هشتمین همایش صنایع دریایی
۹ لغایت ۱۱ آبانماه ۱۳۸۵
استان بوشهر

طراحی پایه شناور فولادی جایگزین لنج

محمود خانی سانیج، حمید زراعتگر و حسین قربانی راد

۱-مقدمه

ساخت لنج چوبی بر اساس تصمیم سازمان بنادر در راستای حفظ محیط زیست و ایمنی تعطیل گردید. وام کم بهره توسط سازمان بنادر با عنوان معروف "وجوه اداره شده" در اختیار سفارش دهندگان شناور فولادی جایگزین لنج قرار گرفت. ساده ترین و در دسترس ترین شناور فولادی، لندینگ‌کرافت ۱۰۰۰ تنی بوده است. در این راستا دهها فروند لندینگ‌کرافت سفارش داده شده، بعضا در حال حمل و نقل و عمدتا در حال ساخت میباشند.

فرق اساسی لندینگکرافت با لنج عبارتست از،

- قیمت در حدود ۱/۴ میلیارد تومانی در مقابل قیمت ۲۵۰ میلیون تومانی لنج
- ظرفیت باربری حدود ۴ برابر لندینگکرافت

این دو مسئله منجر به حذف تعداد قابل توجهی از صاحبان لنج از بازار حمل ونقل گردید. از طرف دیگر دوره انتظار برای تکمیل بار لندینگکرافت را افزایش داده و یا بارگیری کمتر از ظرفیت را سبب شده است.

به نظر نگارندگان دلیل اقتصادی بودن حمل و نقل با لنج ظرفیت بهینه آن و قیمت تمام شده آن بوده است. بنابراین تنها شناور فلزی که از نظر باربری در حد و اندازه لنج بوده و از نظر قیمت تمام شده نیز در حدود قیمت لنج باشد، جایگزین مناسب لنج میباشد.

طرح حاضر بر مبنای منطق بالا و همچنین سادگی ساخت تهیه شده است. در اینجا کلیاتی از طراحی پایه یک شناور جایگزین لنج را ارائه مینماییم.

۲- خواسته های اصلی طرح

جدول شماره ۱ خواسته های اصلی طرح را نشان میدهد.

جدول شماره(۱): خواسته های اصلی طرح

ردیف	عنوان	مقدار
۱	نوع شناور	بار بر عمومی
۲	وزن مرده	۲۵۰ تن
۳	سرعت	۱۲ گره دریایی
۴	جنس بدنه	فولاد دریایی
۵	فرم بدنه	حداقل پیچیدگی
۶	طول مسیر دریانوردی	مایل دریایی

بر اساس منطق ساخت ساده و ارزان قیمت، بدنه ای با مقاطع شکسته (Hard Chine) برای این شناور در نظر گرفته شده است. وزن مرده ۲۵۰ تن لنجهای چوبی باری مرسوم در خلیج فارس میباشد.

۳- محاسبه ابعاد اصلی

برای تعیین ابعاد اصلی، از اطلاعات مربوط به یک شناور نمونه استفاده شده و ابعاد اصلی شناور تحت طراحی با روش زیر استخراج شده است [۱]:

۳-۱ محاسبه جابجایی (Δ) کل مورد نیاز برای شناور تحت طراحی

با توجه به این که وزن مرده مورد نظر برای شناور تحت طراحی ۲۵۰ تن بوده و ضریب جابجایی برای شناورهای باربری کوچک حدود ۰/۷ است، جابجایی بصورت زیر محاسبه می شود:

$$C_d = \frac{DWT}{\Delta} \qquad (1)$$

C_d: ضریب جابجایی کشتی

DWT: وزن مرده شناور

Δ: جابجایی وزنی شناور

$$\Delta = \frac{DWT}{C_d} = \frac{250}{0/7} = 357/14 \ ton$$

۳-۲ محاسبه ابعاد اصلی

بطور کلی ابعاد و هندسه بدنه این شناور بر اساس یک شناور موجود محاسبه گردیده است. مقادیر ابعاد اصلی بشرح زیر میباشد.

$$\Delta_p = 357/14 \ (ton)$$
$$LBP_p = 24/42 \ (m)$$
$$LOA_p = 26/64 \ (m)$$
$$B_p = 8 \ (m)$$
$$T_p = 3/33 \ (m)$$
$$CB_p = 0/53$$

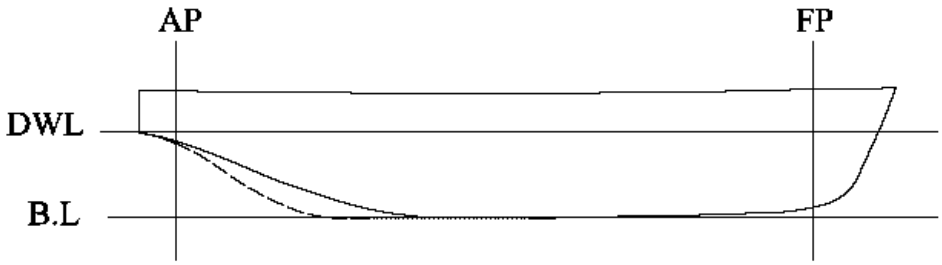
برای محاسبه فریبورد، با استفاده از قانون فریبورد و در نهایت با توجه به حجم مورد نیاز انبار این مقدار اصلاح گردیده است، مقدار نهایی فریبورد برابر ۱ متر در نظر گرفته شده است. بنابراین مقدار ارتفاع شناور بشرح زیر است.

$$H = 4/33 \ (m)$$

۴- خطوط بدنه

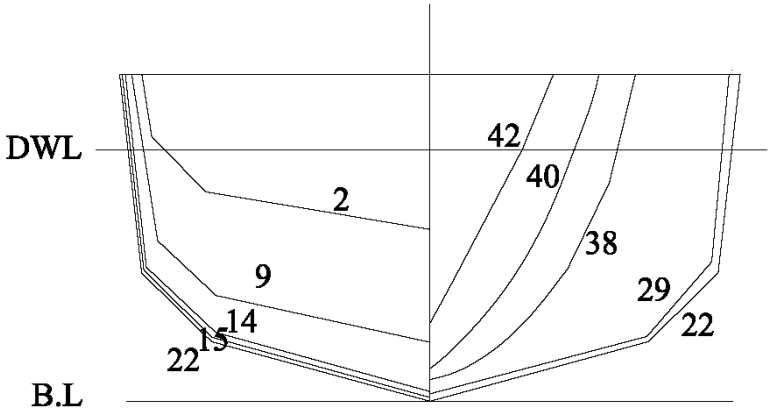
در این تحقیق ابتدا برای تعیین ابعاد اصلی و فرم بدنه اولیه از روش ساده ظریف استفاده شده و در نهایت برای اصلاح فرم بدنه از روش تغییر مقطع موازی میانی استفاده شده است. علت استفاده از روش تغییر مقطع موازی میانی این است که بدون تغییر در ابعاد و تنها با افزایش ضریب ظرافت بدنه و طول مقطع موازی میانی، حجم مفید بارگیری افزایش و همچنین فضای مناسبتری برای موتورخانه در عقب شناور به

وجود می آید، در ضمن از این روش تنها برای افزایش طول مقطع موازی میـانی در نیمـه عقبـی اسـتفاده شده است. شکل(۱)، نمای جانبی شناور قبل و بعد از جابجایی مقاطع را نشان می دهد.

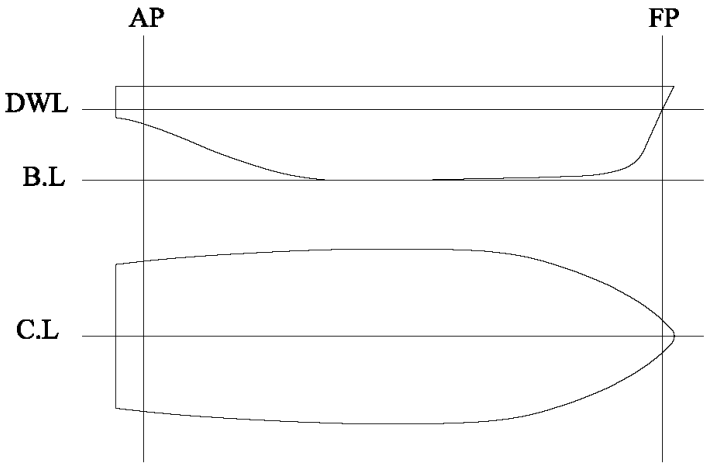


شکل (۱): نمای جانبی شناور قبل(خط ممتد) و بعد از جابجایی مقاطع(خط چین)

اکنون با استفاده از مقاطع موجود از شناور در اختیار، خطوط بدنه شناور تحـت طراحـی بدسـت مـی آیـد. شکل (۲)، نمای مقاطع و شکل (۳)، نمای جانبی و عرشه شناور در اختیار را نشان می دهد [۳].



شکل (۲): نمای مقاطع شناور در اختیار (Body Plan)



شکل (۳): نمای جانبی و عرشه شناور در اختیار

با توجه به این که فرم بدنه موجود دارای شکستگی است و اکثر مقاطع از خطوط صاف تشکیل شده اند، کافی است در ابتدا خطوط صافی (fair) از محل شکستگی ها (در جهات y و z) عبور داده و سپس با قطع دادن این خطوط با مقاطع طولی در فواصل معین، موقعیت نقاط شکستگی در هر مقطع را بدست آوریم. بدین ترتیب تمامی مقاطع شناور طراحی گردید.

۵-جانمایی عمومی و جانمایی ماشین آلات

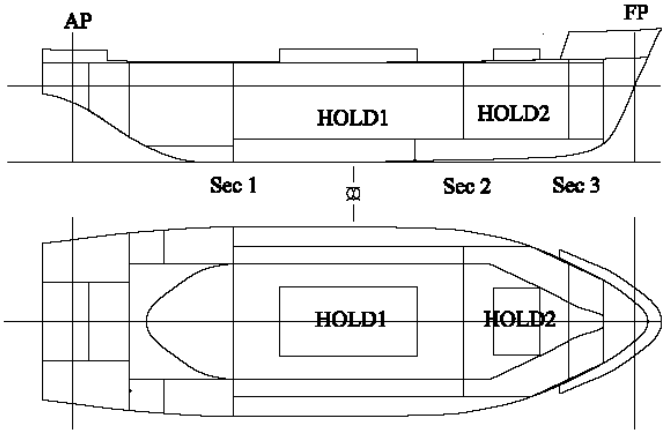
جانمایی عمومی در واقع به معنای اختصاص فضای کافی و دسترسی مناسب برای بار و تجهیزات و ماشین آلات است بگونه ای که پرسنل بتوانند عملیات مربوط به کشتی را انجام دهند.

۵-۱ ارتفاع کف دو جداره

برای ارتفاع کف، از آیین نامه BV استفاده شده که بر این اساس حداقل ارتفاع کف ۰/۷ محاسبه گردید. برای سهولت بارگیری، ساخت و همچنین فضای کافی برای سوخت، روغن وغیره در نهایت مقدار ارتفاع کف در ناحیه موتورخانه ۰/۷ متر و در بقیه نواحی ۱ متر در نظر گرفته شده است [۴].

۵-۲ جانمایی فضای مورد نیاز برای بار

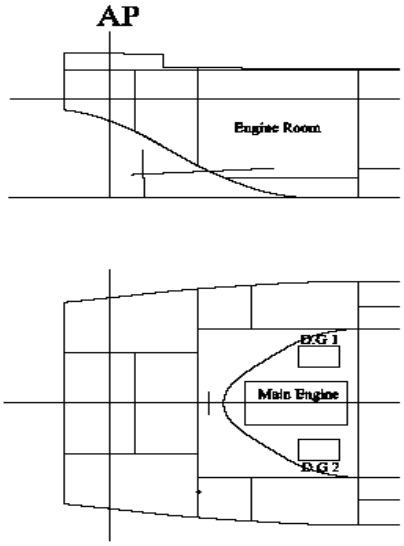
با توجه به اینکه شناور یک باربر عمومی است، انبار به دو قسمت انبار عقبی برای بارگیری با بارهای با چگالی بیشتر و انبار جلویی برای بارگیری با بارهای با چگالی کمتر تقسیم می شود. در نتیجه حجم و وزن بیشتری از بار در انبار عقبی قرار گرفته در نتیجه ممان تریم دهنده کاهش می یابد. همچنین مقداری از بار روی عرشه با استفاده از کانتینر حمل می گردد. شکل (۴)، جانمایی انبارها را نشان می دهد.



شکل (۴): جانمایی انبارها

۳-۵ فضای مورد نیاز برای موتورخانه

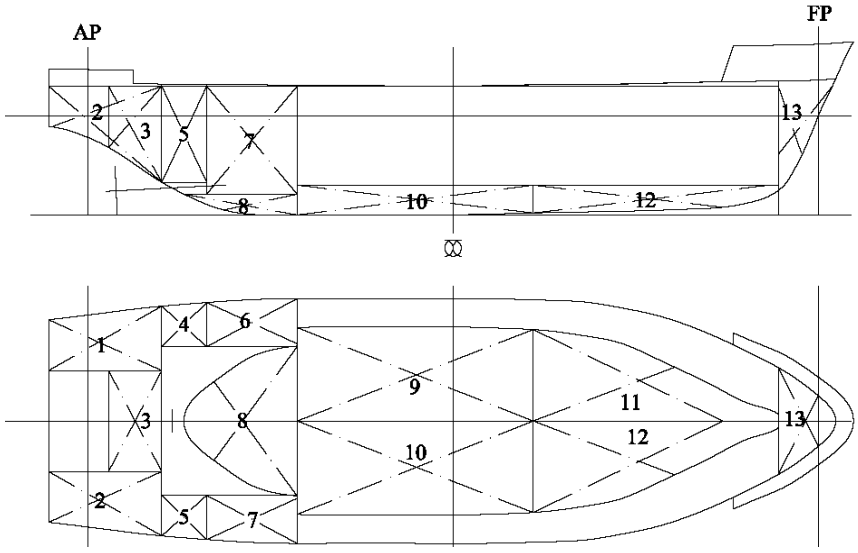
برای فضای موتورخانه، از طرح موتورخانه شناور در اختیار استفاده کرده و با توجه به جابجایی مقاطع عقبی، این فضا را به سمت عقب منتقل کرده و فضای تقریبی موتورخانه مشخص گردیده است. جانمایی تقریبی موتور اصلی و دیزل ژنراتور ها در شَکل (۵) نشان داده شده است.



شکل(۵):جانمایی تقریبی موتور اصلی و دیزل ژنراتور ها

۴-۴ جانمایی مخازن

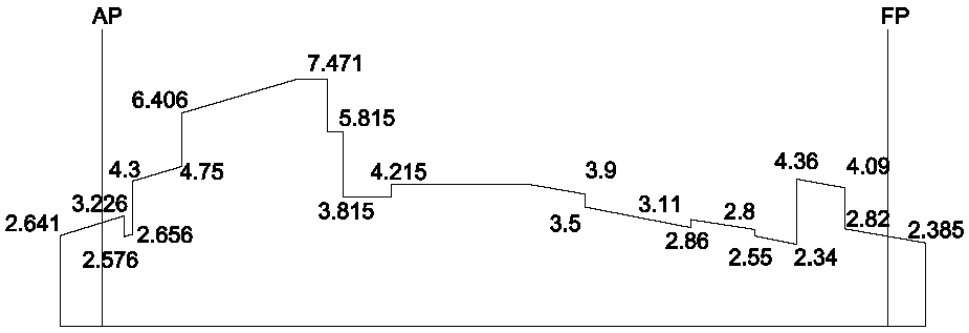
برای جانمایی این مخازن شامل مخازن سوخت، آب شیرین، آب توازن، در ابتدا حجم تقریبی برای هر یک را محاسبه کرده و سپس با الگوگیری از جانمایی مخازن شناور در اختیار، محل و حجم تقریبی هر یک را مشخص نموده و با انجام محاسبات تریم شناور در حالات مختلف بارگیری و نیاز به آب توازن زیاد در جانمایی اولیه با اندکی تغییر در این جانمایی، جانمایی نهایی مخازن بصورت شکل (۶) پیشنهاد شده است. محل هر یک از مخازن با موقعیت طولی، عرضی و عمودی آنها در این حالت در جدول (۲) آمده است.



شکل(۶): جانمایی نهایی مخازن

۶- تخمین وزن

برای تعیین توزیع وزن سبک شناور، ابتدا باید وزن بدنه فولادی را تخمین زده و سپس بـا اسـتفاده از روش توزیع سهموی آن را بر روی طول شناور، پیاده نموده و در نهایت وزن تک تک آیتمهای موجود روی شناور، بر توزیع وزن موجود اضافه می شود. شکل(۷) نمودار توزیع وزن را نشان می دهد.



شکل (۷): توزیع وزن سبک شناور

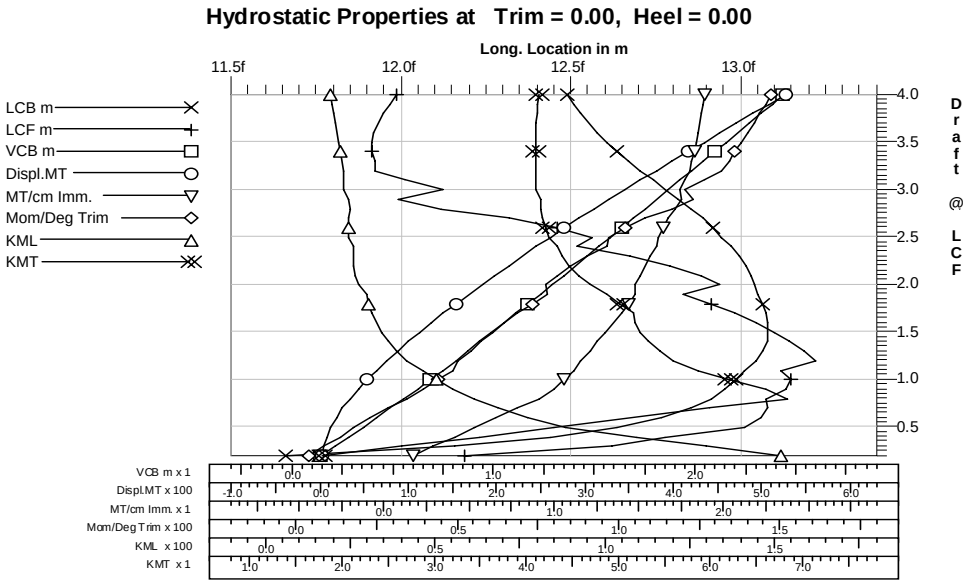
جدول (۲): موقعیت هر یک از مخازن در حالت نهایی

NO.	Name	Type	End Points (m)					
			Aft	Fwd	Port	Stbd	Bottom	Top
1	AFT BALLAST.P	INTACT TANK	0	3.780f	3.859p	1.700p	1.591	4.467
2	AFT BALLAST.S	INTACT TANK	0	3.780f	1.700s	3.859s	1.591	4.467
3	FRESH WATER	INTACT TANK	2.000f	3.780f	1.700p	1.700s	1.088	4.43
4	FUELOIL TANK.P	INTACT TANK	3.780f	5.280f	3.981p	2.500p	1.114	4.406
5	FUELOIL TANK.S	INTACT TANK	3.780f	5.280f	2.500s	3.981s	1.114	4.406
6	SIDE BALLAST.P	INTACT TANK	5.280f	8.309f	4.102p	2.500p	0.7	4.396
7	SIDE BALLAST.S	INTACT TANK	5.280f	8.309f	2.500s	4.102s	0.7	4.396
8	FUELOIL TANK1	INTACT TANK	5.309f	8.309f	2.500p	2.500s	0	0.7
9	DB BALLAST1.P	INTACT TANK	8.308f	16.201f	3.169p	0	0	1
10	DB BALLAST1.S	INTACT TANK	8.308f	16.201f	0	3.169s	0	1
11	DB BALLAST2.P	INTACT TANK	16.201f	24.394f	3.053p	0	0.068	1
12	DB BALLAST2.S	INTACT TANK	16.201f	24.394f	0	3.053s	0.068	1
13	FORE PEAK TANK	INTACT TANK	24.394f	26.311f	1.798p	1.798s	0.825	4.566

۷- هیدرو استاتیک و تعادل

۷-۱ مشخصات هیدرواستاتیکی

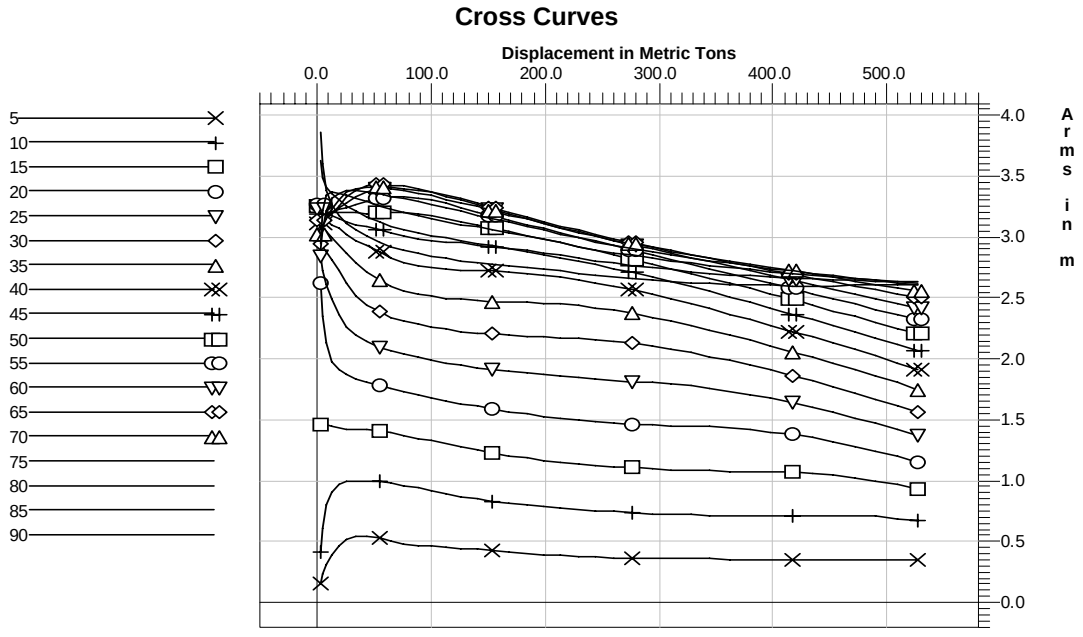
برای تعیین مشخصات هیدرواستاتیکی، فرم بدنه را به محیط نرم افزار Auto Ship وارد کرده و محاسبات لازم توسط نرم افزار مذکور انجام گرفته است. شکل (۸)، این مشخصات را برای شناور تحت طراحی نشان می دهد.



شکل (۸): منحنی های هیدرواستاتیک

۷-۲ منحنی های تعادل

این منحنی در واقع متشکل از نمودارهای بازوی برگردان بر حسب جابجایی شناور در (آبخورهای گوناگون)، و در زوایای مختلف هیل شناور است. شکل (۹)، منحنی های متقاطع (cross Curves) را بـرای شـناور تحت طراحی تا زاویه ۹۰ درجه هیل شناور نشان می دهد.



شکل (۹): منحنی های *Cross – Curves* برای شناور تحت طراحی تا زاویه ۹۰ درجه هیل

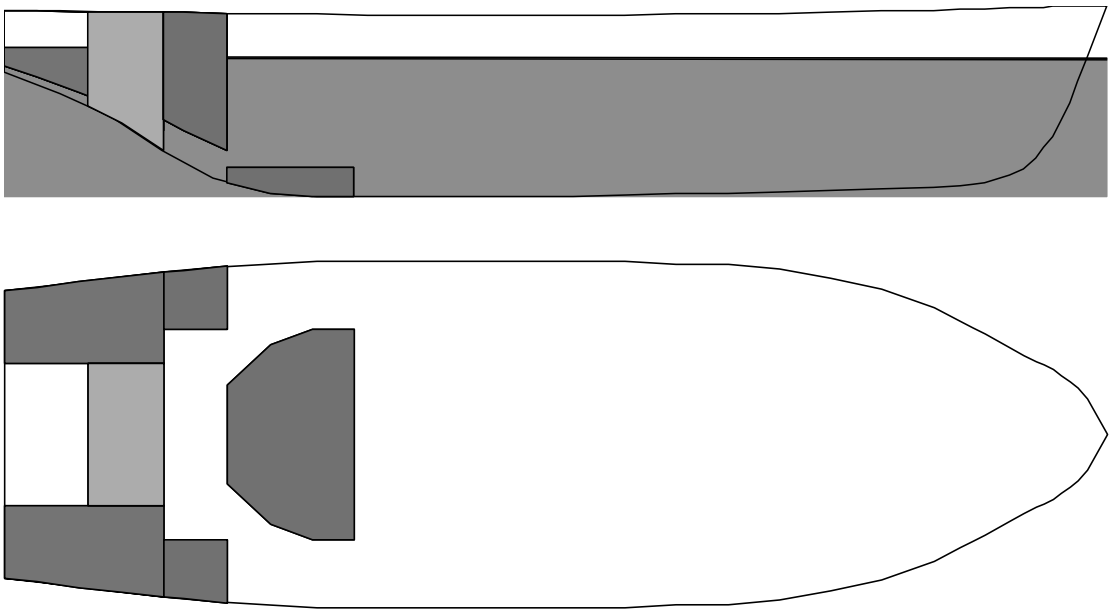
۳-۷ شرایط بارگذاری کامل در مبدا

(بارگیری کامل در انبار + صد در صد سوخت و آب و غذا)

در این حالت با توجه به موقعیت انبارها و مخازن و توزیع وزن سبک کشتی، حالت شناور و میزان تریم آن مورد محاسبه قرار می گیرد. نتایج حاصل در جداول(۳)، (۴)، وشکل (۱۰)، آمده است.

جدول (۳): وضعیت شناوری در حالت بارگیری کامل در مبدا

Draft FP	3.307 m	Heel	zero	GM(Solid)	1.013 m
Draft MS	3.328 m	Equil	Yes	F/S Corr.	0.009 m
Draft AP	3.349 m	Wind	0.0 kn	GM(Fluid)	1.004 m
Trim	aft 0.10089 deg	Wave	No	KMT	4.091 m
LCG	12.624f m	VCG	3.078 m	TPcm	1.81



شکل (۱۰): حالت شناور و میزان تریم در حالت بارگیری کامل در مبدا

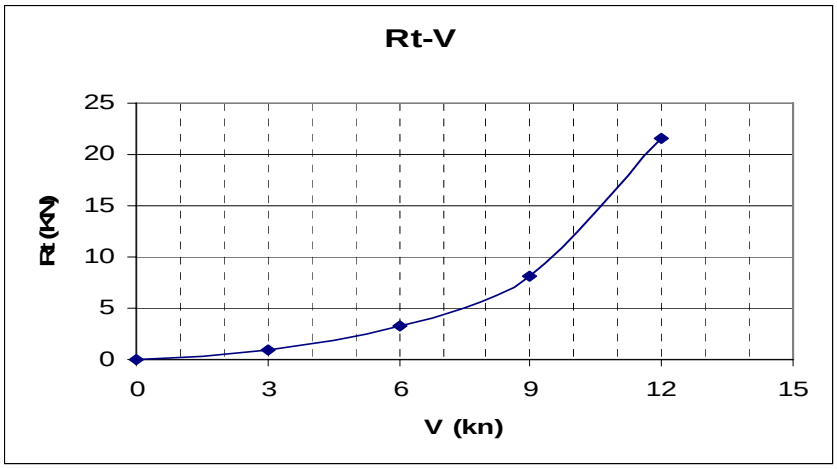
جدول (۴): وزن سبک کشتی و مقدار بارگیری شناور داخل انبارها در حالت بارگیری کامل در مبدا

Item	Weight (MT)	LCG (m)	TCG (m)	VCG (m)
LIGHT SHIP	116.42	12.022f	0	2.850u
CARGO1	213.89	14.636f	0	2.733u
CARGO2	32	13.000f	0	6.500u
Total Fixed:	362.31	13.651f	0	3.103u

۸- محاسبات هیدرودینامیکی

هنگام طراحی و ساخت یک شناور جدید، یکی از مهمترین مسائلی که مالک و طراح کشتی با آن سروکار دارند، تعیین قدرت لازم جهت حرکت شناور در سرعت معین می باشد، بنابراین هنگام طراحی مقدماتی کشتی، لازم است تا نیروی مقاومت وارد بر شناور محاسبه گردد، تا با توجه به آن و نوع سیستم رانش، توان مورد نیاز خروجی از موتور اصلی استخراج گردد.

مقاومت شناور بر حسب سرعت ، از روش هولتروپ بدست آمده است و شکل(۱۳)، نمودار مقاومت – سرعت را نشان می دهد [۲].



شکل(۱۳): نمودار مقاومت بر حسب سرعت

۸-۱ انتخاب موتور و سیستم رانش مناسب برای شناور

با توجه به مقادیر محاسبه شده برای توان و مقاومت شناور و موتور های موجود در بازار، یک موتور دور بالا، شش سیلندر (YANMAR)، با قدرت خروجی ۴۰۵ کیلو وات انتخاب گردید. برای تعیین شافت و پروانه، از پک های موجود در بازار استفاده شده است. مشخصات پروانه و شافت در جدول(۵) نشان داده شده است:

جدول(۵): مشخصات شافت و پروانه

Prop.Diameter (m)	1.4
No.Blade	4
Pitch (m)	1.62
Blade Area Ratio	0.761
Prop.RPM	356
Shaft.Diameter (mm)	150

۹-محاسبه ابعاد سازه ای بدنه

برای محاسبه سازه شناور از قوانین موسسه رده بندی BV برای شناورهای با طول کمتر از ۶۵ متر استفاده شده است [۴]. برای محاسبه سازه، بدنه به قسمتهای سازه کف سازه، دیواره جانبی، سازه عرشه و دیواره ها شده است. جدول (۶)، ضخامت ورق قسمتهای مختلف بدنه را نشان می دهد.

جدول (۶): ضخامت ورق قسمتهای مختلف بدنه

KeelPlate	10 (mm)
OuterBottom	8 (mm)
InnerBottom-E.R	8 (mm)
InnerBottom-Other	6 (mm)
CenterCirder	6 (mm)
Side	8 (mm)
Deck	8 (mm)
Bulkhead	6 (mm)

۱۰- جمع بندی و نتیجه گیری

شناور فولادی مذکور با قابلیت حمل بار ۲۵۰ تن و سرعت ۱۲ گره دریایی، شناور مناسبی جهت جایگزینی شناورهای لنج موجود، به نظر می رسد. طرح جایگزین می تواند مزایای زیادی از قبیل کاهش قیمت، کاهش مصرف سوخت و حتی کاهش هزینه های جانبی و از همه مهمتر مساله قابلیت اعتماد شناور را به دنبال داشته باشد. این شناور در مجموع میتواند جایگزین مناسبی برای لنج موجود باشد.

۱۱- مراجع و منابع

[۱]- اصول طراحی کشتی، ترجمه مهدی سیف، محمد سعید سیف ۱۳۷۳، دانشگاه صنعتی امیرکبیر (واحد تفرش)

[۲]- مقاومت شناورها، ترجمه مهدی سیف، محمد سعید سیف ۱۳۷۴، دانشگاه هرمزگان

[۳]- جزوه درس طراحی کشتی، دکتر حمید زراعتگر

[۴]- آیین نامه موسسه رده بندی BV شناورهای کمتر از ۶۵ متر (۲۰۰۰)