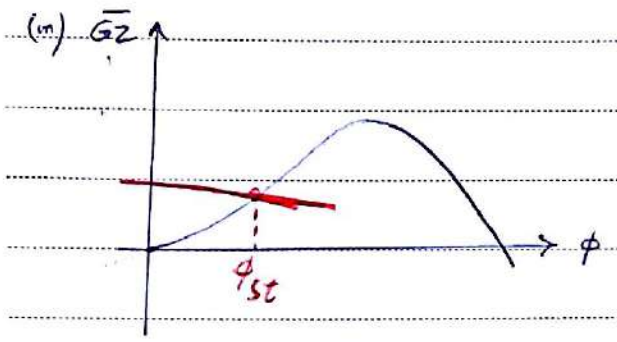
زاویه



$\int_0^{\phi_2} M_R\, d\phi =$ انرژی کل ذخیره شده در منحنی تعادل



Subject
Date

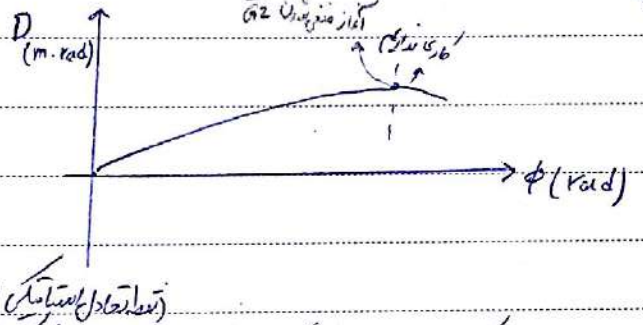


$$\frac{m_h}{W} = l_h$$

$$\text{بازوی میل (لنگر)} = \frac{\text{میان میل (لنگر)}}{\text{جرم (وزن)}}$$

$$D = \int_0^{\phi} GZ \cdot d\phi$$

با ضرب D در W به ازای هر ϕ، انرژی ذخیره شده (در صفر تعادل تا آن ϕ بدست می آید



(نقطه تعادل استاتیکی)

اگر به شناور کشتار میل (لنگر) به صورت آرام و تدریجی وارد شود و سپس نقطه کشتار و میل (لنگر) برگردانده شود، باز هم برایری شوند و کشتی می ایستد.

اگر به شناور کشتار " " سریع و ناگهانی " " شناور با چند بار نوسان به همان نقطه تعادل استاتیکی قبل می رسد.

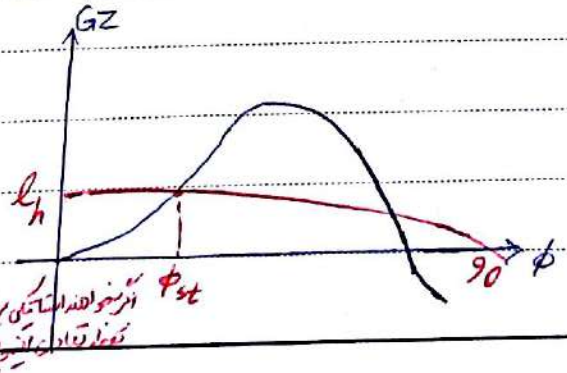
پدیده ای دیگر به نام میل دینامیکی داریم. ← دینامیکی، زاویه میل می باشد شناور بیشتر از یکبار دینامیکی تا آن زاویه کج می شود و سپس برگشت

اگر پدیده ای مثل موج به کشتی برخورد کند، کشتی حرکات دینامیکی مثل رول انجام می دهد.

برای تهیه منحنی تعادل از همین روش ارائه شده در جزوه استفاده می شود.

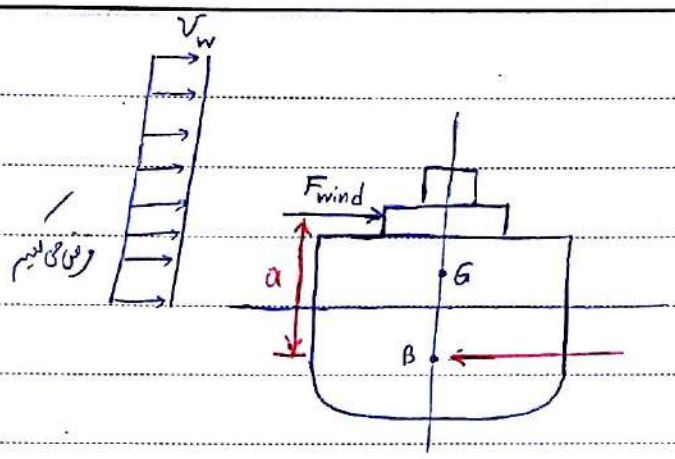
$$\int_0^{\phi} m_h \cdot d\phi = W \int_0^{\phi} l_h \cdot d\phi = L_h(\phi)$$

← **نقطه تعادل دینامیکی:**
اگر ϕ - GZ زیر را داشته باشیم:



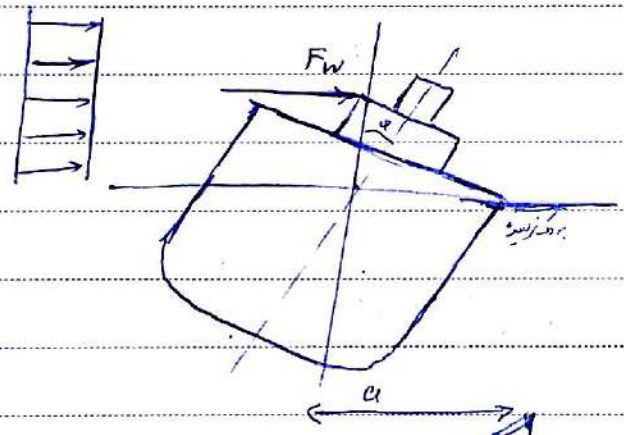
می خواهیم بدانیم اگر بار به صورت دینامیکی وارد شود کشتی تا کجا کج می شود، چون ممکن است این کج شدن کشتی را واژگون کند

آنرژی خواهد استاتیکی برخود کشتی تعادل دینامیکی



معمولاً جنس عمان های شیل دهنده به صورت مخزنی است.

$F_w \cdot a = M_h \quad at \ \phi = 0$

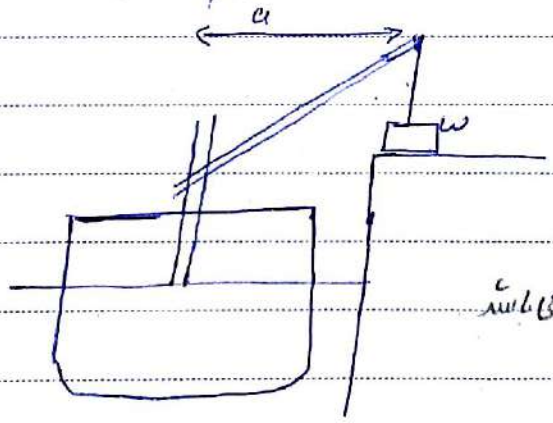


فرض می کنیم محل اثر ثابت

$F_w = F_w(\phi=0) \cdot \cos\phi$?

$M_h(\phi) = \underbrace{M_h(\phi=0)}_{const} \cdot \cos\phi$

این عمان در $\phi = 90$ صفر می شود.



در اکثر مواقع رفتار به صورت کسینوسی برای عمان شیل دهنده حاکم است.

در اکثر مواقع رفتار عمان شیل دهنده به صورت کسینوسی می باشد

$M_h = a \cdot w \cdot \cos\phi$

ضمن هم است که بدانیم دینامیک از کجا شروع شده است. مثلاً کشتی در عمان توسان در اثر بوده است که نیرو باد به آن وارد می شود می توان از نقطه ای صفر یا غیر صفر مسئله شروع شود.

←

Subject

Date

هم‌مان هیل (هندل) هم برگردانده و ذخیره‌ای از آن نمی‌ماند.

فرض می‌کنیم از ϕ_1 شروع شده است. ϕ_d (ϕ دینامیک) نمی‌دانیم که کجاست) (کشتی تا این زاویه خم شده و برمی‌گردد.)

شناور در زاویه هیل ϕ_1 برده است که همان هیل (هندل) شروع به ایستادن می‌کند.

انرژی ذخیره شده از ϕ_1 تا ϕ_d (دینامیک) معنی GZ را برابر GZ زیر

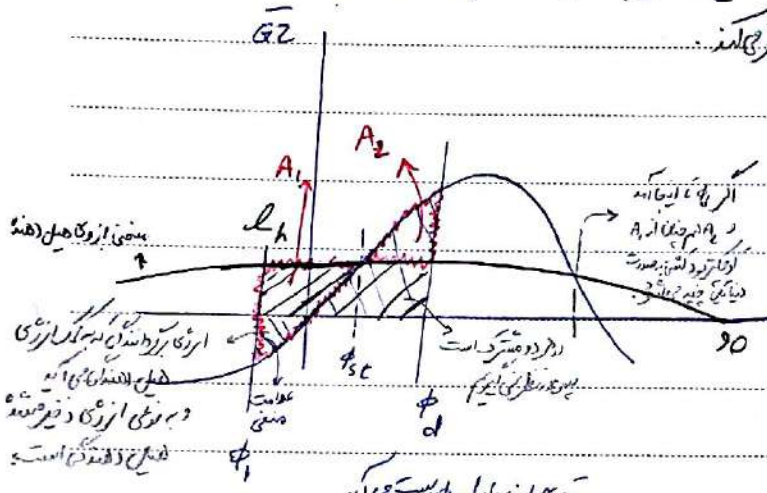
← (انرژی برگرداندن)

انرژی ذخیره شده زیر نمودار هیل (هندل) از ϕ_1 تا ϕ_d

← (انرژی هیل (هندل))

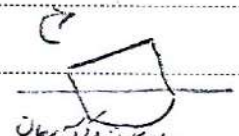
زمانی که هاشور مشکی با آبی برابر شود

هر موقع دو سطح برابر شوند ϕ_d به دست می‌آید.



در صورت برقراری این رابطه ϕ_d به دست می‌آید.

$$A_1 = A_2 \Rightarrow \phi_d$$



اگر A_1 بزرگتر از A_2 به چپ می‌رویم.

اگر A_2 کوچکتر از A_1 باشد باید آن قدر به راست برویم تا برابر شود، اگر تا آخر رفتیم و برابر نشد یعنی کشتی در اثر دینامیک چپ می‌شود.

- در شیپ شناور را به صورت دینامیک ساده سازی شده شبیه استاتیکی بررسی می‌کردیم، اگر می‌خواستیم کامل دینامیک را بررسی کنیم باید در نظر می‌گرفتیم که مثلاً اگر تا 3° هم بود دوباره شروع نمی‌شود و مثلاً تا 4.5° هم می‌شود و دفعه‌ی بعد تا 3.5 و ...

- اگر موتورخانه‌ی کشتی از کار بیفتد، (مثلاً در اثر تصادف با کشتی دیگر)، کشتی و موج برخورد هم می‌شوند و موج با دادن یک رول سنگین کشتی را چپه می‌کند. اگر موتورخانه کار کند هم چنان رول زیاد است ولی خیلی با حالت بدون سکان و موتور فرق دارد.

مثال) مقادیر GZ شناوری برحسب ϕ به شرح جدول زیر است:

(deg) ϕ	0	5	10	25	30	40
(m) $\overline{GZ}$	0	0.04	0.09	0.19	0.29	0.32

کشتی دارای $\Delta = 32,000\,t$ $\overline{KG} = 10.3\,m$ $\overline{KM} = 10.8\,m$ $T = 11.0\,m$ می‌باشد.

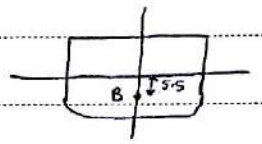
Subject

Date

نیروی باد $48.5 \frac{kgf}{m^2}$

سطح مقابل جریان باد $3800 m^2$ و مرکز سطح 6 متر بالاتر از سطح آب قرار گرفته است. زاویه‌ی ورود و لبه‌ی عرشه به آب $\phi_{deck} = 23^\circ$ و زاویه لبه‌ی آب $\phi_{Penetration} = 34^\circ$ (در این زاویه آب وارد محفظه کشتی می‌شود و کشتی حق ندارد بیشتر از این زاویه تمایل کند)

زاویه ϕ_{st} ناشی از بار مذکور را پیدا کنید.



حل) باید ابتدا منحنی تمایل (لنگر صدمان برگردانده) را بیابیم. اگر لنگر باد و لنگر برگردانده را محاسبه کرده و برابر قرار دهیم، ϕ_{st} بدست می‌آید.

ϕ	$\overline{GZ}$	$M_R = \Delta \overline{GZ}$ (تن-متر)
0	0	0
5	0.09	1280
10	0.09	2880
25	0.19	6080
30	0.29	9280
40	0.32	10240

$$M_h = A \cdot \left(\frac{F}{A}\right) \cdot \left(b + \frac{T}{2}\right) \cdot \cos\phi$$

$$M_h = 3800 \times 48.5 \times (6 + 5.5) \cdot \cos\phi$$

$$= 2119.49 \times \cos\phi \ (t-m)$$

← فرض می‌کنیم برآیند نیروی باد در مرکز سطح مقابل جریان باد قرار دارد.

واحد نیرو در اینجا تن می‌تواند نیوتن باشد و لذا تن نیرو و کیلوتن نیرو نیز داریم که به ترتیب $(t-m)$ و $(kgf-m)$ یعنی با فرض $g = 10$ و به صورت نیوتن بدست می‌آید.

فرض می‌کنیم زاویه تمایل استاتیکی کوچک است پس: $\cos\phi \approx 1.0$

مقدار ϕ بین 5 و 10 است و با میانیابی و یا رسم نمودار 8°

$$M_h = M_R \Rightarrow \boxed{\phi_{st} = 8^\circ}$$

حال اگر بخواهیم ϕ_d را نیز بدست آوریم.

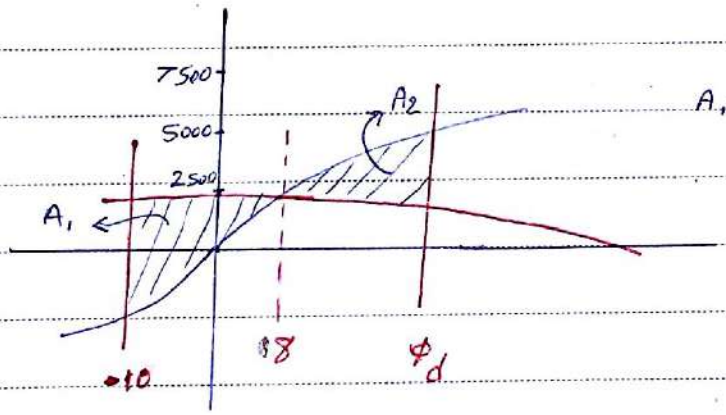
↵

Subject
Date

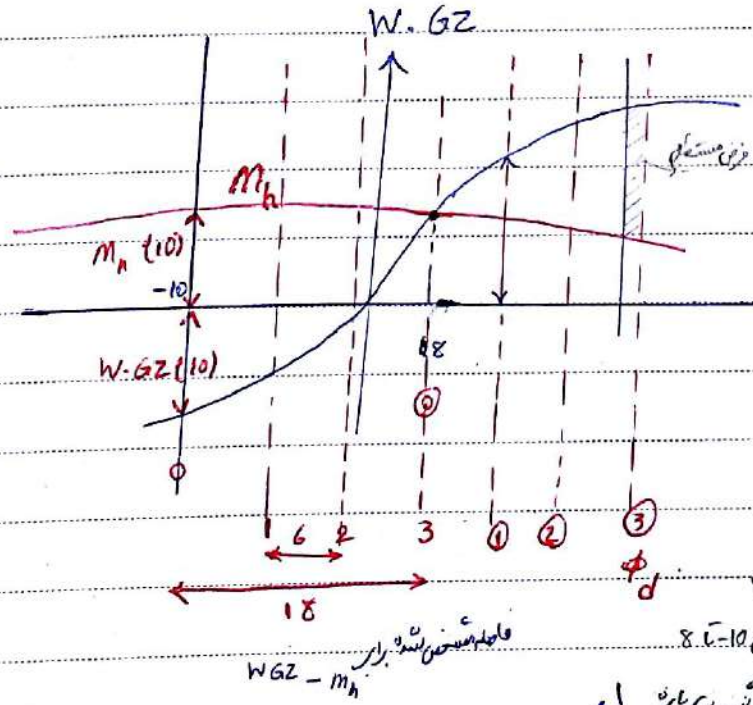
* اگر نیروی باد به صورت دینامیکی از زاویه‌ی 10- وارد شود، مطلوب است زاویه‌ی هیل دینامیکی

ϕ	$\overline{GZ}$	$\overline{GZ}.W$
0	0	
5	0.04	
10	0.09	
25	0.19	
30	0.29	
40	0.32	

$F_W = 2119.45 \cos\phi$ t-m



$A_1 = A_2$ باید



نکاتی از شکل بصورت زیر:

برای این که بتوانیم از سیمپسون استفاده کنیم، از تعداد بازه‌های زوج استفاده می‌کنیم.

نمی‌دانیم ϕ_d کجاست پس ابتدا یک ϕ_d فرض می‌کنیم و آن قدر آن را تکرار می‌کنیم تا به مقدار اصلی برسیم.

حدس: $\phi_d = 26$

برای استفاده از فرمول یا برای محاسبه سطح، باید بازه‌ها را به چند زیربازه‌ی مساوی تقسیم کنیم. (در اینجا بازه‌ی بین 10- تا 8 را به سه زیربازه با فاصله‌ی مساوی 6 درجه و بازه‌ی 8 تا ϕ_d را به یک زیربازه با فاصله‌ی 18 درجه تقسیم می‌کنیم.)

(البته می‌توانیم از مقادیر خود جدول نیز استفاده کنیم)

Subject
Date

ابتدا مساحت بخش سمت چپ را محاسبه می‌کنیم.

مقطع	اندازه	ضریب سیمپسون	حاصل ضرب
0	5300	1	5300
1	3450	3	10350
2	1830	3	5670
3	0	1	0
			$\Sigma = 21320$

$M_h(10) = 2119.45 \times \cos 10 = 2087.250$

مثال برای نحوه محاسبه

$W.\bar{GZ}(10) + M_h(10)$

$= 0.09 \times 32000 + 2119.45 \cos 10$

$= 4967.250$

به صورت دلخواه، درجه را به رادیان تبدیل نمود؛ این که اختیاری است.

$$A_1 = \frac{3}{8} s \Sigma = \frac{3}{8} \times 6 \times \frac{\pi}{180} \times 21320 = 837.1 \ (t\text{-}m\text{-}rad)$$

$s = \delta\phi = 6^\circ$

دقت شود که رادیان بی‌بعد است و دیمانسیون ندارد.

مقطع	اندازه	ضریب سیمپسون	حاصل ضرب
⓪	0	1	0
①	2100	3	6300
②	4050	3	12150
③	5690	1	5690
			$\Sigma_2 = 24140$

مثال محاسبه: اندازه‌ی قائم در راستای سمت

اندازه $(14^\circ) = W.GZ(14^\circ) - M_h(14^\circ)$

$$A_2 = \frac{3}{8} \cdot 6^\circ \times \frac{\pi}{180} \times \Sigma_2 = 947.9 \ t\text{-}m\text{-}rad$$

A_2 از A_1 بیشتر شد پس باید دندان را کمتر کنیم و دوباره محاسبه کنیم

$\delta A = A_2 - A_1 = 110.8$

فرض می‌کنیم مساحت اضافه به صورت مستطیلی باشد

$5690 \times \delta\theta \times \frac{\pi}{180} = 110.8 \Rightarrow \delta\phi = 1.12 \ deg$

$\phi_d = \phi_{st} + (18 - 1.12)$ دینامیکی

$\Rightarrow \boxed{\phi_d = 24.88}$

P4PCO

Subject
Date

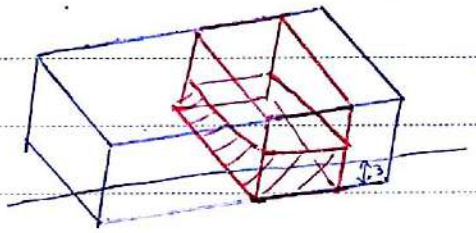
تمرین ۵ـ بارجی به طول 100 متر، عرض 10 متر، آبخور 3 متر و ارتفاع سازه‌ای 10 متر مفروض است و KG = 2.0m می‌باشد.

تانکی به طول 10 متر و عرض B=10m به مقدار 50٪ از ارتفاع با آب پر شده است. باد یکنواخت $60 Kg/m^2$ به سطح بالای خط آب کشتی برخورد می‌کند. محل اثر نیروی باد در فاصله 8 متر از خط پایه Base Line می‌باشد.

الف) زاویه‌ی هیل استاتیکی را پیدا کنید

ب) با فرض این که نیروی دینامیکی باد از زاویه $\phi = 0$ برخاسته و اثر می‌کند، زاویه‌ی هیل دینامیکی را پیدا کنید.

~~بدون تانک~~ ~~$GM = 0$~~ ~~$GZ = 0$~~ ~~$W \cdot GZ = 0$~~ را به دست می‌آوریم



ـ یک سری بارها هستند که نمی‌توانیم آن‌ها را ثابت کنیم. این بارها از نوع سیال هستند. فقط بحث استاتیکی را مد نظر داریم (به تکان خوردن کشتی).

سطح سیال به خاطر جاذبه همواره موازی سطح زمین است. سطح تمام دریاهای متصل به هم برابر و به موازات سطح زمین و عمود بر مرکز زمین است.

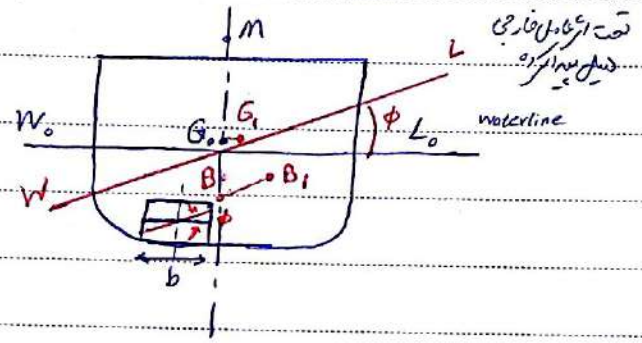
در حوضچه‌های کشتی که خیلی طولانی هستند، زمانی که شناور روی آن حرکت می‌کند را با توجه به curve زمین می‌سازند چون سطح سیال نیز دارای این curve است و اگر رعایت نکنیم در نهایت مدل به مقدار بیشتری از آب خارج می‌شود.

۵ـ اثرات سطح آزاد مخازن و بار آویزان

Free Surface Effect & ...

Subject
Date

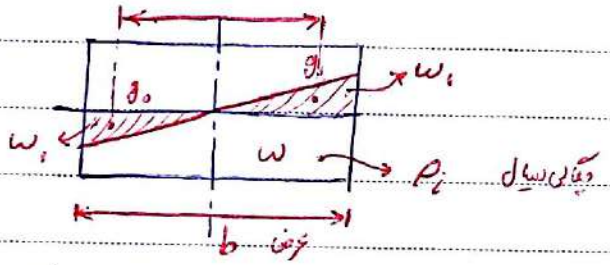
طول تانک l و عرض b و w (وزن سیال درون)



مخزن داخل کشتی می‌تواند ثابت
یا کشتی نیز با مخزن یکپارچه باشد.

اگر شناور دچار کند حتماً سیال درون مخزن
هم حرکت می‌کند.
مخزن‌های به کار رفته در کشتی عمدتاً بزرگ و مستطیل هستند.

مخزن به صورت عرضی بزرگ



تغییر عمودی را چون کوچک است در نظر نمی‌گیریم.

اگر باری در کشتی به صورت عرضی جابجا شود مرکز ثقل
بسته به میزان و جابجایی آن بار تغییر می‌کند

دلیل حرکت کشتی، مایع درون مخازن نیز حرکت می‌کند و موجب می‌شود که مرکز ثقل به صورت عرضی جابجا شود که موجب کاهش GM و در نتیجه کاهش حرکت و در نتیجه حرکت بیشتر کشتی می‌شود.

(بنابراین مرکز ثقل به صورت مجازی)

$$\overline{G_0G_1} \cdot W = \overline{g_0g_1} \cdot w_1$$

$$w_1 = \rho_i \cdot V_1$$

$$V_1 = \frac{1}{2} \times \frac{b}{2} \times \frac{b}{2} \times \tan\phi \cdot l$$

$$w_1 = l \cdot \frac{b^2}{8} \cdot \rho_i \cdot \tan\phi$$

$\overline{g_0g_1}$ افقی $\overline{g_0g_1} = 2 \times \frac{2}{3} \times \frac{b}{2} = \frac{2}{3}b$ (عمودی را در نظر نمی‌گیریم)

$$w_1 \cdot \overline{g_0g_1} = \frac{lb^3}{12} \cdot \rho_i \cdot \tan\phi$$

ممان اینرسی سطح آزاد مخزن حول محور g_0 $\left(i_r = \frac{lb^3}{12}\right)$

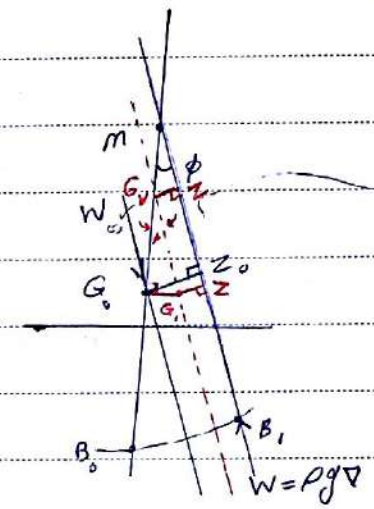


جابجایی عرضی مرکز ثقل $\left(\overline{G_0G_1} = \frac{i_r \cdot \rho_i \cdot \tan\phi}{W}\right)$

Subject

Date

از سطح را در وضعیت نمی کرد:



ولی اتفاقی که می افتد، این است که مرکز ثقل از G_0 به G_1 منتقل می شود.

در داخل کشتی به خاطر جابه جایی وزن مرکز ثقل جابه جا شده است

می توانیم در نظر بگیریم که مرکز ثقل به صورت عمودی به G_v منتقل شده است

مجازی G_v $\quad \overline{G_0G_v} = \dfrac{i_r \rho_i}{W/g}$ تقسیم بر کل کردیم تا به جرا تبدیل شود

اثبات:

$$\tan\phi = \frac{\overline{G_0G_1}}{\overline{G_0G_v}} \Rightarrow \overline{G_0G_v} = \frac{\overline{G_0G_1}}{\tan\phi}$$

(از رابطه $\sin\phi$ و $\tan\phi$ برای زاویه های کمتر از 7° درجه استفاده می شود.)

وقتی مقدار کاهش $\overline{G_2}$ را در نظر گرفتیم مقدار ثابتی $\overline{G_2}$ می شود

$$\overline{GM} = \overline{KB} + \overline{BM} - \left(\overline{KG} + \sum_{i=1}^{n} \frac{i_{r_i} \cdot \rho_i}{W/g}\right)$$

برای زوایای کم میل $\phi < 7^\circ$

در واقع به این اندازه مرکز ثقل را بالا می برد.

سطح آزاد

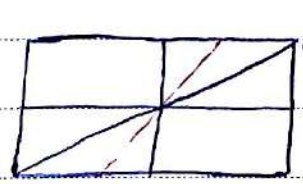
رابطه ی بالا بیان می کند که مثلاً متی اگر

← در رابطه ی بالا وزن سیال ذخیره نیست بلکه همان ابر سی سطح تانک مهم است.

بیشتر می توانیم پر کنیم.

← در تانکر ها مخازن سوخت را تا صد درصد کامل پر می کنیم (تا 97 یا 98 درصد چون گرمی و سردی باعث سرریز می شود)

برای زوایای بیشتر از زوایای بر فورد سیال به سقف و کف، سیال تابلیت جابه جایی اش کاهش می یابد (وقتی تانکر را زیاد پر می کنیم تابلیت جابه جایی آن را کم می کنیم)



Subject
Date

اثر سطح آزاد در زوایای بزرگ هیل

برای زوایای کوچک هیل: کاهش $\overline{GZ} = \dfrac{\rho \cdot i_r \cdot \sin\phi}{W/g}$

در صورتی که ارتفاع مخزن بزرگ باشد و پس از هیل سیال به کف و سقف مخزن برخورد نکند

ρ

$d \cdot \dfrac{w}{g} = \left(\dfrac{w}{g} \cdot \dfrac{i_r}{V}\right) \cdot \sin\phi$ ← عمق ، $\overline{GZ}$ ← مقدار کاهش

به کف و سقف برخورد کند ←

$d \cdot \dfrac{w}{g} = C \, i_r \cdot \rho$ $\quad C < \sin\phi$

برای زوایای بزرگ هیل (بیش از 50°) از ∫ برای زوایای هیل 10° استفاده می‌کنیم

$\overline{GZ}$ کاهش مقدار $= \dfrac{C \cdot i_r \cdot \rho}{W/g}$

مثال) شناوری به وزن $\Delta = 2000\,t$ دارای تانکی به طول $\ell = 2.5m$ و $b = 6.1m$ و $d = 1.22m$ که با آب شیرین ($\rho = 1000\,\frac{kg}{m^3}$) پر شده است.

مقدار کاهش $\overline{GZ}$ این کشتی را در زاویه هیل $\phi = 30°$ محاسبه کنید. (ناشی از اثر سطح آزاد)

$$i_r = \frac{1}{12} \ell b^3 = 1.73\,m^4$$

$$\rho = 1\,t/m^3$$

$$\frac{d}{b} = \frac{1.22}{6.1} = 0.2 \xrightarrow{\text{جدول 24}} C = 0.27$$

$$\overline{GZ} \text{ کاهش} = \delta\overline{GZ} = \frac{\rho \cdot i_r \cdot C}{W/g} = \frac{1\,t/m^3 \times 1.73 \times 0.27}{2000} = 0.023\,m$$

در زاویه‌ی $30°$ با این مقدار $\overline{GZ}$ را کاهش می‌دهد.

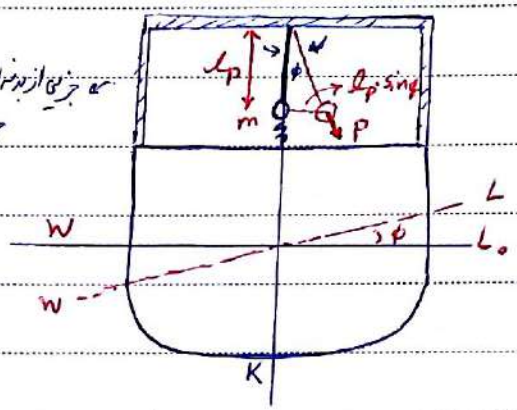
پس کاهش M_R :

$$M_R \text{ کاهش} = W \times (\overline{GZ} \text{ کاهش}) = 2000 \times 0.023 = 46\,t.m$$

Subject
Date

اثر وزنه‌ی آویزان : suspended weight

اثر وزنه‌ی آویزان تنها برای زوایای هیل کوچک بررسی می‌شود.



وزنه با طناب آویزان است

حال اگر شناور به دلیل هیل کند وزنه همچنان باید بر خط اک عمود باشد

آویزان

میان هیل دهنده‌ای توسط وزنه P به شناور وارد می‌شود که اندازه‌ی آن برابر است با

$$P = mg$$

$$M_h = P \cdot l_p \cdot \sin\phi$$

$$M_R = W \cdot \overline{GM} \cdot \sin\phi$$

اگر وزنه‌ی آویزان نبود میان برگردانده این مقادیر بود

میان هیل دهنده‌ی فوق را باید از برگردانده کم کنیم تا میان برگردانده خالص را بدست آوریم.

$$M_R \text{ خالص} = W \cdot \overline{GM} \cdot \sin\phi - P \cdot l_p \sin\phi$$

$$= W\left(\overline{GM} - l_p \cdot \frac{P}{W}\right) \cdot \sin\phi$$

هر موقع وزنه‌ی آویزان دارد، $\overline{GM}$ کاهش می‌یابد به وزن و طول آویز و وزن کل شناور بستگی دارد

$\overline{GM}_{virtual}$

از فرض اولیه هیل کوچک $\phi < 7^\circ$ استفاده کردیم

$$\overline{GM}_{virtual\ مجازی} = \overline{GM} - l_p \cdot \frac{P}{W}$$

$\overline{GM}$ جدید با احتساب اثر آویز برای زوایای هیل کوچک

تغییر $\overline{GM}$

$$\delta\overline{GM} = -l_p \frac{P}{W}$$

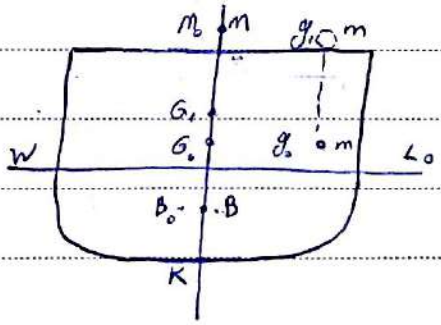
حالت وزنه‌ی آویزان شبیه حالت سطح آزاد سیال می‌باشد که در آن

کاهش $\overline{GM}$ و تبدیل آن به $\overline{GM}_{virtual}$ و در واقع کاهش $\overline{GZ}$

و تبدیل میان برگردانده به $M_R = W \cdot \overline{GM} \cdot \sin\phi$ می‌شود

جابه‌جایی عمودی بار دلیشتی وارد آن بر $\overline{GM}$

یکی از بارها را در حالت even keel در نظر گرفته‌ایم. اگر آن را به g_1 ببریم آنگونه تغییر می‌کند. ولی مرکز ثقل از G_0 به G_1 می‌رود.



Subject
Date

وقتی نه بار بداریم و نه برداریم آنچه تغییر نمی کند پس مرکز بویانسی ثابت پس $\delta \overline{KB} = 0$

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

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

(0) (0)

$$\delta\overline{GM} = -\delta\overline{KG}$$

$$P = mg \qquad P \cdot (-\delta\overline{Kg}) = W \cdot \delta\overline{KG}$$

P به اندازه $\delta\overline{Kg}$ حرکت کرده و چون رو به بالا منفی است.

$$\delta\overline{Kg} = \overline{Kg_1} - \overline{Kg_0} \Rightarrow \delta\overline{KG} = \frac{-P \cdot \delta\overline{Kg}}{W}$$

از رابطه بالا تغییر ارتفاع مرکز ثقل بار در کشتی بر $\overline{GM}$

$$\boxed{\delta\overline{GM} = -\frac{P \cdot \delta\overline{Kg}}{W}}$$

← از مقایسه با $\delta\overline{GM} = -l_p \frac{P}{W}$ نتیجه می شود:

اثر یک بار آویز فقط در نقطه ای آویزان شده دارد است (مرکز ثقل بار آویز همراه محل آویزان شدن است)

فرض کنیم

اگر $\overline{KG}$ کشتی را به صورتی محاسبه کنیم که بار آویز دارای مرکز ثقل در نقطه آویزشدن است، $\overline{KG}$ که بدست می آید مطلق بوده و دیگر نیازی به بررسی بار آویز نداریم.

(در بالا برده در کل نقطه آورده ایم)

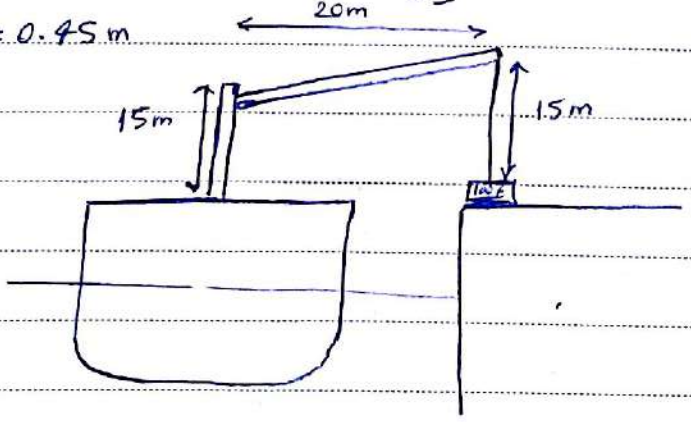
مثال) ترکیبی از عمان جیل دهنده و وزنه

کشتی به طول $LBP = 200m$ و $B = 35m$ و $T = 8.0m$ دارای وزن $\Delta = 39,200t$ (در آب شور) بالاست

وزنه آویزان $m = 100t$ می باشد (در Δ هست)

مقدار $\overline{GM}$ کشتی در حالت نشان داده شده در شکل زیر بدون احتساب وزنه آویزان 0.45 می باشد.

$\overline{GM} = 0.45m$ بدون در نظر گرفتن اثر وزنه آویزان



P4PCO

78

Subject
Date

جرثقیل کشتی حتماً در یک کشتی قرار دارد و پس از کار با کشتی می خوابد

$$\overline{GM}_{Virtual} = \overline{GM} - l_p \frac{P}{W}$$

$$= 0.45 - 15 \cdot \frac{100}{39200} = 0.41\,m$$

محاسبه ذیل

$$\overline{GZ} = \overline{GM}_{vir} \cdot \sin\phi$$

$$M_h = P \cdot y_p \cdot \cos\phi = M_R = W \cdot \overline{GM}_{vir} \cdot \sin\phi$$

$$\Rightarrow \tan\phi = \frac{P.y_p}{W.\overline{GM}_{vir}} = \frac{100 \times 9.81 \times 20}{39200 \times 0.41} = 7.09^\circ$$

حال که 7.09 شد می توانیم از فرمول استفاده کنیم ولی برای زوایای بالاتر از 7 نمی توانیم از فرمول استفاده کنیم. (مثلاً اگر 15 بود نمی توانستیم)

۶- ارزیابی تعادل — Evaluation of stability

قوانین ملی

قوانین IMO

قوانین مؤسسات رده بندی

پس از محاسبه $\overline{GM}$ و $\overline{GZ}$ از کجا باید بفهمیم که آیا کشتی ایمن است و می توان به آن اطمینان کرد؟

برای اطمینان کردن سه دسته قوانین وجود دارد. (برای این که شرکت بیمه، کشتی را بیمه کند، کشتی باید از قوانین مؤسسات رده بندی عبور کرده باشد.)

۱- کشوری که کشتی پرچم آن را حمل می کند، می تواند برای حفظ اموال، محیط زیست و منافع خود قوانینی را وضع کند که مثلاً $\overline{GM}$ چقدر باید باشد ($\overline{GM}$ مثبت خوب است ولی چقدر باید باشد)

جان آدم خود

۲- کشتی یک کالای بین المللی است پس باید یک مجموعه از قوانین که همه ی کشورها آن را قبول داشته باشند در مورد آن رعایت شود.

IMO : International Maritime Organization

سازمان بین المللی دریانوردی که از زیر مجموعه های سازمان ملل متحد است که متحداً تصمیم می گیرند که سطح ایمنی کشتی چگونه باشد (مثلاً $\overline{GM}$ و $\overline{GZ}$ چقدر باشد) (اگر این استاندارد نباشد، مثلاً یک کشور کشتی بی استاندارد واقعیت کم می سازد و بازار حمل را تصاحب می کند، با وضع قوانین بازار یکدست می شود)

Subject
Date

قوانینی که بیان می شود مربوط به یک refrence است. می توان این نقطه های مختلف دیگری را نیز بررسی کرد

در سطح بین الملل توسط رده بندی و کشورها همه از قوانین Imo پیروی می کنند (برای کشتی های بزرگ) ولی کشتی های کوچک از قوانین محلی تبعیت می کنند که قوانین ضعیف تری هستند (مثل Landing craft ، بارج ، لنج و ...)

برای کشتی های تجاری :

a. $\int_0^{30} \overline{GZ} \cdot d\phi \geq 0.055$ (m-radian) — در انتگرال از زاویه صفر تا 30 درجه

b. $\int_0^{40 \text{ or } \text{min}} \overline{GZ}\, d\phi \geq 0.09$ (m-radian)

c. $\int_{30}^{40} \overline{GZ} \cdot d\phi \geq 0.03$ (m-rad)

d. $\overline{GZ} \geq 0.2$ (m) at $\phi \geq 30^\circ$

e. $\overline{GZ}_{max} \rightarrow \phi > 30^\circ$ در کشتی های تجاری $\overline{GZ}_{max}$ باید در زاویه ای بیش از 30 درجه باشد

برای کشتی ماهیگیری $\overline{GM}_0$ کمتر است — برای کشتی تجاری $\overline{GM}_0$ کمتر است

f. $\overline{GM}_0 > 0.15$ (m) — $\overline{GM}_0 > 0.35$ (m) — fishing vessel

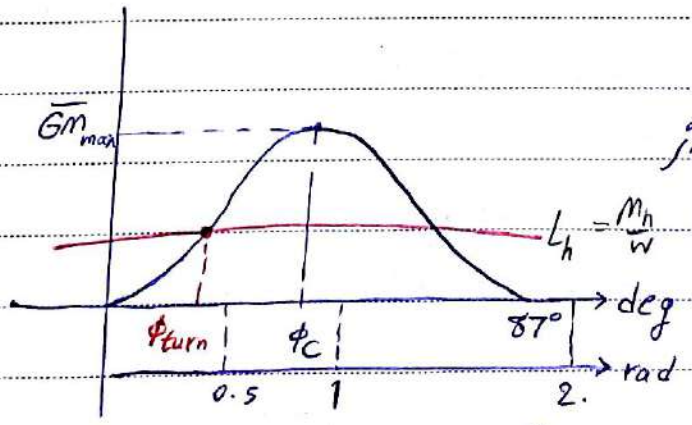
passenger ship

+ تمام قوانین بالا

توضیح صفحه بعد

$\phi < 10$ for turning Moment $M_H = 0.02 \frac{V^2}{L} \Delta \left(\overline{KG} - \frac{T}{2}\right)$

$\phi_{turn} < 10$ — همان زاویه ای که آب گرفتن



انتگرال های زیر سطح عبارتند از تقاطع دیاگرام پایداری

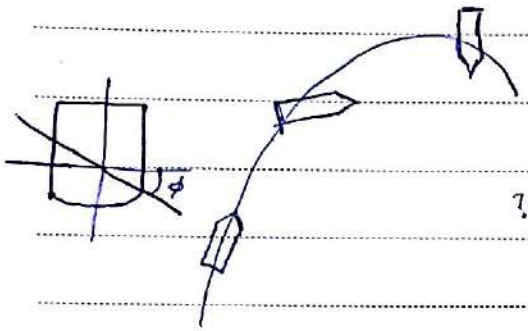
(انتگرال زیر سطح را در حالت حدود بالا آن حل کرده و آنگاه در جدول جواب نهایی به $\frac{\pi}{180}$ ضرب شود.)

$\phi_{turn} < 10^\circ$

Subject
Date

وقتی کشتی در حال چرخش است همان هیلی که به آن وارد می‌شود از خط آخر بیشتر می‌آید که اگر در منحنی GZ رسم شود ϕ باید از 10 کمتر باشد تا ایمن باشد.

بیشتر آمده نزدیک



ϕ

θ_R حداکثر زاویه سکان 35° است.

$$\begin{cases} V_s \cdot 0.1 \\ \theta_R \leq 35^\circ \end{cases}$$

۶-۲ معیارهای تعادل کشتی‌های نظامی

الف) باد و موج کناره‌ی (لبه‌زدن)

ب) بلند کردن باد در کناره‌ی کشتی

ج) جمع شدن جمعیت در یک سمت کشتی

د) دور زدن با سرعت زیاد

ه) پخ زدن سمت‌های بالایی کشتی

هر دریا آزاد شود (مثلاً اقیانوس) شدت بادی که ممکن است به کشتی اصابت کند بیشتر است.

اقیانوس‌ها:

سرعت $V_W = 100$ Kn مرکز طوفان

$V_W = 80$ Kn خارج از مرکز طوفان

حداکثر سرعت باد که کشتی باید تحمل کند و به پیش برود

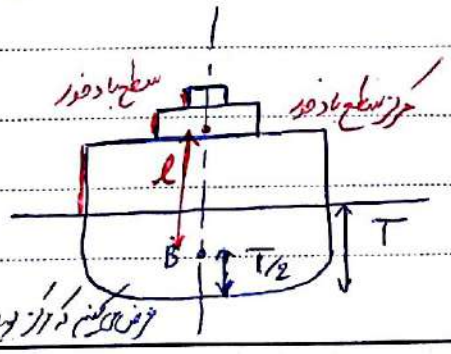
محدوده آبهای ساحلی

$V_W = 100$ مرکز طوفان

$V_W = 60$ خارج از مرکز طوفان

بندر

$V_W = 60$ KN



فرض می‌کنیم که ارتفاع دو سطح بادخور یکسان باشد.

Subject
Date

نیروی باد (فشار) $P = C_? \cdot \rho_{air} \cdot \frac{V_w^2}{2 \cdot g}$? ساید ؟

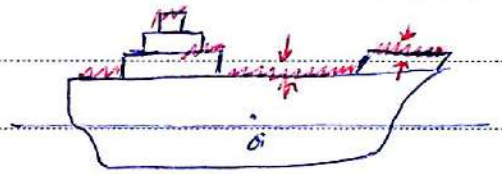
بازوی هیل دهنده $H.A = \frac{0.0195 V_w^2 \cdot A \cdot l \cdot \cos^2 \phi}{1000 \Delta}$ فرمول تجربی

Heeling Arm

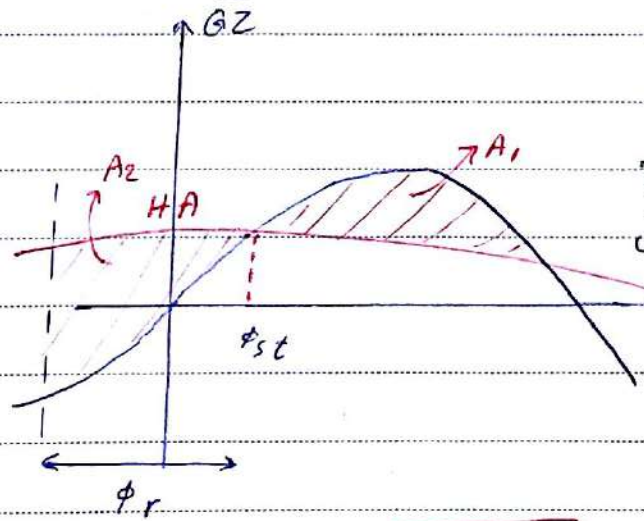
$\frac{M_h}{\Delta} = H.A$

برای همه ی حالت های ذکر شده (غیر از یخ زدن) باید HA محاسبه شود

پس از باران، روی کشتی شبنم می نشیند و قشری از یخ روی سطح را می پوشاند که جرم آن قابل توجه است و موجب کاهش قابل توجه GM می شود.



اگر شکل منحنی $GZ - \phi$ برای کشتی خطی باشد:



برای ؟

~~دامنه از مواردی بالا HA (بازوی هیل دهنده) داریم~~

ϕ_{st} را به ازای یک می یابیم. اگر 25° به عقب بیاییم (یعنی این میزان در $\phi_{st} - 25^\circ$ به کشتی اضافه کنند)،

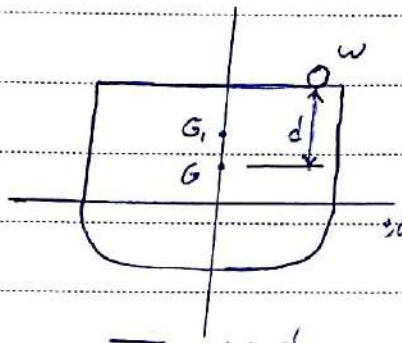
مساحت A_1 باید از 1.4 برابر A_2 بیشتر باشد

$\phi_r = 25^\circ$

$A_1 \geq 1.4 A_2$ براساس آیین نامه کشتی خطی

ب) بلند کردن بار سنگین از کناره کشتی.

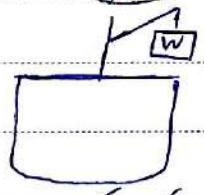
ربا بار خارجی است که به کشتی اضافه می‌شود



$$\overline{G_0G_1} = \frac{w \cdot d}{(W+w)}$$

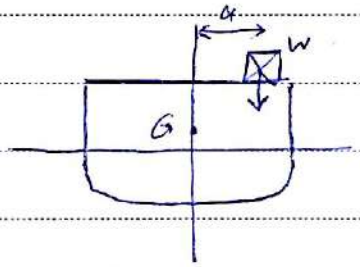
ازدی وارد شده برای حالت ایستادن بازاکنده

$$HA = \frac{w \cdot a}{W} \cdot \cos\phi$$



ج) چرخیدن جهت در کنار کشتی

$$HA = \frac{w \cdot a}{W} \cdot \cos\phi$$

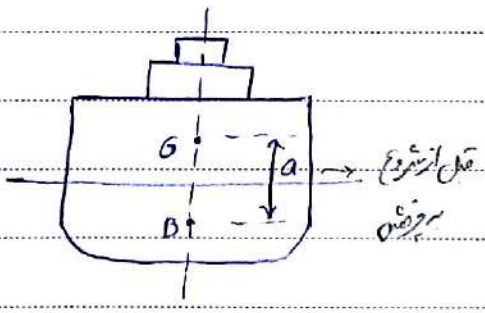


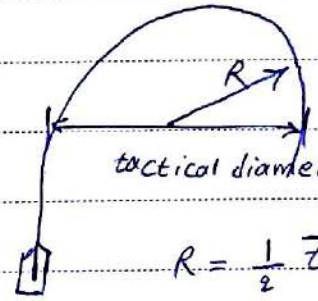
د) ورزدن با سرعت بالا

$$H.A = \frac{V^2 \cdot a}{g \cdot R} \cos\phi$$

نیروی جانب به مرکز $= \frac{W \cdot V^2}{g \cdot R}$ شعاع چرخش $R = \frac{1}{2}$ tac. dia

R شعاع چرخش (حالت دور زدن کامل)



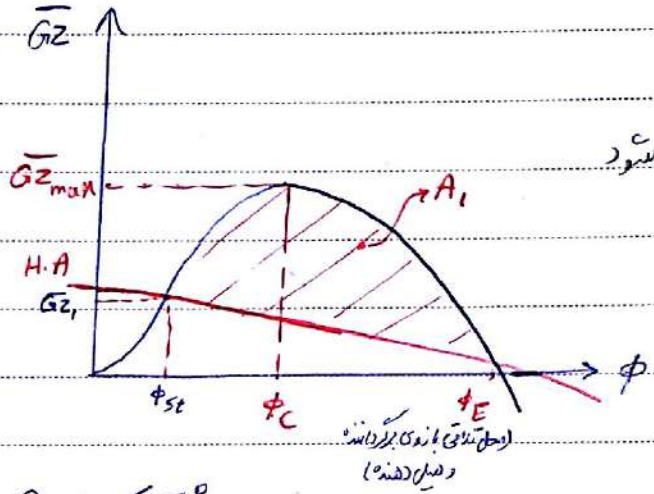


$$R = \frac{1}{2} \text{Tac. Dia}$$

Subject
Date

معیار تعادل) برای همه‌ی این HA ها، این معیار تعادل باید یک شود تا وقتی این معیار را پاس کند.

(بلند کردن وزنه
دور زدن و ...)



برای همه‌ی HA های قبلی، معیار تعادل باید یک شود و همه این معیار را پاس کنند.

بلند کردن با رسیدن این به جهت شدن جهت وزنه به ۰ و دور زدن با سرعت بالا

① $\phi_{st} < 15^\circ$

② $\bar{GZ}_1 \leq 0.6\ \bar{GZ}_{max}$

③ $0.4 \int_0^{\phi_E} \bar{GZ}\, d\phi < A_1$

بالاست در کشتی‌ها

Ballasting

permanent ballast

بالاست دائم ← کنترل مرکز ثقل عمودی ؟!! ← نتیجه‌ی طراحی اشیاء

یک چیز اضافه می‌کنیم تا مرکز ثقل را تغییر دهیم

بالاست موقت ← اغراض آنچور
- کنترل مانور کشتی
- کنترل قابلیت دریانوردی در موج
- کنترل مرکز ثقل
- کنترل مرکز ثقل طولی (تریم)

آب داخل کشتی وارد و تخلیه کنیم

- کنترل مرکز ثقل عمودی

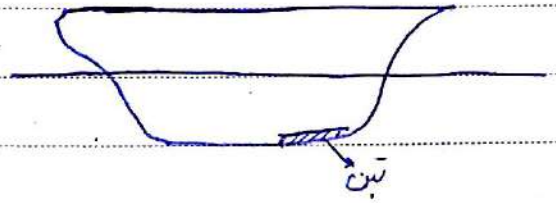
معیارهای عرضی تعادل باید برای کشتی پاس شوند. پس طراحی باید به گونه‌ای انجام شود که این معیارها را پاس کند، اگر نکند کشتی ایمن نیست.

عوامل اساسی

~~هر کشتی که در سالم تعادل ندارد اگر مرکز ثقل کل را پایین بیاوریم تعادل پیدا می‌کند.~~ ← ادامه صفحه بعد

Subject
Date

پس اگر کشتی به صورت نادرست طراحی شود یعنی تعادل عرضی نداشته باشد، باید مثلاً یک وزنه‌ی دائم مثل بتن در کف کشتی قرار داده شود.



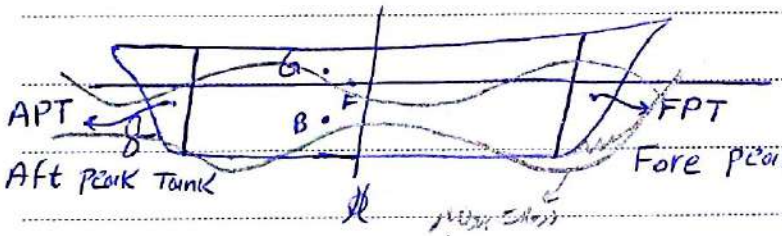
بالاست موقت یعنی آب ریختن درون کشتی.

کشتی ها بسته به نوع و مأموریتشان نیاز به ballasting دارند.

عمدتاً اکثر کشتی ها این دو تانک را دارند:

بالاست

عمدتاً اکثر کشتی ها دو تانک FPT و APT را دارای باشند.

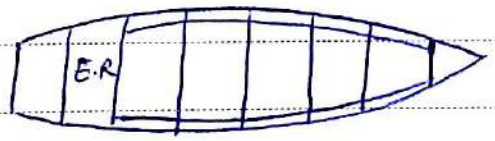


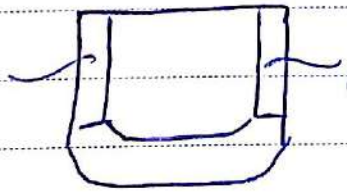
آرایش ارباب‌گیری کشتی ترجیحاً داشت، بهترین حالت یعنی صفر کردن تریم یا بیشتر کردن (کمتر ناپسند برای عملکرد بهتر پروانه)

استفاده از این مخازن بالاست است

FPT و APT

از تانک کناری نیز برای ballasting استفاده می‌شود

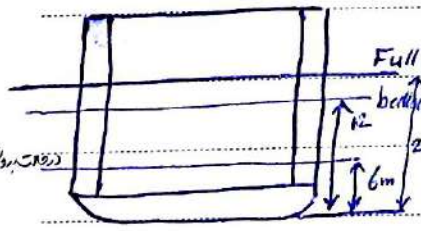




حجم مخزن بالاست = 60٪ DWT

کشتی های نفتکش (LNG)

این کشتی ها (نفتکش) که در مسیر برگشت خالی هستند ممکن است دچار سه مشکل شوند: (کاهش خط آب)



۱- عدم حرکت بر روی خط راست کشتی که سبک باشد و خط آب کم داشته باشد نمی‌تواند خط راست حرکت کند پس نیاز به بالاست داریم.

۲- عدم (ربانوردی) در موج مناسب دریاهایی که کشتی سبک باشد و خط آب کم است کشتی دیناهیک بیشتری دارد و در موج تعیین می‌تواند از آب خارج شود.

۳- موقعیت عمودی مرکز ثقل

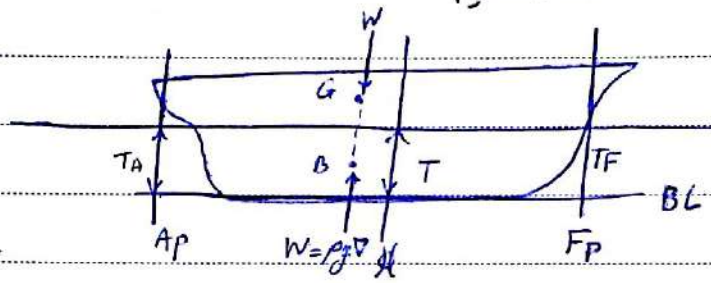
Subject
Date

۷- تریم Trim

شرط لازم برای این که تریم داشته باشیم:
$\overline{BL}$
زمانی که خط آب موازی با ~~[illegible]~~ باشد

شناور تریم ندارد.

حالت بدون تریم



برای این که کشتی چه در حالت بارگیری یا بی تریم

ثابت بماند: ۱- وزن جابجایی برابر

۲- مرکز ثقل و جابجایی (تقریباً) زیر هم باشند در آن صورت

کشتی ثابت می ماند.

$T = T_F = T_A$ حالت بدون تریم

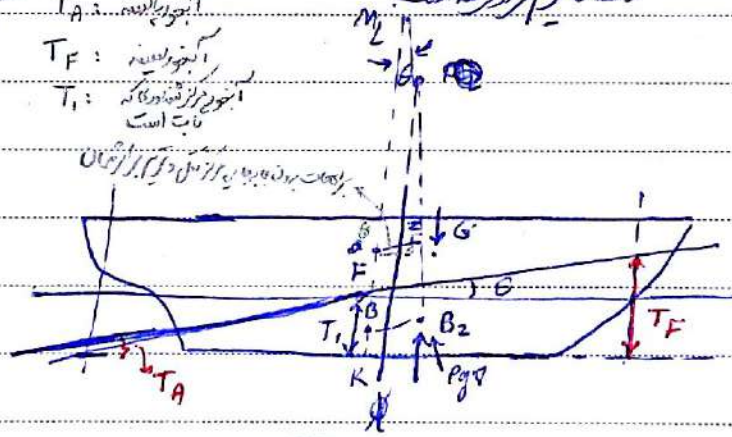
چه حالت با تریم و چه بدون تریم اگر $LCG = LCB$ شناور در حالت تعادل در راستای تریم قرار گرفته است

شناور در حالت بی تریم

T_A: آبخور پاشنه

T_F: آبخور پاشنه

T_1: آبخور در شناوری که ثابت است



اگر شناور تریم کند، (شناور جابجایی حول مرکز ثقل)

آن تریم را تریم دیفرانسیل یا دیفرانسیل خط آب

حول مرکز شناوری حرکت می کند (معمولاً کمتر است)

(تریم 2° آب را به عرشه می رساند)

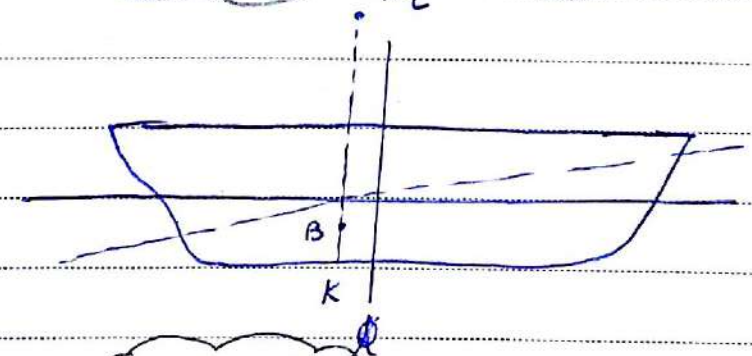
$3 \div$

تریم را به دو صورت طول و درجه می توان بیان کرد:

θ تریم (deg)

$T_A - T_F = t(m)$ فرورفتگی

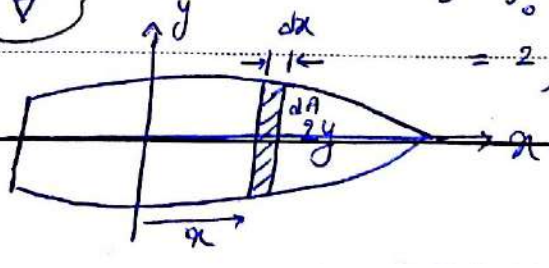
$\tan\theta = \frac{T_A - T_F}{L}$ $\tan\theta = \frac{T_F - T_A}{L}$



$\overline{BM}_L = \frac{I_L}{\nabla}$ نسبت به $\overline{BM}_t$ خیلی بزرگتر است

$I_L = \int_0^L x^2 \cdot (2y \cdot dx)$

$= 2\int_0^L x^3 \cdot dy$

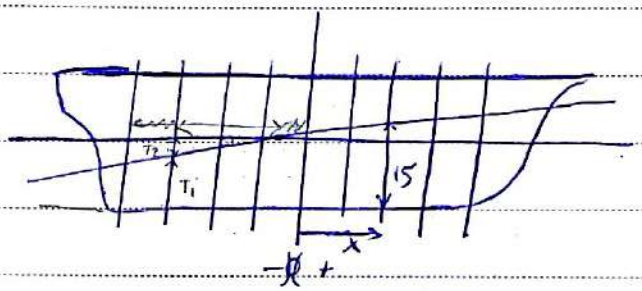


Subject
Date

~~بررسی پایداری کشتی~~

وقتی شناور تریم می‌کند، خط آب حول مرکز شناوری و مرکز پیاپی حول محل مناسب دوران می‌کند. تریم همیشه کوچک است پس همیشه اعتبار دارد. (بر خلاف هیل که برای زوایای کم و زیاد متفاوت بود.)

← راه پیدا کردن LCB برای کشتی هیل کرده:



LCB?

$\int A dx = \nabla$

$LCB = \frac{\int A x\, dx}{\int A dx}$

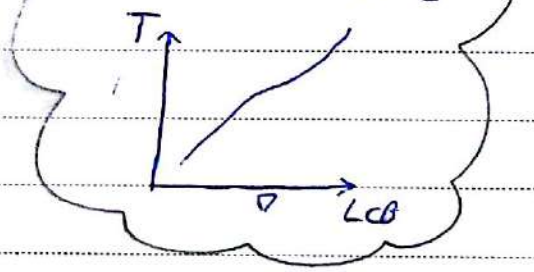
A از منحنی پونتان

(1) روش مثلث برای سطح زیر منحنی

$T_1 = T - (\frac{1}{3}h - LCF)\tan\theta$

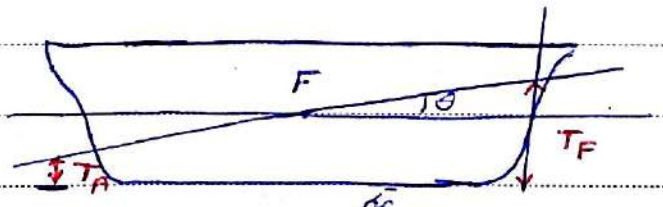
T_2 را در جدول پونتان پیدا کرده و با T_1 مقایسه کنیم.

در حالت بدون تریم می‌توان از منحنی هیدرواستاتیک استفاده کرد. ولی در حالت تریم دار این روش دقیقاً غلط است



* میلان لازم برای ۱ سانتی متر تریم چه مقدار است؟

۱cm میلان لازم برای: MTCM $\left(\frac{t-m}{cm}\right)$



$T_F - T_A = t = 1cm$

اگر شناوری ۱cm تریم داشته باشد، زاویه تریم برابر

$\tan\theta = \frac{T_F - T_A}{L} = \frac{1cm}{L}$

Subject

Date

$$M_t = W \cdot \overline{GZ} = W \cdot \overline{GM_L} \cdot \sin\theta = W \cdot \overline{GM_L} \tan\theta$$

گشتاور لازم برای تریم یک سانتی‌متر: $M_t = \Delta \cdot \overline{GM_L} \cdot \frac{1cm}{L}$

زوایای بسیار کوچک $\sin$ و $\tan$ با هم برابرند و هر دو با اندازه‌ی زاویه برحسب رادیان برابرند. $\tan$ حتی در زاویه‌ی بالا با اندازه رادیان برابر است.

$$\sin\theta = \tan\theta = \frac{t}{L} = \frac{1cm}{L} \ (rad)$$

$$MTCm = \frac{\Delta \cdot \overline{GM_L}}{100 \cdot L} \xrightarrow{\simeq \overline{BM_L}} \ (t\text{-}m/cm)$$

$MTCm$ یک خاصیت هیدرواستاتیکی است و فقط در کتاب‌ها داده می‌شود.

$$\frac{M_t}{MTCm} = t\,(cm)$$

از تقسیم گشتاور لازم برای تریم یک سانتی‌متر $MTCm$ تریم برحسب cm بدست می‌آید.

$$\overline{GM_L} \cong \overline{BM_L}$$

این که $\overline{GM_L} \simeq \overline{BM_L}$ مثال برای اثبات آن

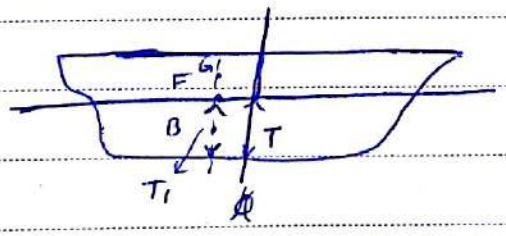
$C_B = 0.7$ ، $L = 200$ ، $B = 40$ ، $T = 10$ ، $\overline{KG} = 11\ m$ ، $\overline{KB} = 6.5\ m$

ضریب کشتی مربع مستطیل است بین ۰.۸ و ۱ تصحیح استفاده می‌شود

$$\overline{BM_L} = \frac{C \cdot \frac{1}{12} BL^3}{\nabla} = 380.9$$

$$\overline{GM_L} = \overline{KB} + \overline{BM_L} - \overline{KG} = 6.5 + 381 - 11 = 375.5$$

$$\overline{BM_L} = 380.9$$



T_1 : آبخور در F

T : آبخور در $\frac{L}{2}$

مسئله: آبخور یک کشتی تریم دار در دو انتهای F مشخص می‌شود. (کشتی تریم دار آبخور میانی برابر آبخور در F دارد)

← پس می‌توان با احتیاط از نمودار $T_{-\nabla}$ با استفاده از این T استفاده کرد.

(منحنی هیدرواستاتیک)

$$T_F = T_1 + \tan\theta\,(L - \overline{LCF})$$

آبخور در F

آبخور در $\frac{L}{2}$

اگر تریم بسمت پاشنه باشد منفی می‌شود

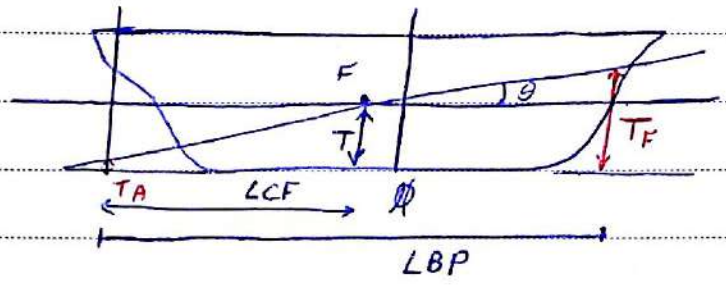
که بسمت پاشنه جابجا شده است

$$T_A = T_1 + \tan\theta\,(-\overline{LCF})$$

اگر تریم بسمت پاشنه باشد منفی می‌شود

Subject
Date

برای کشتی تیر که می‌توان KB، LCB و حتی $\overline{BM}_L$ را از طریق منحنی هیدرستاتیک محاسبه کرد ولی LCB را به هیچ عنوان نمی‌توان از منحنی درآورد.



مثال) دیفرنس برای ناقن آبخور لبه و پاشنه و تریم جابجایی (عرضی) و LCG وجود دارد.

$LBP = 161$

$\Delta = 19000\,t$

$T_i = 8.32\,m$

$(-\not\Phi+)\ LCG = -3.66\,m$

$(-\not\Phi+)\ LCB = -2.42\,m$

$(-\not\Phi+)\ LCF = -5.78\,m$

$MTCM = 214\ t\text{-}m/cm$

روش اول شامل جابجایی و دیگر روش‌های مشابه است که در آن تریم یا اختلاف آبخور اولیه یا نهایی مورد نیاز است.

روش دوم براساس منحنی برجبان بوده و زمانی که تریم آن قدر زیاد است که نیروی اولیه یا نهایی قابل استفاده نمی‌باشد.

روش اول: قدم اول: آبخور در دو حالت LCF یا Even Keel از طریق منحنی یا جدول بدست می‌آید.

قدم دوم: در این آبخور، LCB و LCF و MTCm از طریق منحنی یا جدول بدست می‌آید.

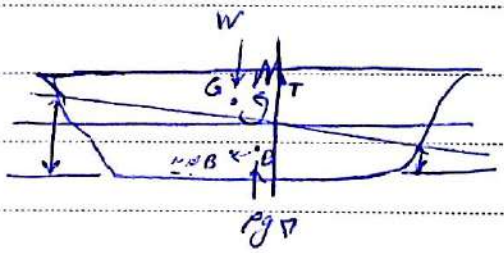
قدم سوم: با استفاده از LCB و LCF و MTCm و T_F یا T_A برای آبخور T خوانده شده از طریق جابجایی یا پاشنه کشتی را محاسبه کنید.

مقدار آبخور لبه و پاشنه کشتی را محاسبه کنید.

وزن ← آبخور (تقریبی در LCF) ← از طریق منحنی هیدرستاتیک ← LCF ، LCB

$$M_T = \Delta(LCG - LCB) = [-3.66 - (-2.42)] \times 19,000\,t$$

$$M_T = -23,560\ (t\text{-}m)$$



$$t = \frac{M_T}{MTCm} = \frac{-23560}{214} = -110$$

ناوتری $\tan\theta = \frac{t}{L} = \frac{-110 \times 0.01}{161.0} = -0.0068$

$$T_A = T_+ (-LCF) \cdot \tan\theta$$

$$= 8.32 - \left(\frac{161}{2} - 5.73\right) \cdot (-0.0068)$$

$$= 8.32 + 0.51 = 8.83$$

Subject
Date

$T_F = T_A - t = 8.83 - 1.10 = 7.73$

$t = T_A - T_F$

برای اطمینان از سلامت ها:
اگر تریم به سمت جلو است باید آبخور جلو از عقب بیشتر باشد
و اگر تریم به سمت عقب است باید آبخور عقب از جلو بیشتر باشد (برای تریم به سمت عقب این حالت)
معمولاً کشتی ها یا تریم ندارند یا تریم به سمت عقب دارند
تریم به سمت عقب Trim by Aft
تریم به سمت جلو Trim by fore

وقت میشود که کشتی در زمان بارگیری عمداً تریم به سمت جلو دارد چون بارها به صورت تک تک روی کشتی قرار داده میشوند

۷-۱ (تریم زیاد) (دقیق) (بخواهیم دقیق در تریم زیاد محاسبه را انجام دهیم)

۱- به روش اول مقدار تریم را پیدا می کنیم

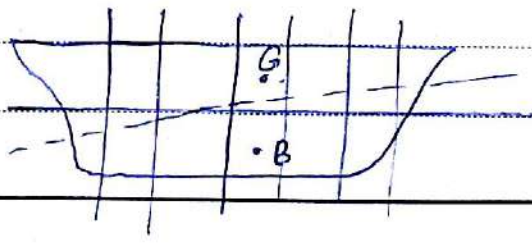
۲- تریم محاسبه شده اولیه را روی پرینت تریم و مقدار آبخور مقاطع را پیدا می کنیم.

۳- LCB و LCF را به کمک مساحت مقاطع (پونتان) محاسبه می کنیم
MTCM مرحله اول را برای تغییر تریم کم زیاد

۴- مقدار همان تریم (دیده) $M_T = (LCG - LCB)\Delta$ محاسبه و مقدار تریم جدید محاسبه می شود

۵- در خط آب جدید تریم دار با استفاده از منحنی پونتان، LCB و LCF محاسبه می شود و کنترل می گردد که آیا LCG = LCB شده است.

همیشه برای اطمینان از دقیق بودن تریم از منحنی پونتان استفاده می کنیم



زمانی تریم متوقف می شود که LCB و LCG برابر شوند (کشتی دیگر تریم باقی نمی ماند)

Subject
Date

خط آب تریم دار در مقاطع مختلف، مساحت های مقاطع بدست می آید و درنهایت با داشتن این خط آب می توانند مرکز بویانسی را محاسبه کرد. اگر B جدید زیر G نبود از طریق فرمول GM_T را محاسبه می کنیم (شناوری حالت خنثی به آرامش نرسیده) و از طریق آن تریم جدید را محاسبه کرده و B را می یابیم. اگر زیر G نبود به تلاش ادامه می دهیم.

شناوری دارای اکستریسته $T_F = 11.48\,m$ (اولیه) و اکستریسته $T_A = 12.26$ (اولیه) می باشد. این شناور در آب شیرین از حالت قائم دارای $T'_F = 11.9\,m$ و $T'_A = 12.1\,m$ می شود.

انبار شماره 5 با موقعیت $l_5 = 30\,m$ از AP و انبار شماره 2، $l_2 = 100\,m$ می باشد (می خواهیم بارگیری کنیم).

از منحنی های هیدرواستاتیک مقادیر زیر برای کشتی مورد نظر استخراج شده است:

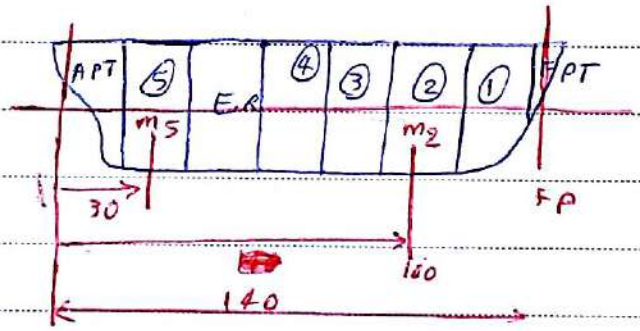
$MTC_m = 120\ \frac{t-m}{cm}$

$TPC_m = 32\ t/cm$

$LCF = 64\,m$

$LBP = 140\,m$

$m_2, m_5 = ?$



سوال اول: تریم اولیه کشتی چقدر است؟

تریم اولیه $\tan\theta = \frac{T_F - T_A}{L} = \frac{12.26 - 11.48}{140} = \frac{0.78}{140}$

تریم از T_F است

$T = T_A - LCF \cdot \tan\theta$

$= 12.26 - 64 \times \frac{0.78}{140} = 11.903\,m$

شناور تریم دار بوده و با بارگذاری تریم پایین تر رفته است و تریم آن تغییر کرده است.

تریم پایانی $\tan\theta' = \frac{T'_A - T'_F}{L} = \frac{12.1 - 11.9}{140} = \frac{0.2}{140} = 1.428 \times 10^{-3}$

$T' = T'_A - \tan\theta' \cdot LCF = 12.1 - \frac{0.2}{140} \times 64 = 12.009\,m$

از طریق محاسبه تغییر آبخور F

چقدر آبخور خالص پایین رفته (کاری به تریم آن نداریم)

$\Delta T = T' - T = 12.009 - 11.903 = 0.106\,m$

واسطه ای $\Delta T \cdot TPC_m$ = بارگیری ، بارگیری که باید صورت گیرد

برای بارگذاری کشتی پایین می رود

PAPCO

$\text{بارگیری} = \frac{\Delta T \cdot TPC_m}{(cm)} = \frac{10.6 \times 32}{} = 339.2\,t = \Delta$

پس آبخور خالص (آبخور زیر LCF) او اینچی می یابد

$\Delta = m_1 + m_2 = 339.2\,t \Rightarrow \boxed{m_5 = 339.2 - m_2}$

Subject
Date

شناور تریم داربوده است و با بارگذاری هم پایین تر رفته است و هم تریمش تغییر کرده است.

دیتا تریم

$\delta t = 78 - 20 = 58\,cm$

$M_T = MTcm.(\delta t)$

چقدر گشتاور نیاز است تا تریم این قدر تغییر کند

$M_T = 120 \times 58 = 6960$

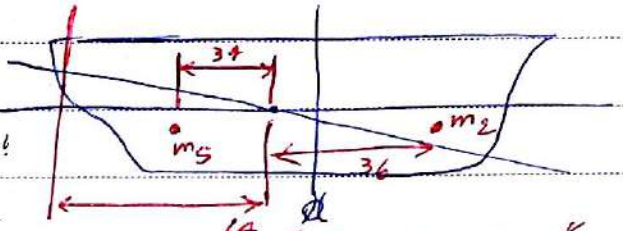
(بار وزن تریم را از وسط کشتی (تریم صفر) برداشته)

$-120 \times 58 = 34 \times (339.2 - m_2) - 36 \times m_2$

(بار وزن تریم صفر را به آن اضافه کرده)

$\Rightarrow m_2 = 264.92\,t$

$\Rightarrow m_s = 75t$

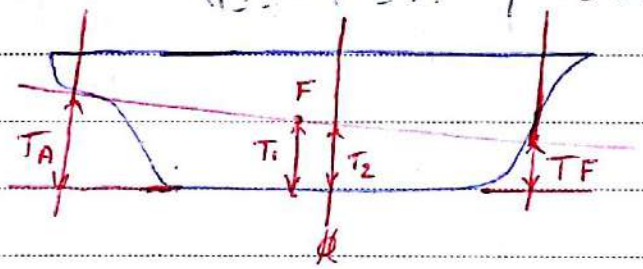


شناور با این بارگذاری دیفت تریم می کند.

۲-۷ تعیین جابجایی مرکز ثقل با دانستن مقدار آبخور میانه و پاشنه

(برعکس حالت قبل که از میزان جابجایی مرکز ثقل می‌خواستیم مقدار آبخور میانه و پاشنه را بدهیم)

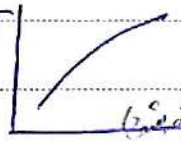
آبخور میانه و پاشنه مشخص است.



T_1 را داریم.

1- $T_2 = \frac{T_F + T_A}{2}$ (amidship آبخور در)

2- T_2 ← لیدر راست ← Δ_{T_2} می خوانیم (با T_2 وارد منحنی هیدروستاتیک می شویم)



حالت کلی این است که T_1 از T_2 بزرگتر باشد

3- $\Delta_{T_1} = \Delta_{T_2} + 100 \times TPCm.(T_1 - T_2)$

(T_1: جابجایی (Δ) در آبخور T_1 — T_2: جابجایی (Δ) در آبخور T_2)

فرمول اعمالی در فرمول صفحه بعد است

در این حالت اگر $T_2 < T_1$ شناور بیشتر فرو می رود

و اگر $T_1 < T_2$ شناور به بالا می آید

با T_1 داشته باشیم:

اختلاف T_2 و T_1 $= \frac{t}{L} \cdot d$ ← LCF

T_2 از T_1 کمتر است پس عقب کشتی از مقدار واقعی داشتن می دهد

درحالت تریم پاشنه

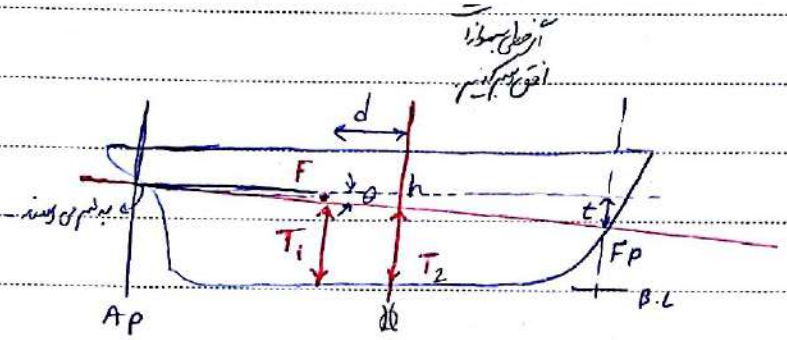
PaPCO

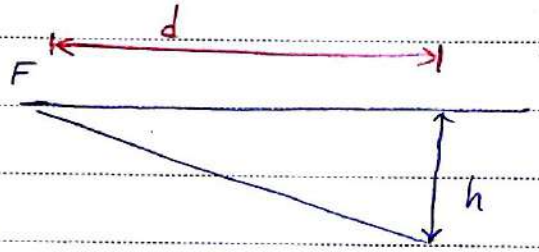
با دانستن $TPCm_t$ از فرمول صفحه بعد استفاده می کنیم

کالیزین

آکتر ماتو برای روش قبل

برای یافتن اختلاف واقعی (T_1)





از تشابه

$$\frac{h}{d} = \frac{t}{L} \rightarrow h = \frac{t}{L} \cdot d$$

(t: اختلاف)

$$t = T_A - T_F$$

$$T_1 - T_2 = h = \frac{t}{L} \cdot d \rightarrow LCF$$

$$t = 1cm \rightarrow \delta\Delta = \frac{d}{L} \cdot TPCm = TPCm_t$$

افزایش یا کاهش برابر است با ۱ سانتی‌متر تریم در جداول هیدرواستاتیک

$$\Delta_{T_1} = \Delta_{T_2} + t \times TPCm_t$$

معادل هستند

$t = \frac{d}{L} \times 1cm$

یا این که T_1 را می‌یابیم

$$T_1 = T_2 + LCF \tan\theta$$

برای تریم بیشتر مثبت و برای تریم کمتر منفی شود و Δ_{T_1} را می‌یابیم

و از طریق آن وارد منحنی شده و T_1 را می‌یابیم

۷-۳ تعیین مرکز ثقل (LCG) با دانستن T_1 و تریم (θ) (روش مختصر)

۱- با T_1 مقادیر LCB، MTCm و LCF و ∇ از منحنی هیدرواستاتیک استخراج می‌کنیم

۲- مقادیر T_A و T_F به لگ LCF و θ و T_1 محاسبه می‌شوند و از طریق آن دو تریم t محاسبه می‌شود

($t = L \tan\theta$ یا از طریق)

۳- موقعیت LCG بر اساس تریم به صورت زیر محاسبه می‌کنیم:

m_t همان تریم دهنده

$$\overrightarrow{MT} = MTCm \cdot t$$

$$LCG = LCB + \frac{M_T}{\Delta}$$

$$t \times MTCm = m_T = \Delta(LCG - LCB)$$

Subject
Date

مثال) کشتی دارای $LBP = 161m$ و $T_F = 7.45$ ، $T_A = 8.38m$ است از صفحی هیدرواستاتیک متناظر زیر برای کشتی مذکور استخراج شده است:

اگر بین T دو ردیف صفحی شیوم این مقادیر را محاسبه می‌کنیم

LCG
- $T_1 = 7.92 \longrightarrow \Delta = 17960\ t$, $LCF = -5.3\ m$
- $T_2 = 7.95 \longrightarrow \Delta = 18042\ t$, $LCB = -2.26\ m\ (-\not{}+)$, $MTCm = 207\ t\text{-}m/cm$

$TPCm_t = 0.886\ t/cm\ trim$

مقدار Δ و LCG را بیابید.

روش اول

$$T_2 = \frac{T_F + T_A}{2} = 7.92\ m$$

$$t = T_A - T_F = 0.93\ m$$

at $T_2 = 7.92$ $\quad \Delta_{T_2} = 17960$

$$\Delta_{T_1} = \Delta_{T_2} + t \times TPCm_t = 17960 + 93 \times 0.886$$

$$= 18.042\ t$$

روش دوم

$$\tan\theta = \frac{0.93}{161} = \frac{t}{L} = 0.0058\ m$$

$T_2 = 7.92$ $\quad T_1 = T_2 + LCF \cdot \tan\theta = 7.92 + 5.3 \times 0.0058$

$$= 7.95\ m$$

T_1 (ورد صفحی هیدرواستاتیک) $\longrightarrow \Delta_{T_1} = 18042\ t$

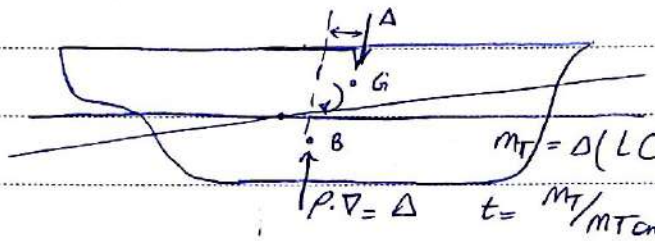
T_1 (هیدرواستاتیک) $\longrightarrow \Delta = 18042\ t$, $LCB = -2.26$, $MTCm = 207\ t\text{-}m/cm$

$$M_T = \Delta(LCG - LCB) = t \times MTCm = 93 \times 207 = 19251\ t\text{-}m$$

$$LCG = -3.31\ m\ (-\not{}+)$$

Subject
Date

در حالت بدون تریم اگر B دقیقاً پایین G نباشد،

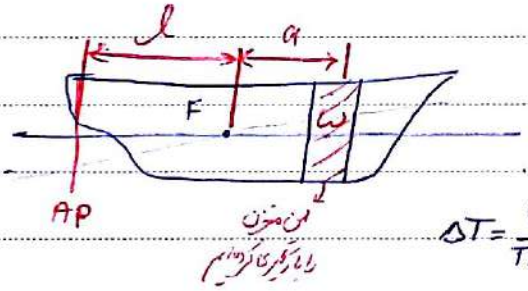


۴-۷ - تعیین آبخور پس از بارگیری جدید

، بارگیری جدید هم موجب افزایش آبخور F شده بسته به دوری و یا نزدیکی نسبت به F موجب کشیدگی و تریم (اختلاف) نسبت به F و ایجاد تریم می‌شود.

بحث آبخور بحث چپه شدن کشتی نیست بلکه می‌خواهیم وضعیت پایین شناور را بررسی کنیم.

الف) مقدار تغییر آبخور وقتی تریم کم است.



- w بارگیری شده است و فاصله‌ی a از F دارد.

- فرض w را در F بارگیری شده است $\Delta T = \frac{w}{TPcm}$

- انتقال w از F به محل بارگیری با فاصله a $m_T = a \cdot w$

- مقدار تریم $t = \frac{a \cdot w}{MTcm} = (cm)$

(این بار صورتی که تریم به سمت پاشنه است LCF پاشنه است و صورتی که تریم به سمت سینه است LCF سینه است و $\tan\theta$ این بار)

- در صورتی که تریم به سمت جلو باشد

$$\begin{cases} T_{FA} = \frac{l}{L} \cdot t + \Delta T + T_0 \\ T_{AF} = +\frac{(L-l)}{L} \cdot t + \Delta T + T_0 \end{cases}$$

(در صورتی که تریم به سمت پاشنه باشد منفی می‌شود)

ب) مقدار تریم و آبخور یاد است.

$$\begin{cases} T_A = (T_0 + \Delta T) - LCF \tan\theta \\ T_F = (T_0 + \Delta T) + (L - LCF) \tan\theta \end{cases}$$

۱- به روش اول محاسبه T و t انجام می‌گردد

۲- خط آب جدید ترسیم و به کمک منحنی هیدرواستاتیک کنترل می‌گردد که آیا $\Delta = \Delta_{\text{هیدرواستاتیک}}$ و $LCB = LCG$؟

۳- در غیر این صورت حرکت مناسب انجام می‌گردد. (از حرکت کم کنیم و ...)

آگر چند بارگیری داشتیم، w را برابر مجموع آن‌ها و فاصله‌ی a را برابر ... بدست می‌آوریم.

سپس با آنالیز تیر حول F، M_T را می‌یابیم و ...

Subject
Date

مثال) (تریم و بارگیری)

$L = 161\,m$

بارگیری $W = 300\,t$ at $a = +6.1$ $(- \not{\phi} +)$

$T_o = 7.92$ ← هیدرواستاتیک
$TPCm = 26.5\ t/cm$
$LCF = -5.3\,m\ (- \not{\phi} +)$
$MTCm = 207\ \frac{t-m}{cm}$

آنچه جدیدا پیدا کنید.

$$\Delta T = \frac{300}{TPCm} = 11.32\,cm$$

(F,j) $a = 61 + 5.3 = 66.3$

$$M_T = 300 \times 66.3 = 19890\ t-m$$

$$t = \frac{M_T}{MTCm} = 0.96\,m$$

$$T_A = T_o + \Delta T - l \times \tan\theta$$

$$T_F = T_o + \Delta T + (LBP - a)\ t$$

$$T_A = 7.92 + 0.1132 - \frac{75.2}{161} \times 0.96 = 7.5832$$

$$= 7.92 + 0.1132 + \frac{161 - 75.2}{161} \times 0.96 = 8.5432$$

تمرین 7

کشتی در اختیار (سری 60) در آبخور طراحی دارای تریم $\theta = 1.5\ deg$ می گردد مطلوب است تعیین محل (نقش) LCG به کمک منحنی هیدرواستاتیک

زمان تحویل: روز امتحان

Subject
Date

۸ـ تست کج کردن کشتی The Inclining Test

چرا تست کج کردن

ـ اندازه‌گیری وزن جابه‌جایی کشتی ساخت دقیق نیست

ـ معمولاً اشتباهات و عدم دقت‌ها در جهت وزن بیشتر و مرکز ثقل بالاتر می‌باشد.

ـ اجباری بودن آن‌ها بدلیل کنوانسیون SOLAS

ـ موارد دیگر تست کج کردن تعیین می‌گردد:

۱ـ W

۲ـ LCG

۳ـ $\overline{KG}$ ← مهم‌ترین

تست کج کردن با خواندن T_F و T_A تا عمق T_2 و از طریق T_A و T_F کجا به جایی است W را بدست می‌آوریم

ـ نحوه تعیین LCG ۱ـ قرائت T_F و T_A از روی علامت آخور

$$T_2 = \frac{T_F + T_A}{2} \xrightarrow{\text{عمق دیدراستاتیک}} \nabla_0 \;,\; \nabla_1 = \nabla_0 + 100 TPcm \times (T_1 - T_2)$$

$$\nabla_1 \xrightarrow[\text{دیدراستاتیک}]{\text{عمق}} T_1 \longrightarrow LCB \;,\; MTCm \longrightarrow M_T = MTCm\,(T_F - T_A)$$

$$LCG = LCB + \frac{M_T}{\nabla} \qquad M_T = MTCm \times t = (LCG - LCB)\nabla_1$$

← این روابط Δ برای ∇ هم صادق است.

KG ؟ (یافتن)

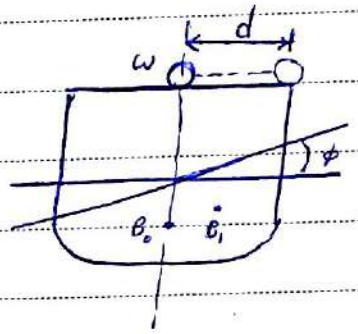
Subject

Date

روشهای کوچک کردن میل

$$\overline{GZ} = \overline{GM} \cdot \sin\phi$$

$$W \cdot \overline{GZ} = M_R$$



اگر یک شناور در مقدار مشخصی بار را به اندازه مشخصی جابجا کنیم، همان میل ایجاد شده منجر به زاویه میل ϕ می‌شود

در زاویه میل کوچک

$$M_h = M_R$$

$$M_h = w \cdot d \cdot \cos\phi$$

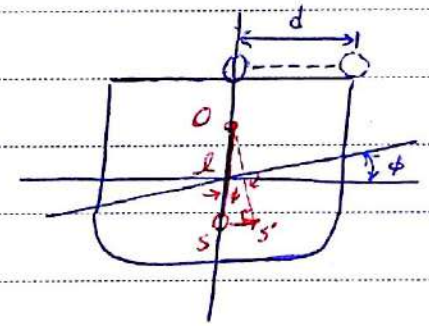
$$M_R = W \cdot \overline{GM} \cdot \sin\phi$$

در این روش به دقت زیاد نیاز است

$$M_h = M_R \Rightarrow \overline{GM} = \frac{w \cdot d}{W \cdot \tan\phi}$$

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

نحوه انجام تست کج کردن



یک یا دو دل آویز از سقف می‌کنیم که در ته هم آزاد باشد.

با جابجا کردن وزنه، کشتی و یا دو دل هم میل می‌کنند.

ϕ در حد یک درجه است (یا حداکثر تا حدود یک درجه یا اندکی بیشتر)

$l \geq 6m$

$$\tan\phi = \phi(rad) = \frac{SS'}{l}$$

$$\overline{GM} = \frac{w \cdot d}{W \cdot \tan\phi}$$

پس از طریق $\overline{GM}$، $\overline{KG}$ بدست می‌آید ($\overline{KG}$ واقعی)

در فرم چیقال این $\overline{KG}$ درج می‌شود.

این روش با وجود سادگی بسیار دقیق است.

Subject
Date

مثال) برای تست و اندازه‌گیری $\overline{KG}$ تست کج کردن به شرح زیر انجام شده است.

آخرین کشش T در پایین آمده است که براساس منحنی هیدرواستاتیک استخراج شده است:

$T = 6.42\,m \xrightarrow{\text{هیدرواستاتیک}} \Delta = 13,000\,t$

$\overline{KM} = 10.5\,m$ ($\overline{KB}$ و $\overline{BM}$ در تست کج کردن با توجه به منحنی هیدرواستاتیک می‌توانیم)

در صورتی که وزنه‌ای در داخل کشتی به وزن 8ton که در $\overline{Kg} = 12m$ قرار گرفته است، به اندازه‌ی $d = 16m$ به صورت عرضی جابجا کنیم، آن‌گاه شناور به اندازه‌ی $\phi = 1^\circ$ خیل می‌کند. مطلوب است $\overline{KG}$ شناور

$$\overline{KG} = \overline{KB} + \overline{BM} - \overline{GM} = 9.936\,m$$

$$\overline{GM} = \frac{w.d}{W.\tan\phi} = \frac{8 \times 16}{13,000 \times \tan 1^\circ} = 0.564\,m$$

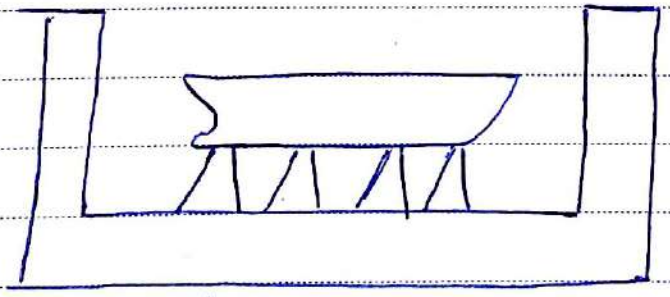
۹- تعادل به هنگام بر زمین نشستن

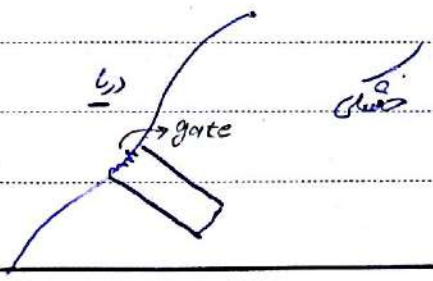
stability when Grounded

۹-۱- Dry docking

۹-۲- به گل نشستن

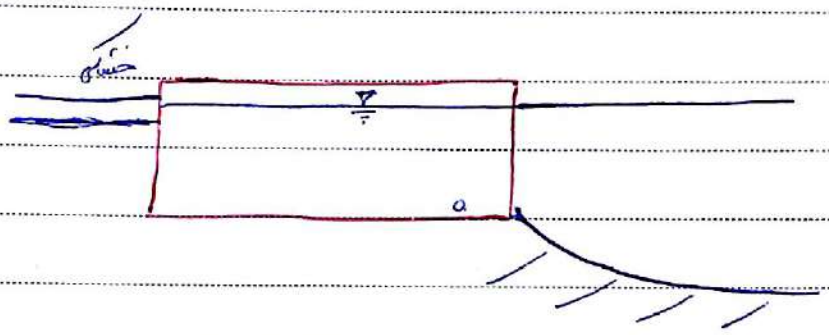
یکی از مطمئن‌ترین روش‌های به آب انداختن dry dock است





Subject
Date

خط اک در یا dry dock در وضعیت اتصال با هم برابرند.



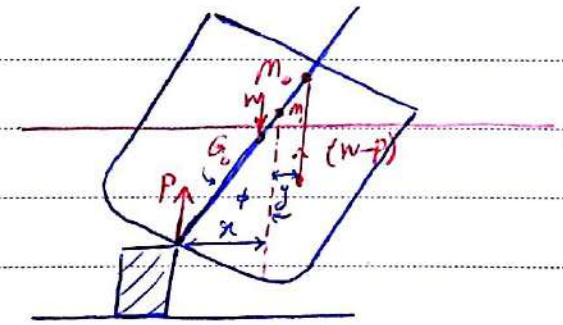
گفته می‌شود که وزن شناور و نیروی بالابر با هم برابر شدند، شناور شناور می‌شود.

الزاماً شناور افقی نمی‌نشیند بلکه می‌تواند کج بنشیند مثلاً ابتدا پاشنه روی بلاک‌ها بنشیند و بعد کشتی بنشیند.

کشتی‌ها در طول عمر خود معمولاً هر ۵ سال داک می‌شوند برای تعمیرات اساسی

کاسع $\overline{KM}$ هر کوچک

در حالت عادی کشتی بادبیزدی Keel block می‌نشیند.



G_0 و M_0 وضعیت مرکز ثقل و متاسنتر قبل از برخورد Keel block.

اگر جای M_0 را با M_1 که $W-P$ و P نسبت به آن متقارن باشند و گشتاور این دو نسبت به این نقطه برابر باشند در واقع مانند این است که وزن در اینجا وارد اعمال می‌شود.

(حتی داریم که دو نیروی مختلف در دو مکان به آن اعمال می‌شود نقطه‌ای می‌خواهیم که نیروی وارده به آن برابر جمع دو نیرو و جمع گشتاور این دو نیرو نسبت به آن صفر باشد)

$$(W-P)\,y = P \cdot x$$

$$x = \overline{KM_1} \cdot \sin\phi$$

$$y = \overline{M_0M_1} \sin\phi$$

$$(W-P)\,\overline{M_0M_1} \cdot \sin\phi = P \cdot \overline{KM_1} \cdot \sin\phi$$

$$\Rightarrow W \cdot \overline{M_0M_1} = P(\overline{KM_1} + \overline{M_0M_1}) \Rightarrow \boxed{\overline{M_0M_1} = \frac{P \cdot \overline{KM_0}}{W}}$$

P4PCO

بنابراین کمتری در طراحی کشتی محاسبه می‌شود.

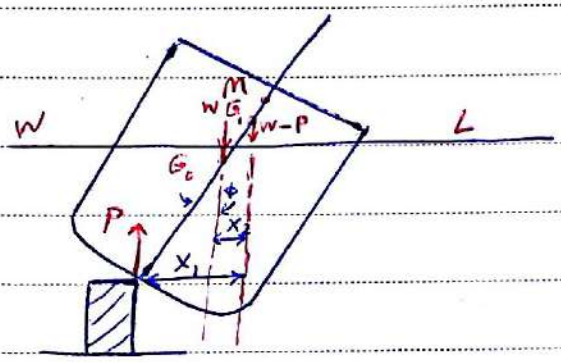
$\overline{GM} = \overline{KB} + \overline{BM} - \overline{KG}$

$\overline{GM} = \overline{KM} - \overline{KG}$

Subject

Date

ϕ زیاد



ابتدا می خواهیم مقدار و محل جدید را بیابیم.
در این حالت نیروی کمکی در جای متفاوتی وارد می شود.

$$W \cdot X_2 = P \cdot X_1$$

$$X_1 = \overline{KG_1} \cdot \sin\phi$$

$$X_2 = \overline{G_0G_1} \cdot \sin\phi$$

$$W \cdot \overline{G_0G_1} \cdot \sin\phi = P_0 \overline{KG_1} \cdot \sin\phi$$

$$= P(\overline{KG_0} + \overline{G_0G_1}) \sin\phi$$

$$\overline{G_0G_1} = \frac{P \cdot \overline{KG_0}}{W-P}$$

$$\overline{GM} = \overline{KM} - (\overline{KG} + \overline{G_0G_1})$$

$$\overline{G_1M} = \overline{KM} - \left[\frac{(W-P+P)\overline{KG}}{W-P}\right]$$

$$\Rightarrow \boxed{\overline{G_1M} = \overline{KM} - \frac{W \cdot \overline{KG}}{W-P}}$$

وقتی شناور کاری روی KB می نشیند آنرا در مرکز ثقل بالاتری رود. این اندازه کمی بالا
رفتن به مقداری می گوییم که به KB وارد می کند بستگی دارد.
می دانیم که با بالا رفتن مرکز ثقل در تعادل مشکل جدی ایجاد می کند
در واقع هنگام کاشتن، مرکز ثقل بالاتر رفته و از G_0 به G_1 تبدیل می شود

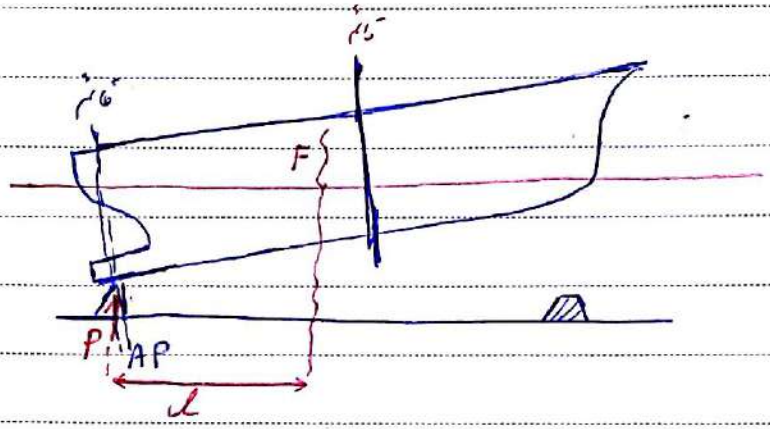
اگر شناور در حالت تریم نشیند نیروی P بین بلاک ها توزیع شده و مشکلی پیش نمی آید
در حالت تریم اگر وقتی بلاک می شود، تمام بار بر بلاک می شود و نیروی بلاک صفر است حال داکد اضافی می نشیند
و حداکثر P زمانی است که سینه (جلوترین بخش) می خواهد روی بلاک بنشیند
این P اگر منجر به $\overline{G_1M}$ منفی شود کشتی چپ می کند.

شرح بیشتر

در هنگام داکد کردن شناور در حالت اولیه $\overline{KM}$ و P اضطراری را ($P_{اضطراری} = W - \Delta_{آب}$) وارد کرده و $\overline{G_1M}$ اضطراری را بدست می آوریم. اگر این مقدار منفی شد یعنی شناور چپ می شود.

Subject

Date



$$M_T = P \times l$$

$$t \times MTcm = M_R$$

$\Rightarrow t = \dfrac{P \cdot l}{MTcm}$

M_T یا توان (وان) گشتاور ناشی از وزنه‌ای که برداشته شده است.

$$P_{max} = \frac{t \times MTcm}{l}$$

P_{max}: ازدیاد وزنی که هر وزنه‌ای که شناور در کشنانه نشستن روی بلاک جلوی است

AP: LCF یا

مرکز ثقل سطح آبخور؟

در این لحظه (P_{max}) ، $\overline{GM}$ حداقل است و اگر $\overline{GM}$ منفی شود کشتی چپه می‌شود. پس از نشستن اولین بلاک جلوی P شروع به کاهش می‌کند. اگر از این مرحله گذشتیم دیگر کشتی چپه نمی‌شود.

مثال) مشخصات کشتی به شرح زیر است:

$T = 5$

$\overline{KG_0} = 11 \text{ m}$

T(m)	Δ(t)	$\overline{KM}$ (m)
5.0	17052	14.08
4.5	15250	15.06
4.0	13440	16.31
3.5	11653	18.04
3.0	9883	20.36
2.5	8125	23.83
2.0	6397	28.87

~~این شناور از لحظه AP بر کل بلاک جلو نشست~~ آیا وزنه‌ای که در آن $\overline{GM}$ شناور منفی می‌شود را بدانید.

(در حالتی که یکجا می‌نشیند بدون تریم)

Subject
Date

وقتی کشتی ایستاده مانند این است که در این نقطه وارد جرم می‌کنیم و مرکز ثقل بالاتر می‌رود.

به اندازه کم شدن ۱ تن جابجایی (کاهش برآیندی) نیروی مرکز ثقل بالاتر می‌رود.

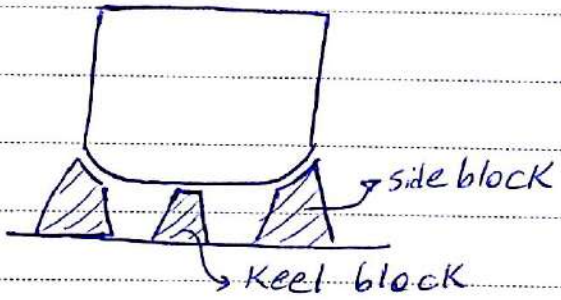
می‌خواهیم وضعیت $\overline{GM}$ را نسبت به خط مبنا بدست آوریم.

$T(m)$	$\Delta(t)$	$P = 17052 - \Delta$	$\overline{G_0G_1} = \frac{P \cdot KG}{W-P}$	KM	$\overline{G_1M} = \overline{KM} - \frac{W \cdot KG}{W-P}$ (m)
5	17052	0	0	14.08	3.08
4.5	15250	1812	1.31	15.06	2.75
4	13440	3612	2.96	16.31	2.32
3.5	11653	5399	5.10	18.04	1.94
3	9883	7169	7.98	20.36	1.38
2.5	8125	8927	12.09	23.83	0.74
2	6377	10655	18.33	28.87	-0.46

→ در خط‌های دوم به dry dock

در اکثر موارد $\overline{GM} < 2$ متر شد پس قطعاً با این وضعیت کشتی چپ می‌شود، پس باید از side block استفاده کنیم (راه دیگری نیست)

همین طور که روی KB حرکت می‌کند برآیندی کم می‌شود.



صفحه‌های هیدرواستاتیک براساس فرضیه‌ی زیر نوشته شده است.

فرضیه شناور + وزن جرم مرکز ثقل ← تعادل را به ما می‌دهد

تعادل را به صورت طولی و عرضی بررسی می‌کنیم

تعادل عرضی ← کشتی می‌تواند چپ بشود پس کامل بررسی می‌کنیم

تعادل طولی ← کشتی چپ نمی‌شود ولی می‌خواهیم اکثر را بدانیم

مثال: کشتی با طول 154.99 در آب با 5 متر دارای شکل مقطع طولی زیر می باشد

LCB = ?

Station	سطح مقطع (m^2)	ضریب سیمپسون	حاصلضرب	بازوی لنگر نسبت به K (بدون بعد)	حاصلضرب
-0.07	0	0.0175	0	5.07	0
-0.035	3.0	0.07	0.21	5.035	1.1
0	4.2	0.2675	1.12	5.0	5.6
1/2	72.7	1.00	12.70	4.5	57.2
1	22.6	0.50	11.30	4.0	45.2
1 1/2	35.1	1.00	35.10	3.5	122.9
2	50.6	0.75	37.95	3.0	113.9
3	83.3	2.0	166.60	2.0	333.2
4	106.1	1.0	106.10	1.0	106.1
5	113.7	2.0	227.40	0	0
6	107.6	1.0	107.60	-1.0	-107.6
7	81.4	2.0	162.80	-2.0	-325.6
8	44.0	0.7813	34.38	-3.0	-103.1
8 1/2	29.1	0.8438	24.30	-3.5	-85.1
9	17.4	0.8438	14.68	-4.0	-58.7
9 1/2	5.3	0.3138	1.66	-4.5	-7.5
9.565	3.3	0.13	0.43	-4.57	-2.0
9.63	0	0.0325	0	-4.63	0

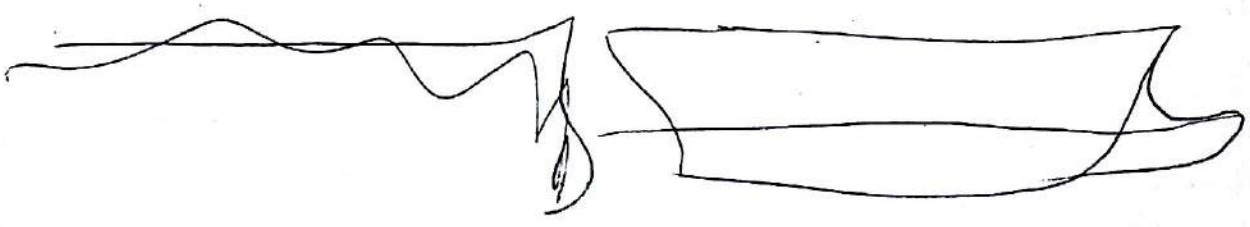
$\Sigma_1 = 944.33$ $\Sigma_2 = 95.6$

قاشقی اول سیمپسون

قاشقی دوم سیمپسون

قاشقی سوم سیمپسون

قاشقی اول



نیم هزینه سمول 1.035 $= \frac{1}{2} \times 4 \times (0.035) = 0.07$

$\frac{0.035}{2}$

نیم خیب سمول 0 $= 0.25 + \frac{0.07}{4} = 0.2675$

شدت خیب سمیسون ۱

خیب سمیسون ۴

$\frac{3}{8} \times \frac{13}{1}$

$\text{Lt. } 8 = \frac{1}{2}\left(1.0 + \frac{9}{8} \times \frac{1}{2}\right) = 0.7813$

$\nabla = \sum_1 \times \frac{2}{3} \times S = 944.33 \times \frac{2}{3} \times 15.499 = 9757\ m^3$

$\text{Displacement } \Delta = 1.025 \times 9757 = 10{,}000 \text{ S.W.}$

$LCB = \frac{\sum_2}{\sum_1} \times S = \frac{95.6}{944.33} \times 15.499 = 1.57\ m$ Forward of ⊗

چون علامت آن مثبت است.

$S = \frac{154.99}{10} = 15.499$

برای LBP است. مشاهده می شود که مساحت مقطع 9.63 برابر صرافت پس مساحت مقطع 10(FP) نیز صرافت پس در حالت صفحه آبخور کمتر از Draft مساحت ما را داریم. پس باید این L را در 0.7 تقسیم کرد.

مثال:

شناوری با مشخصات زیر دارای تریم در حوض ضد قرار دارد

$T_F = 6.10\,m$, $T_A = 6.70\,m$

$\overline{KM_0} = 7.8$

$\overline{KG_0} = 6.8$

$MTC_{cm} = 155\ t\text{-}m/cm$

$TPC = 22\ t/cm$

$LCF = 80\,m$ AP عقب‌تر از

$L = 780\,m$

$\Delta = 11000\,t$

مطلوب است:

الف) GM در لحظه عزیمت

ب) حداکثر گشتاور وارده از زاویه 1° تا پایداری

ج) آخور سنجی و پایداری در لحظه عزیمت

$t = T_A - T_F = 60\,cm$

$$P = \frac{t \times MTC_{cm}}{\ell} = \frac{60 \times 155}{80} = 116.3\ t$$

$$\overline{G_0G_1} = \frac{P \times \overline{KG_0}}{W-P} = \frac{116.3 \times 6.80}{11000-116.3} = 0.0727\,m$$

$$M_0M_1 = \frac{P \times \overline{KM_0}}{W} = 0.0761$$

① $\overline{G_0M_0} = \overline{KM_0} - \overline{KG_0} = 7.8 - 6.8 = 0.4$

$\overline{G_1M_0} = \overline{G_0M_0} - \overline{G_0G_1} = 0.3273$

گشتاور برگرداننده $= (W-P) \times G_1M_0 \times \sin\theta^1$

$= 62.169\ t\text{-}m$

② $\overline{G_0M_0} = 0.4$

$G_0M_1 = \overline{G_0M_0} - \overline{M_1M_0} = 0.3239$

گشتاور برگرداننده $= W \times G_0M_1 \sin\theta = 62.181\ t\text{-}m$

تقریباً با هم برابرند.

ج)

مقدار فشرگی آخور $= \frac{P}{TPC_{cm}} = \frac{116.3}{22} = 5.3\,cm$ بالا آمدن

ترکیم پاشنه عمیق $= \frac{\ell}{L} \times t = \frac{80}{180} \times 60 = 26.7\,cm$

ترکیم سینه کوبه $= 60 - 26.7 = 33.3\,cm$

آخور سنجی پایانی $T_F' = T_F + \text{بالا آمدن} + \text{ترکیم سینه} = 6.10 - 0.053 + 0.333 = 6.38$

T_A' T_A " + ترکیم پاشنه $= 6.70 - 0.053 - 0.267 = 6.380$