

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ КОРАБЛЕБУДУВАННЯ
ІМЕНІ АДМІРАЛА МАКАРОВА

Навчально-науковий інститут Кораблебудівний
Кафедра Будівельної механіки та конструкції корпусу корабля
Спеціальність 135 Суднобудування
Освітня програма Міжнародна технічна інформація у морській діяльності

ЗАТВЕРДЖУЮ

Гарант освітньої програми
к.т.н., ст. викл. Соков В.М.


«__» _____ 2025__ року

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ
на здобуття ступеня вищої освіти “бакалавр”

Студенту

Дрюк Дмитру Олександровичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Суховантажне судно вантажопідйомністю 6600 т _____

Керівник роботи Шарун Григорій Васильович _____,

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від _____ .2025 р. № _____ -уч

2. Термін подання роботи _____ 25.06.2024 _____

3. Вихідні дані по роботі:

3.1. Вантажопідйомність (вантажомісткість) 6600 т _____

3.2. Вид вантажу (питома завантажувальна кубатура) штучний вантаж _____

3.3. Швидкість експлуатаційна 16 вузл _____

3.4. Дальність та район плавання 10000 миль, необмежений _____

3.5. Додаткові дані _____

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки:

4.1. Розрахунок головних розмірів

4.2. Розрахунки теорії корабля

4.3. Набір корпусу за Правилами класифікаційного товариства.

4.4. Перевірка міцності в'язей корпусу судна.

5. Перелік презентаційних матеріалів:

5.1. Теоретичне креслення.

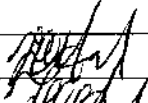
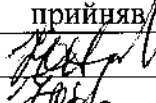
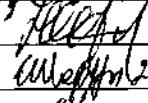
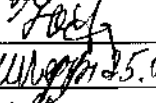
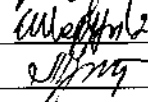
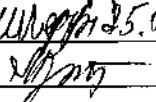
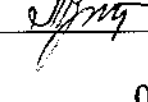
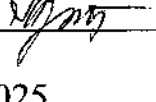
5.2. Криві елементів теоретичного креслення

5.3. Діаграма остійності судна.

5.4. Креслення загального розташування.

5.5. Конструктивний мідель-шпангоут.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
4.1.	Пашенко Ю.М., доцент		
4.2.	Пашенко Ю.М., доцент		
4.3.	Шарун Г.В., ст. викладач	 25.06	 25.06
4.4.	Коростильов Л.І., професор		

7. Дата видачі завдання _____ 01.02.2025 _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів атестаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Розрахунок головних розмірів та удиферентування судна.	01.03.2025	
2	Розрахунки теорії корабля. Перевірка вимог класифікаційного товариства до остійності судна.	01.04.2025	
3	Набір корпусу за Правилами класифікаційного товариства.	01.05.2025	
4	Перевірка міцності в'язей корпусу судна.	01.06.2025	

Студент


(підпис)Друк Д.О.
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи


(підпис)Шарун Г.В.
(прізвище та ініціали)

Анотація

Дипломний проект виконано згідно завдання, виданого кафедрою будівельної механіки та конструкції корпусу корабля.

В дипломному проекті розраховано водотоннажність суховантажного судна, його головні розміри та коефіцієнти повноти, а також проведена розробка схеми загального розташування судна. За допомогою розрахунку на ЕОМ вибрана марка головного двигуна та розраховані ординати теоретичного креслення.

Набір конструктивного міделів – шпангоута виконано за Правилами класифікації і побудови морських суден. Обрана марка матеріалу для виготовлення конструкцій корпусу судна. Перевірена загальна поздовжня міцність судна.

В розділі по міцності судна виконана перевірка міцності днищевої пластини корпусу за рекомендаціями довідника Шиманського, том 2.

Ключові слова: контейнеровоз, головні розміри, міцність, корпус.

Abstract

The diploma project was completed according to the assignment issued by the Department of Construction Mechanics and Ship Hull Design.

The diploma project calculated the tonnage of the dry cargo ship, its main dimensions and coefficients of completeness, as well as the development of the scheme of the general location of the vessel. With the help of calculation on the computer, the brand of the main engine was selected and the ordinates of the theoretical drawing were calculated.

The set of structural midel - frame is made according to the Rules of classification and construction of sea vessels. The selected brand of material for the manufacture of ship hull structures. The overall longitudinal strength of the vessel was checked.

					19.ДРБ.135.4 111.03.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

In the section on the strength of the ship, the strength of the bottom plate of the hull was checked according to the recommendations of the Szymansky handbook, volume 2.

Key words: container ship, main dimensions, strength, hull.

					<i>19.ДРБ.135.4.111.03.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Зміст

Вступ.....	
1. Розрахунок головних розмірів.....	
2. Розрахунки теорії корабля	
3. Набір корпусу за Правилами класифікаційного товариства.....	
4. Перевірка міцності в'язей корпусу судна.....	
Висновки	
Література.....	

					19.ДРБ.135.4111.3.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вступ

Суховантажне судно призначене для перевезення вантажів у контейнерах – стандартних резервуарах багаторазового використання. Суховантажні судна з'явилися на початку 50 – х років унаслідок інтенсивного розвитку морських міжнародних перевезень вантажів і набули широкого розповсюдження як високоефективний транспортний засіб, що забезпечує зберігання вантажу, значне збільшення швидкості його доставки споживачу і можливість створення єдиної транспортної системи.

Швидкі темпи зростання світової економіки в 90 – х роках спричинили збільшення контейнерних перевезень майже вдвоє. Протягом цього десятиліття обсяг оброблених контейнерів кожного року збільшувався до 7 %. Очікується, що вони будуть збільшуватися щорічно на 6 – 7 %. У 2000 році сумарний дедвейт замовлених контейнеровозів дорівнював 17,42 млн. т., що складало 16,5 % від загального дедвейту всіх суден, попереду тільки танкери та балкари. Найбільшим замовником є Німеччина, а найбільшим виробником – Південна Корея.

На початковому етапі розвитку контейнерних систем існувало декілька варіантів розмірів контейнерів. Більшість компаній в якості базового прийняла 20–футовий контейнер, який був закладений в основу стандарту ISO. В середньому можна вважати, що у загальному обсязі виробництва майже 70% приходить на долю 20–футових контейнерів та 25% – на долю 40–футових.

Бажання пристосувати контейнери для транспортування більш різноманітних вантажів привело до виникнення ряду конструкторських варіантів в межах одних і тих же габаритних розмірів. З'явилися контейнери з системою вентиляції, рефрижераторні, з відкидним верхом, для насипних вантажів та інші.

Контейнеровози спеціально пристосовані для перевезення стандартних великотоннажних контейнерів. Загальна місткість контейнеровозного флоту складає 1.2 млн. контейнерів. Серед показників суховантажного судна, яке призначене для перевезення тарного вантажу, пристосованість його до перевезення контейнерів є дуже вагома. Це вказує на велике значення, яке надається контейнерній технології перевезення вантажу. Очікується, що в 21 – му

					19.ДРБ.135.4 111.03.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

столітті обсяг світових контейнерних перевезень порівняно з 90 – ми роками 20 – го століття збільшиться в 1,5 рази.

Завдяки тому, що у вантажні трюми закладають не штучний вантаж різного розміру та ваги, а стандартні контейнери, завантажувально – розвантажувальні роботи виконуються у 4 – 7 разів швидше, ніж на звичайних суховантажних судах. Контейнерні суда відрізняються великим розкриттям палуби, що виключає таку трудомістку операцію як горизонтальне переміщення вантажу у трюмі.

Зазвичай виділяють три покоління контейнеровозів:

1. судна, місткістю 500 – 700 одиниць зі швидкістю 17 – 20 вузлів;
2. судна, місткістю 1000 – 1500 одиниць зі швидкістю 20 – 22 вузлів;
3. судна, місткістю 2500 – в 3500 одиниць зі швидкістю 25 – 26 вузлів.

У зв'язку з великим розкриттям палуби контейнеровозів (коефіцієнт розкриття 0,7 – 0,85) для збільшення жорсткості корпусу при скручуванні передбачають подвійні борти. Люкові закриття зазвичай понтонного типу з вагою однієї кришки не більше 30 – 35 тонн для можливості їх зняття вантажними кранами.

На сучасних судах – контейнеровозах значну частину контейнерів перевозять на відкритій верхній палубі. Пристрої, які використовуються для їх закріплення в похідному положенні, повинні розраховуватися на дію зусиль, які виникають при хитавиці судна.

Характерна особливість контейнеровозів – прийняття рідкого та встановлення твердого баласту для забезпечення стійкості. Важливе значення для зберігання палубних контейнерів має інтенсивність бортової хитавиці.

Міцність корпусу контейнеровозу потребує особливої уваги. При значному розкритті палуби збільшення жорсткості корпусу досягається за допомогою подвійного дна та подвійних бортів. Важливо також забезпечити достатню жорсткість корпусу при поперечному згині (розвал – завал бортів). Тут критеріями забезпеченості служать умови роботи люкових закриттів та кранового обладнання.

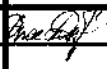
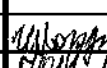
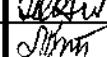
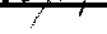
					19.ДРБ.135.4 111.03.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

На відкритій палубі для підкріплення контейнерів використовують закладні фітингові, найтові, комірчасті засоби. В якості найтов можуть використовуватися ланцюгові, тросові, пруткові та стрічкові відтяжки. Закладні засоби кріплення контейнерів включають центруючі пристрої, ручні замкові пристрої, напіваавтоматичні закладні замки та стяжні пристрої.

Але морський транспорт є одним із джерел забруднення морського середовища та підвищеної загрози розливів нафти, які завдають великої шкоди чутливій природі. Екологічна небезпечність морського транспорту складається з двох складових: експлуатаційної та аварійної.

Важко визначити, яка складова є більш небезпечною для навколишнього середовища. Забруднення моря у процесі експлуатації суден виникають постійно, але у невеликих кількостях. При аварійних розливах відбуваються залпові скидання великої кількості забруднювачів, які обмежені районом аварії та прилеглими територіями. При аварійному скиданні спостерігається масова загибель мешканців моря.

					19.ДРБ.135.4111.3.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

					19.ДРБ.135.4111.03.ПЗ.01			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат				
Студент		Дрюк Д.О.						
Керівник		Шарун Г.В.		25.06	Визначення головних розмірів судна НУК			
Консультант		Пащенко Ю. М.						
Зав. Каф.		Коростильов Л.І.						

1.1.Визначення головних розмірів проекту.

У даному розділі визначаються головні розміри судна, що проектується, шляхом послідовних наближень. У зв'язку з тим, що нам не відома потужність головного двигуна проектованого судна, ми не можемо з достатньою точністю визначити масу розділу "Енергетична установка". Також нам невідома характеристика "вимірник маси палива", тому маса розділу "Паливо" визначається приблизно. Цим викликана необхідність визначення головних розмірів судна послідовними наближеннями.

У першому наближенні складається алгебраїчне рівняння мас у функції водотоннажності. Вимірники мас у цьому випадку визначаються по судну-прототипу. Вирішуючи дане рівняння, знаходимо водотоннажність проекту у першому наближенні. Після цього, для перевірки, знаходимо значення розділів навантаження мас, їх сума повинна відповідати знайдений водотоннажності з точністю до 1%. Визначаючи співвідношення L/V з умови ходовості, H/T з умови місткості, ми одержали можливість вирішити рівняння плавучості і визначити головні розміри проектуемого судна в першому наближенні.

Одержавши ці дані, зробимо уточнений розрахунок потужності енергетичної установки. Ця задача виконується за допомогою програми LS-1 задача 2. Визначивши необхідну потужність двигуна, з каталогу вибирається відповідний двигун.

В другому наближенні уточнюються за допомогою коефіцієнта Нормана дані, отримані в першому наближенні. У результаті визначаються головні розміри проектуемого судна.

					19.ДРБ.135.4111.03.ПЗ.01	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Данні по судну-прототипу:

Довжина найбільша L , м	156,36
Довжина між перпендикулярами $L_{\perp\perp}$, м	144,32
Ширина судна B , м	25,3
Висота борта H , м	13,2
Осадка судна T , м	9,75
Коефіцієнт загальної повноти δ	0,648
Коефіцієнт повноти ватерлінії α	0,735
Коефіцієнт повноти мідель-шпангоута β	0,983
Експлуатаційна швидкість v_e , вуз	18,0
Швидкість на випробуваннях v_e , вуз	18,5
Тип СЕУ	МОД
Експлуатаційна потужність ГД N_e , кВт	11000
Потужність ГД на випробуваннях N_b , кВт	12100
Довжина кругового рейсу Z , миль	12000
Питома навантажувальна кубатура μ , м ³ /т	2,42
Коефіцієнт утилізації η	0,483
Кількість гвинтів	1
Вантажомісткість судна D , т	24120
Поздовжній метацентричний радіус R , м	139,24
Абсциса ЦВ X , м	-2,19
Апліката ЦВ Z , м	4,94
Розділ «Корпус» - маса P_{mk} , т	3830
Абсциса ЦТ: X_{gk} , м	-7,26
Апліката ЦТ: Z_{gk} , м	7,76
Розділ «Обладнання» - маса P_{ob} , т	2033
Абсциса ЦТ: X_{gob} , м	-9,84
Апліката ЦТ: Z_{gob} , м	12,76

					19.ДРБ.135.411.03.ПЗ.01	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розділ «Енергетична установка» - маса P_{cy} ,Т	767
Абсцисса ЦТ: X_{gey} , м	-48,26
Апліката ЦТ: Z_{gey} , м	7,43
Розділ «Запас водотонажності» - маса $P_{зв}$,Т	240
Абсцисса ЦТ: X_{gzv} , м	1,2
Апліката ЦТ: Z_{gzv} , м	10,3
Розділ «Постачання» - маса P_{ch} ,Т	179
Абсцисса ЦТ: X_{gch} , м	-36,74
Апліката ЦТ: Z_{gch} , м	7,52
Розділ «Паливо» - маса $P_{пл}$,Т	1410
Абсцисса ЦТ: $X_{gnл}$, м	-23,21
Апліката ЦТ: $Z_{gnл}$, м	0,64
Розділ «Баласт» - маса $P_{бал}$,Т	4011
Абсцисса ЦТ: $X_{gб}$, м	19,48
Апліката ЦТ: $Z_{gб}$, м	7,2
Розділ «Вантаж» - маса $P_{вн}$,Т	11648
Абсцисса ЦТ: $X_{gvн}$, м	4,39
Апліката ЦТ: $Z_{gvн}$, м	11,18
Водотоннажність порожнем $D_{пор}$, Т	6870
Абсцисса ЦТ: $X_{gnор}$, м	-11,14
Апліката ЦТ: $Z_{gnор}$, м	9,37
Чисельність екіпажу	25
Довжина форпіка $L_{фор}$, м	6
Довжина ахтерпіка $L_{ахт}$, м	8,4
Довжина машинного відділення $L_{мо}$, м	24,32
Кількість контейнерів $n_{кон}$, од	776

$$\frac{\overline{B}}{\overline{T}} = 2,595; \quad \frac{\overline{L}}{\overline{B}} = 5.7; \quad \frac{\overline{H}}{\overline{T}} = 1.354.$$

					19.ДРБ.135.411.03.ПЗ.01	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Данні по судну, що проектується:

Вантажомісткість D , т	6600
Експлуатаційна швидкість v_e , вуз	16.0
Швидкість на випробуваннях v_6 , вуз	16.5
Довжина кругового рейсу Z , миль	10000
Район плавання	необмежений
Льодова категорія	----
Тип ЕУ	ДВС
Питома навантажувальна кубатура μ , м ³ /т	2,6

1.1 Визначення водотоннажності

Складання алгебраїчного рівняння мас:

$$D = P_{mk} + P_{ob} + P_{ey} + P_{mn} + P_{cn} + P_{zv} + P_{zp} + P_{bal} \quad (1),$$

де D – масова водотоннажність [т];

P_{mk} , P_{ob} , P_{ey} , P_{mn} , P_{cn} , P_{zv} , P_{zp} , P_{bal} – маси розділів навантаження:

металевого корпусу, устаткування, СЕУ; палива, води та мастила; постачання; запас водотоннажності; вантажу і баласту.

Кожна складова цього рівняння виражається через водотоннажність проекту у вигляді:

$$P_i = a_i \cdot D,$$

де P_i – маса розділів навантаження;

a_i – частковий коефіцієнт маси відповідного розділу навантаження.

У першому наближенні прийнято усі розділи навантаження проекту виражати через функції водотоннажності, після чого вираз (1) приймає вигляд:

$$D = a_{zv} \cdot D + a_{mk} \cdot D + a_{cn} \cdot D + q_{ob} \cdot D^{\frac{2}{3}} + q_{ey} \cdot \frac{D^{\frac{2}{3}} \cdot v_6^3}{C_6} + q_{mn} \cdot \frac{D^{\frac{2}{3}} \cdot v_e^2}{C_e} \cdot \alpha + P_{zp} \quad (2)$$

де a_{mk} , a_{cn} , a_{zv} , q_{ob} – вимірники мас: металевого корпусу, постачання, запасу водотоннажності та устаткування відповідно, приймаються по прототипу, тобто:

					19.ДРБ.135.4111.03.ПЗ.01	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$a_{mk} = \frac{\overline{P_{mk}}}{D} = \frac{3830}{24120} = 0.158789 - \text{вимірник маси металевого корпусу}$$

$$a_{ch} = \frac{\overline{P_{ch}}}{D} = \frac{179}{24120} = 0,007421 - \text{вимірник маси постачання}$$

$$a_{36} = \frac{\overline{P_{36}}}{D} = \frac{240}{24120} = 0,00995, \text{ приймаємо } a_{36}=0,01 - \text{частковий запас}$$

водотонажності

$$q_{ob} = \frac{\overline{P_{ob}}}{\frac{D^2}{2}} = \frac{2033}{(24120)^2} = 2.4353 - \text{вимірник маси обладнання}$$

q_{ey} – вимірник маси ЕУ [т/кВт], приймається по прототипу, тобто:

$$q_{ey} = \frac{\overline{P_{ey}}}{N_{ey}^u} = \frac{767}{12100} = 0.063388 (\text{т/кВт})$$

q_{np} – вимірник маси палива на головний двигун [т/кВт·ч], тобто:

$$q_{np} = \overline{P_{nl}} \cdot \overline{v_e} / \overline{N_e} \cdot \overline{Z} = 1410 \cdot 18 / 11000 \cdot 12000 = 0,00019227 (\text{т/кВт·ч});$$

C – адміралтейський коефіцієнт, приймається за прототипом:

$$C = \frac{\overline{D^{\frac{2}{3}} \cdot v^3}}{N_{ey}}$$

$$\text{тоді } C_e = \frac{\overline{D^{\frac{2}{3}} \cdot v_e^3}}{N_{ey}^e} = \frac{(24120)^{\frac{2}{3}} \cdot (18.0)^3}{11000} = 442,598 - \text{при експлуатації судна}$$

$$C_e = \frac{\overline{D^{\frac{2}{3}} \cdot v_u^3}}{N_{ey}^u} = \frac{(24120)^{\frac{2}{3}} \cdot (18.5)^3}{12100} = 436,832 - \text{на випробуваннях}$$

Запишемо рівняння мас у наступному вигляді:

$$D \cdot (1 - a_{mk} - a_{ch} - a_{36}) = D^{\frac{2}{3}} \cdot \left(q_{ob} + q_{ey} \cdot \frac{v_u^3}{c_u} + q_{mn} \cdot \frac{v_e^2}{c_e} \cdot Z \right) + P_{cp} + P_{bal};$$

тобто

$$D \cdot \underbrace{(1 - 0,159 - 0,00742 - 0,01)}_n = D^{\frac{2}{3}} \cdot \underbrace{\left(2,435 + 0,0634 \cdot \frac{16,5^3}{437} + 0,000192 \cdot \frac{16,0^2}{443} \cdot 10000 \right)}_m + \underbrace{11060 + 4011}_A$$

					19.ДРБ.135.411.03.ПЗ.01	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$n = 0,82379; m = 4,55789; A = 15071$$

Приведемо рівняння до наступного вигляду:

$$D \cdot 0,82379 = D^{\frac{2}{3}} \cdot 4,55789 + 15071$$

$$n \cdot D - m \cdot D^{\frac{2}{3}} - A = F(D)$$

$$0,82379D - 4,55789D^{\frac{2}{3}} - 15071 = F(D);$$

Проведемо розрахунок n/n , m/n , A/n та отримаємо

$$\frac{m}{n} = \frac{4,55789}{0,82379} = 5,53283; \quad \frac{A}{n} = \frac{15071}{0,82379} = 18294,711$$

$$D - 5,53283 \cdot D^{2/3} - 18294,711 = F(D)$$

$\overline{\eta_{ep}} = 0,483$ – коефіцієнт утилізації по чистій вантажоемності.

$$D_0 = \frac{P_{ep}}{\eta_{ep}} = \frac{11060}{0,482} = 22946 \text{ (т)} - \text{очікувана водотоннажність.}$$

$$\eta_{ep} = \overline{\eta_z^{ym}} \cdot \sqrt[4]{\frac{P_z}{P_e}} - \text{коефіцієнт утилізації вантажу}$$

$$\overline{\eta_z^{ym}} = \overline{\eta_z} - \left[a_{ey} \cdot \left(\frac{v_{eun}}{v_{eun}} \right)^3 + q_{mn} \cdot \left(\frac{v_e}{v_e} \right)^2 \cdot \frac{Z}{Z} \right] + a_{ey} + a_{mn} - \text{уточнений коефіцієнт}$$

утилізації

$$\overline{\eta_z^{ym}} = 0,483 - \left[0,063388 \cdot \left(\frac{16,5}{18,5} \right)^3 + 0,00019227 \cdot \left(\frac{16}{18} \right)^2 \cdot \frac{10000}{12000} \right] + 0,063388 + 0,00019227 = 0,374$$

$$\eta_{ep} = 0,374 \cdot \sqrt[4]{\frac{11060}{11648}} = 0,482$$

Задамо значення:

$$22994 - 5,53283 \cdot (22994)^{2/3} - 18294,711 = F(D);$$

$$F(D) = 225,347$$

Зменшуємо D_0 на це число і вирішуємо рівняння, доки $F(D) \leq 10$ т.

При $D = 22739$ т, $F(D) = 0,404$ – дана нев'язка є допустимою

Приймаємо: $D = 22739$ т.

					19.ДРБ.135.411.03.ПЗ.01	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

					19.ДРБ.135.4111.03.ПЗ.01	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Очікувана довжина:

$$L = l_1 \cdot (D/g)_1^{1/3} = 5,036 \cdot (22738.8/1,025)^{1/3} = 141.503 \text{ м}$$

Числа Фруда:

проекту: $Fr_1 = \frac{v_{\varphi} \cdot 0,514}{\sqrt{gL_{mn}}} = \frac{16 \cdot 0,514}{\sqrt{9,81 \cdot 141.503}} = 0.221$

прототипу: $Fr_1 = \frac{\bar{v}_{\varphi} \cdot 0,514}{\sqrt{gL_{mn}}} = \frac{18 \cdot 0,514}{\sqrt{9,81 \cdot 144,32}} = 0.246$

Для тихохідних і середньошвидкісних суден ($Fr < 0,3$) коефіцієнти загальної повноти (δ) та повноти мідель-шпангоута (β) визначаємо за формулами, а φ із співвідношення, що пов'язує основні коефіцієнти повноти (α, φ, β).

Коефіцієнт загальної повноти:

$$\delta_1 = 1,0 - 0,48 / [1 + 100 \cdot \exp(-25 \cdot Fr)] = 1,0 - 0,48 / [1 + 100 \cdot \exp(-25 \cdot 0,221)] = 0,657$$

Коефіцієнт поздовжньої повноти:

$$\varphi = 1,0 - 0,41 / [1 + 100 \cdot \exp(-25 \cdot Fr)] = 1 - 0,41 / [1 + 100 \cdot \exp(-25 \cdot 0,221)] = 0,707$$

Коефіцієнт повноти площі мідель-шпангоута приймаємо:

$$\beta = \delta / \varphi = 0,657 / 0,707 = 0.929$$

Коефіцієнт повноти площі вантажної ватерлінії:

$$\alpha_1 = a \cdot \varphi_1^{2/3},$$

де $a = 1,01$ при $Fr < 0.25$ ($Fr = 0.219$),

$$\alpha_1 = 1,01 \cdot (0,707)^{2/3} = 0,802$$

Позначення	Прототип	Проект	Прийнято
Fr	0.246	0.221	0.221
α	0.735	0.802	0.802
β	0.983	0.929	0.983
δ	0.648	0.657	0.657

Коефіцієнт зв'язку коефіцієнтів:

$$КСК = \frac{\alpha \cdot \beta}{\delta} = \frac{0,802 \cdot 0,983}{0,657} = 1,2, \text{ допустимий КСК} = 1,16 \pm 0,16.$$

					19.ДРБ.135.4111.03.ПЗ.01	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.3 Визначення співвідношень та головних розмірів.

Відношення висоти борта до осадки в значній мірі впливає на об'єм вантажних приміщень, непотоплюваність та остійність. При його визначенні в першому наближенні будемо враховувати виконання умови вантажомісткості.

З умови вантажомісткості:

$$\left(\frac{H}{T}\right) = (1,07 \cdot \mu_{zp} \cdot \eta_{zp} + 0,16) \cdot K_3,$$

де $\mu = V_k/m_k = 2,44 \cdot 2,44 \cdot 6,1/14 = 2,6 \text{ м}^3/\text{т}$ — питома завантажувальна кубатура вантажу судна-проекту;

$m_k = P_{гр}/n_{кон} = 11060/790 = 14 \text{ т}$ — маса одного контейнера;

$\eta_{zp} = 0,483$ — коефіцієнт утилізації за чистою вантажомісткістю;

K_3 — коефіцієнт екстраполяції:

$$K_3 = \frac{\left(\frac{H}{T}\right)}{\left(\frac{H}{T}\right)_p}, \quad (3)$$

де $\left(\frac{H}{T}\right) = \frac{13,2}{9,75} = 1,354$ — фактичне відношення висоти борту прототипа до осадки.

$\left(\frac{H}{T}\right)_p$ — відношення прототипу, розраховане за формулою (3), при $K_3=1$:

$$\left(\frac{H}{T}\right)_p = (1,07 \cdot \overline{\mu_{zp}} \cdot \overline{\eta_{zp}} + 0,16) \cdot K_3 = (1,07 \cdot 2,42 \cdot 0,483 + 0,16) \cdot 1 = 1,41 \quad \text{тоді} \quad K_3 = \frac{1,354}{1,41} = 0,96$$

Тепер отримаємо для проекту:

$$\left(\frac{H}{T}\right)_1 = (1,07 \cdot 2,6 \cdot 0,48 + 0,16) \cdot 0,96 = 1,436$$

$$\left(\frac{H}{T}\right) = 1,354 \quad \overline{\mu_{zp}} = 2,42 \text{ м}^3/\text{т}$$

$$\left(\frac{H}{T}\right) = 1,436 \quad \mu_{zp} = 2,6 \text{ м}^3/\text{т}$$

Приймаю $\left(\frac{H}{T}\right) = 1,436$, так як $\mu_{zp} > \overline{\mu_{zp}}$

					19.ДРБ.135.411.03.ПЗ.01	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Відношення ширини до осадки приймаємо за прототипом:

$$\left(\frac{B}{T}\right)_1 = \left(\frac{\bar{B}}{\bar{T}}\right) = \frac{25,3}{9,75} = 2,595$$

Відношення довжини до ширини визначаємо з умови ходовості:

$$\left(\frac{L}{B}\right)_1 = \sqrt{l_1^3 \cdot \delta_1 \cdot \frac{1}{\left(\frac{B}{T}\right)_1} K_{\text{вч}} \cdot \rho_{\text{в}}} \quad \text{де } l_1 = 5,036 \text{ м—відносна довжина судна;}$$

$K_{\text{вч}} = 1,02$ —коефіцієнт виступаючих частин;

$\rho_{\text{в}} = 1,025 \text{ т/м}^3$ —щільність морської води;

таким чином

$$\left(\frac{L}{B}\right)_1 = \sqrt{5,036^3 \cdot 0,657 \cdot \frac{1}{2,595} \cdot 1,02 \cdot 1,025} = 5,814$$

$$\frac{L}{B} = 5,814 \quad v = 16 \text{ вуз}$$

$$\frac{\bar{L}}{\bar{B}} = 5,6 \quad \bar{v}_e = 18 \text{ вуз}$$

Так як $v_e < \bar{v}_e$, то доцільно буде прийняти $\left(\frac{L}{B}\right)_1 = 5,6$.

Маємо відношення головних розмірів та водотоннажності в першому наближенні, тому розв'яжемо рівняння плавучості:

$$D_1 = K_{\text{вч}} \cdot \rho_{\text{в}} \cdot \delta_1 \cdot L_1 \cdot B_1 \cdot T_1, \quad (4)$$

Виразимо L та T через B , отримаємо:

$$D_1 = K_{\text{вч}} \cdot \rho_{\text{в}} \cdot \delta_1 \cdot \left(\frac{L}{B}\right)_1 \cdot B^3 \cdot \left(\frac{T}{B}\right)_1,$$

$$\text{звідки: } B_1 = \sqrt[3]{\frac{D_1}{K_{\text{вч}} \cdot \rho_{\text{в}} \cdot \delta_1 \cdot \left(\frac{L}{B}\right)_1 \cdot \left(\frac{T}{B}\right)_1}} = \sqrt[3]{\frac{22739 \cdot 2,595}{1,02 \cdot 1,025 \cdot 0,657 \cdot 5,6}} = 24,847 \text{ м}$$

$$\text{Тоді: } T_1 = \frac{B_1}{\left(\frac{B}{T}\right)_1} = \frac{24,847}{2,595} = 9,575 \text{ м;}$$

					19.ДРБ.135.411.03.ПЗ.01	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$L_1 = (L / B) \cdot B_1 = 5,6 \cdot 24,847 = 139,143 \text{ м};$$

$$H_1 = T \cdot \left(\frac{H}{T} \right)_1 = 9,575 \cdot 1,436 = 14.75 \text{ м}$$

Вірність рівняння перевіримо, підставивши отримане значення в (4):

$$D_1 = 1,02 \cdot 1,025 \cdot 0,657 \cdot 139,143 \cdot 24,847 \cdot 9,575 = 22738.6 \text{ т}$$

Приймаємо наступні значення: $B_1 = 25 \text{ м}; T_1 = 9,5 \text{ м};$

$$L_1 = \frac{D_1}{B_1 \cdot T_1 \cdot \delta \cdot \gamma \cdot k_{г.ч.}} = \frac{22738.6}{25 \cdot 9,5 \cdot 0,657 \cdot 1,025 \cdot 1,02} = 139,4 \text{ м}$$

Перевіримо значення водотоннажності:

$$D_1 = L \cdot B \cdot T \cdot \delta \cdot \gamma \cdot k_{г.ч.} = 139,4 \cdot 25 \cdot 9,5 \cdot 0,657 \cdot 1,025 \cdot 1,02 = 22741.3 \text{ т}$$

$$D_1 - D = 22741,3 - 22738,65 = 2,7 \text{ т} < 10 \text{ т}$$

Приймаю $D_1 = 22741,3 \text{ т}.$

1.4 Визначення головних елементів проекту у другому наближенні.

1.4.1 Розрахунок потужності головного двигуна на ЕОМ. Вибір двигуна за каталогом.

Оскільки в рівнянні мас першого наближення потужність головного двигуна визначається приблизно, значення її в другому наближенні необхідно уточнити. Збільшення або зменшення значення потужності потягне за собою зміни ваги палива та механізмів, та зв'язно водотоннажності. Ці зміни будемо уточнювати у рівнянні мас, складеному в другому наближенні.

Для визначення уточненого значення використовуємо метод, реалізований у вчбовою програмою LS-1 задача 3.

Вихідні данні для розрахунку:

довжина судна по ВВЛ $L_{свл} = 1,02 \cdot L_{nn} + 1 = 1.02 \cdot 139.4 + 1 = 143.19 \text{ м};$

ширина судна $B = 25 \text{ м};$

осадка в вантажі $T = 9,5 \text{ м};$

експлуатаційна швидкість ходу $v_s = 16,0 \text{ вуз};$

коефіцієнт загальної повноти по ВВЛ

					19.ДРБ.135.4111.03.ПЗ.01	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\delta_{квл} = \frac{D}{L_{квл} \cdot B \cdot T \cdot k_{г.ч.} \cdot \gamma} = \frac{22741.3}{143.19 \cdot 25 \cdot 9,5 \cdot 1,02 \cdot 1,025} = 0,64$$

носова кінцевість- U --образна

кормова кінцевість V—образна.

Результат розрахунку приведено на наступній сторінці.

Значення потужності, отриманої на ЕОМ: N_з=5262 кВт;

N_и=5913 кВт.

					19.ДРБ.135.4111.03.ПЗ.01	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для вибору головного двигуна за каталогом скористуємось даними
приведеними в таблиці для МОД.

Приймаємо двигун 8S35MC

Номінальна потужність: $N = 5920$ к Вт.

Частота обертів: $n=170$ об/хв.

Питома витрата палива: $q_T=178$ г/кВт·год.

Довжтна двигуна $L=6009$ мм,

Ширина $B=2200$ мм,

Висота $H=6425$ мм.

1.4.2 Складання та розв'язання рівняння мас в функції головних розмірів
та складники масового навантаження.

Складемо рівняння мас проекту в функції від головних розмірностей у
вигляді:

$$D \cdot (1 - a_{зв} - 0,966 \cdot q_{мк} \cdot \frac{\delta_n}{\delta} \cdot \frac{H}{T}) = D^{2/3} \cdot (q_{об} (\frac{H}{T} \cdot \frac{1}{\gamma \cdot \delta})^{2/3} + q_{сн}) + q_{зв} \cdot N_{зв}^u +$$

$$+ q_T \cdot k_{мз} \cdot k_{вс} \cdot N_{зв}^з \cdot \frac{Z}{V_з} + P_{зр} + P_{бал};$$

де $D = 22741.3$ т — водотоннажність проекту.,

$a_{зв} = 0,01$ — частковий запас водотоннажності;

$q_{мк} = 0,11686$ — вимірник маси металевго корпусу, т/м³;

$q_{об} = 1,53505$ — вимірник маси обладнання, т/м²;

$q_{сн} = 0,21442$ — вимірник маси постачання, т/м²;

$q_{зв} = 0,063388$ — вимірник маси енергетичної установки, т/кВт;

$q_{тп} = 0,000178$ — вимірник маси палива на головний двигун, що

прийнято за каталогом, т/(кВт·год.);

δ_n — коефіцієнт повноти об'єму судна по ВП; розраховується за

формулою: $\delta_n = \delta \cdot \frac{T}{H} + 1,05 \cdot \alpha \cdot \left(1 - \frac{T}{H}\right);$

$N_{зв}^з = 5253$ кВт, — потужність головного двигуна при експлуатації;

$N_{зв}^u = 5920$ кВт, - потужність головного двигуна на випробуваннях.

					19.ДРБ.135.411.03.ПЗ.01	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$K_{мз} = 1,15$, — коефіцієнт морського запасу;

$K_{вс} = 1,15$, — коефіцієнт надбавки маси палива на загальносуднові потреби;

$Z=10000$ миль, — довжина кругового рейсу;

$v_s=16,0$ вуз., — експлуатаційна швидкість;

$P_z=11060$ т, — задана вантажопідємність;

$$\frac{H}{T}=1,436$$

$$\delta_n = 0,657 \cdot \frac{9,5}{14,75} + 1,05 \cdot 0,802 \cdot \left(1 - \frac{9,5}{14,75}\right) = 0,723$$

$$\bar{\delta}_n = 0,648 \cdot \frac{9,75}{13,2} + 1,05 \cdot 0,735 \cdot \left(1 - \frac{9,75}{13,2}\right) = 0,68$$

Розв'язання рівняння мас виконуємо будь-яким засобом—в даному випадку тим самим, що й в першому наближенні, а визначення головних розмірів аналогічно п.п.1.3.

Запишемо рівняння мас в наступному вигляді:

$$D \cdot \underbrace{\left(1 - 0,01 - 0,966 \cdot 0,11686 \cdot \frac{0,723}{0,657} \cdot 1,436\right)}_n =$$
$$D^{2/3} \cdot \underbrace{\left[1,53505 \cdot \left(1,436 \cdot \frac{1}{1,025 \cdot 0,657}\right)^{2/3} + 0,21442\right]}_m + \underbrace{0,063388 \cdot 5920 + 0,000178 \cdot 1,15 \cdot 1,15 \cdot 5262 \cdot \frac{10000}{16,0}}_A$$
$$+ 110600 + 4011$$

$$n = 0,81161; \quad m = 2,54312; \quad A = 16185,2065$$

Вирішуємо рівняння та записуємо у такому вигляді:

$$n \cdot D - m \cdot D^{\frac{2}{3}} - A = F(D)$$

$$0,81161 \cdot D - 2,7575 \cdot D^{2/3} - 16185,2065 = F(D)$$

Проведемо розрахунок n/n , m/n , A/n та отримаємо

$$\frac{m}{n} = \frac{2,757535}{0,81161} = 3,3976; \quad \frac{A}{n} = \frac{16185,2065}{0,81161} = 19942,098$$

					19.ДРБ.135.411.03.ПЗ.01	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$D - 3.3976 \cdot D^{2/3} - 19942.098 = F(D)$$

$$D_1 = 22741.3 \text{ т};$$

Після декількох перерахунків одержуємо

$$D = 22660 \text{ т};$$

$$22660 - 3.3976 \cdot (22660)^{2/3} - 19942.098 = F(D);$$

$F(D) = 0,416 \text{ т}$ — дана нев'язка є допустимою.

Водотоннажність судна у другому наближенні приймаємо: $D_2 = 22660 \text{ т}$.

Розв'яжемо рівняння плавучості у другому наближенні:

$$D_2 = K_{вч} \cdot \rho_{\delta} \cdot \delta_1 \cdot L_2 \cdot B_2 \cdot T_2,$$

де $K_{вч} = 1,02$, — коефіцієнт виступаючих частин.

Виразимо значення L і T через B , отримаємо:

$$B_2 = \sqrt[3]{\frac{D_2 \cdot \frac{B}{T}}{K_{вч} \cdot \delta_1 \cdot \rho_1 \cdot \frac{L}{B}}} = \sqrt[3]{\frac{22660 \cdot 2,595}{1,02 \cdot 0,657 \cdot 1,025 \cdot 5,6}} = 24,818 \text{ м}$$

$$\text{тоді } T_2 = \frac{B_2}{\left(\frac{B}{T}\right)} = 24,818 = 9,564 \text{ м};$$

$$H_2 = T_2 \cdot \left(\frac{H}{T}\right) = 9,6 \cdot 1,436 = 13,79 \text{ м};$$

$$L_2 = \frac{D_2}{\delta_1 \cdot T_2 \cdot B_2 \cdot K_{вч} \cdot \rho_{\delta}} = \frac{22660}{0,657 \cdot 9,564 \cdot 24,818 \cdot 1,02 \cdot 1,025} = 138,984 \text{ м}$$

Вірність розв'язання перевіримо, підставивши отриманні значення L_2 , B_2 ,

T_2 , δ_1 у рівняння плавучості:

$$D_2 = 1,02 \cdot 1,025 \cdot 0,657 \cdot 138,984 \cdot 24,818 \cdot 9,564 = 22660 \text{ т}$$

Приймаємо наступні значення:

$$B_2 = 24,8 \text{ м}; \quad T_2 = 9,6 \text{ м};$$

$$L_2 = \frac{D_2}{B_2 \cdot T_2 \cdot \delta \cdot \gamma \cdot k_{\delta.ч.}} = \frac{22660}{24,8 \cdot 9,6 \cdot 0,657 \cdot 1,025 \cdot 1,02} = 138,56 \text{ м}$$

Перевіримо значення водотоннажності:

$$D_2 = L_2 \cdot B_2 \cdot T_2 \cdot \delta \cdot \gamma \cdot k_{\delta.ч.} = 138,56 \cdot 24,8 \cdot 9,6 \cdot 0,657 \cdot 1,025 \cdot 1,02 = 22659,49 \text{ т}$$

					19.ДРБ.135.411.03.ПЗ.01	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Маючи значення головних розмірів та водотоннажності у другому наближенні, розподілимо водотоннажність по розділам масового навантаження див. таблицю “Визначення мас і розподіл навантаження мас проекту”

Визначення мас і розподіл навантаження мас проекту.

Найменування розділу навантаження	Розрахункова формула вимірників розділів навантаження	Розрахункова формула розділів навантаження проекту	Значення маси розділу навантаження проекту, т
Металевий корпус	$q_{mk} = \frac{\bar{P}_{mk}}{\bar{\delta}_n \cdot \bar{L} \cdot \bar{B} \cdot \bar{H}} = 0.11686$	$P_{mk} = 0,966 \cdot q_{vr} \cdot D_2 \cdot \frac{H}{T} \cdot \frac{\delta_n}{\delta}$	4042
Обладнання	$q_{ob} = \frac{\bar{P}_{ob}}{(\bar{L} \cdot \bar{B} \cdot \bar{H})^{2/3}} = 1,53505$	$P_{ob} = q_{ob} \cdot D_2^{2/3} \cdot \left(\frac{H}{T} \cdot \frac{1}{\delta \cdot \gamma} \right)^{2/3}$	2034
Постачання	$q_{cn} = \frac{\bar{P}_{cn}}{\bar{D}^{2/3}} = 0.21442$	$P_{cn} = q_{cn} \cdot D_2^{2/3}$	171
Енергетична установка	$q_{ey} = \frac{\bar{P}_{ey}}{N_{ey}} = 0,063388$	$P_{ey} = q_{ey} \cdot N_{гд}$	375.3
Паливо	_____	$P_{mn} = q_{mn} \cdot K_{M3} \cdot K_{BC} \cdot N_{гд} \cdot \frac{Z}{v_э}$	739.7
Запас водотоннажності	_____	$P_{36} = a_{36} \cdot D_2$	226
Вантажепід'ємність	_____	_____	11060
Баласт	_____	_____	4011
Вантажомісткість	_____	D_2	$\Sigma = 22659$

					09.ДП.100201.6116.13.ПЗ.01	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Сума усіх мас розділів наваттаження, вантажопід'ємності і баласту дорівнює значенню $D = 22659 \text{ т}$.

$$D - D_2 = 22659.76 - 22659 = 0,76 \text{ т} < 10 \text{ т}$$

Приймаємо значення водотоннажності $D=22659 \text{ т}$

Приймаємо наступні головні розмірності:

$$L=138.56 \text{ м}; \quad B=24.8 \text{ м}; \quad T=9,6 \text{ м}; \quad H=13,74 \text{ м}; \quad D=22659 \text{ т}$$

Вихідні данні для розрахунку задачі LS-1 (друге наближення)

довжина судна по ВВЛ $L_{вл} = 1,02 \cdot L_{nn} + 1 = 1.02 \cdot 138.56 + 1 = 142.33 \text{ м};$

ширина судна $B = 24.8 \text{ м};$

осадка в вантажі $T = 9,6 \text{ м};$

експлуатаційна швидкість ходу $v_s = 16,0 \text{ вуз};$

коефіцієнт загальної повноти по ВВЛ

$$\delta_{квл} = \frac{D}{L_{квл} \cdot B \cdot T \cdot k_{в.ч.} \cdot \gamma} = \frac{22659}{142.33 \cdot 24.8 \cdot 9.6 \cdot 1,02 \cdot 1,025} = 0,64$$

носова кінцевість- U —образна

кормова кінцевість V—образна.

Результат розрахунку приведено на наступній сторінці.

					19.ДРБ.135.411.03.ПЗ.01	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Значення потужності, отриманої на ЕОМ: $N_3=5253$ кВт;

$N_H=5899$ кВт.

Для вибору головного двигуна за каталогом скористуємось даними
приведеними в таблиці для МОД.

Приймаємо двигун 8S35MC

Номинальна потужність: $N = 5920$ кВт.

Частота обертів: $n=170$ об/хв.

Питома витрата палива: $q_T=178$ г/кВт·год.

Довжина двигуна $L=6009$ мм,

Ширина $B=2200$ мм,

Висота $H=6425$ мм.

					<i>19.ДРБ.135.4111.03.ПЗ.01</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

					19.ДРБ.135.4111.03.ПЗ.02		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат			
Студент		Дрюк Д.О.	<i>[Signature]</i>		Літ.	Арк.	Аркушів
Керівник		Шарун Г.В.	<i>[Signature]</i>	25.06	Розрахунки теорії корабля НУК		
Консультант		Пащенко Ю. М.	<i>[Signature]</i>				
Зав. Каф.		Коростильов Л.І.	<i>[Signature]</i>				

2.1. Побудова діаграм статичної та динамічної остійності

2.1.1. Загальна характеристика діаграм статичної та динамічної остійності

Діаграмою статичної остійності називається графік залежності плеча статичної остійності від кута крену. Цей графік також носить назву діаграми Ріда – по імені відомого англійського вченого-кораблебудівника. Статичною остійністю називається остійність, при якій судно витримує зовнішні статичні навантаження не перекидаючись.

Динамічна остійність – це остійність судна під дією динамічно-прикладених зовнішніх зусиль (шквали). Ці зусилля суттєво залежать від часу. Залежність роботи поновлюючого моменту від кута крену графічно зображається діаграмою динамічної остійності. Звичайно у якості ординат діаграми відкладають не саму роботу, а її відношення до водомісткості, яке називають плечем динамічної остійності.

2.1.2. Побудова діаграм остійності

У першу чергу потрібно накреслити робоче поле діаграм остійності. Для цього ми викреслюємо вісі абсцис та ординат. На вісь абсцис наносимо кути крену, а на вісь ординат плечі остійності. Спочатку будується діаграма статичної остійності, динамічну ж будемо викреслювати тільки після побудови статичної, оскільки вона потребує додаткових розрахунків. Дані для побудови ДСО в нас є (*див. роздруківку №4*).

$Q, ^\circ$	$L_{ст}, м$	Σ	$L_{дин}, м$
0	0	0	0
10	0,755	0,755	0,066
20	1,569	3,08	0,27
30	2,442	7,09	0,62
40	3,157	12,69	1,107
50	3,658	19,505	1,701
60	3,867	27,029	2,358
70	3,623	34,516	3,011
80	3,198	41,326	3,606
87	2,546	47,026	4,1

Дані для побудови діаграми динамічної остійності ми отримуємо наступним чином:

1. Розраховуємо суму Σ у такому порядку:

$$\begin{array}{l} L_{ст\ n} + \Sigma n \\ + \\ L_{ст\ (n+1)} = \Sigma(n+1) \end{array}$$

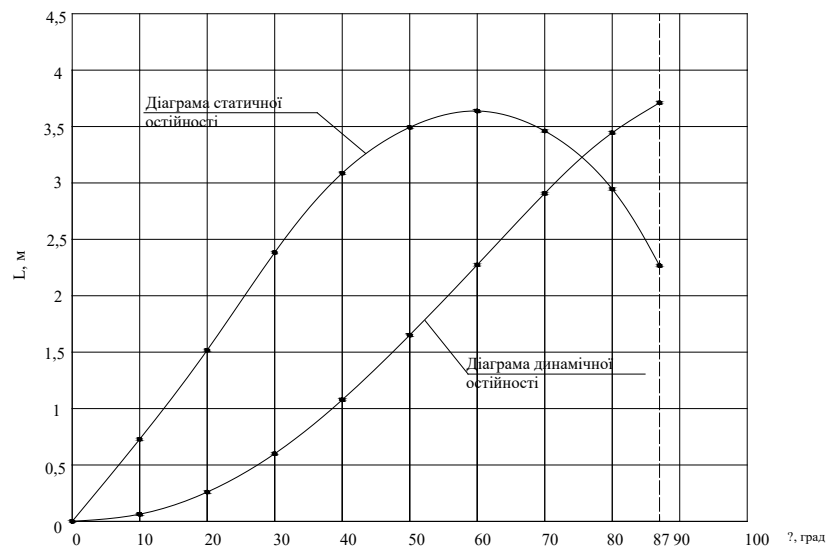
тобто сумуємо значення суми n-ого члена, плеча статичної остійності n-ого та (n+1) членів.

2.1.3. Розраховуємо значення плеча динамічної остійності за формулою:

					19.ДРБ.135.4111.03.ПЗ.02	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$L_{дин} = \frac{0.1745}{2} \times \Sigma$$

Після проведення всіх розрахунків у нас є можливість накреслити діаграму статичної та динамічної остійності (див. малюнок №1).



2.1.4. Критерій погоди

2.1.4.1. Загальні відомості

Остійність суден необмеженого та обмежених районів плавання I і II вважається за критерієм погоди K достатньою, якщо при найгіршому щодо остійності варіанті навантаження динамічно прикладений кренувальний момент від тиску вітру M_v дорівнює або менший, ніж перекидальний момент M_c , тобто якщо дотримані умови $M_v \leq M_c$ або

$$K = \frac{M_c}{M_v} \geq 1.0$$

Обчислюються і порівнюються площі а та б. Площа б обмежена кривою $l(\theta)$ відновлювальних плечей, горизонтальною прямою, що відповідає кренувальному плечу l_{w2} , і кутом крену $\theta_2=50^\circ$. Площа а обмежена кривою відновлювальних плечей прямою l_{w2} і кутом крену, який дорівнює $\theta_0-\theta_1$; Остійність судна за критерієм погоди $K = a/b$ вважається додатною, якщо площа б дорівнює або більша площі а, тобто $K \geq 1$.

2.1.4.2. Розрахунок амплітуди хитавиці

					19.ДРБ.135.411.03.ПЗ.02	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Амплітуда хитавиці судна з круглою скулою обчислюється за формулою:

$$\theta_r = 109 \times k \times X_1 \times X_2 \times \sqrt{r \times S}, \text{ де}$$

k – коефіцієнт, що враховує вплив скулових і/або брускового кілів і визначається у відповідності до Правил Регістру; $k = 1$, якщо кілі відсутні;

X_1 – безрозмірний множник, який визначається за таблицею №2 в залежності від відношення ширини до осадки B/T ;

Таблиця №2. Визначення величини X_1

B/T	$\leq 2,4$	2,6	2,8	3	3,2	3,4	3,5	3,6	4	4,5	5	5,5	6	$\geq 6,5$
X_1	1	0,96	0,93	0,9	0,86	0,82	0,8	0,79	0,78	0,76	0,72	0,68	0,64	0,62

$$B/T = 24,8 / 9,94 = 2,49$$

Так як для значення 2.49 точної величини X_1 не надано, скористаємося інтерполяцією:

$$X_1 = 1 + \frac{0,96 - 1}{2,6 - 2,4} \times (2,49 - 2,4) = 0,982;$$

X_2 – безрозмірний множник, який визначається за таблицею №3 в залежності від коефіцієнта загальної повноти судна δ ;

δ	$\leq 0,45$	0,5	0,55	0,6	0,65	$\geq 0,70$
X_2	0,75	0,82	0,89	0,95	0,97	1

Таблиця №3. Визначення величини X_2

$$\delta = 0,657$$

$$X_2 = 0,97 + \frac{1 - 0,97}{0,7 - 0,65} \times (0,657 - 0,65) = 0,982$$

r – параметр, який визначається за формулою:

$$r = 0,73 + 0,6 \times (z_g - T) / T, \text{ де}$$

$z_g = 11,3$ м – відносна апліката центра тяжіння судна;

$T = 9,94$ м – осадка судна

Значення r не повинно братися більше 1;

$$r = 0,73 + 0,6 \times (11,3 - 9,94) / 9,94 = 0,812;$$

S – безрозмірний множник, що визначається за таблицею №4 в залежності від

					19.ДРБ.135.4 111.03.ПЗ.02	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

району плавання судна і періоду хитавиці τ :

Район плавання судна	τ , с									
	≤ 5	6	7	8	10	12	14	16	18	≥ 20
Необмежений	0,1	0.100	0,098	0,093	0,079	0,065	0,053	0,044	0.038	0,035
Для всіх обмежених	0,1	0,093	0,083	0,073	0,053	0,04	0,035	0,035	0,035	0,035

Таблиця №4. Визначення величини S

$\tau = 12$ с, тому $S = 0.065$

Таким чином маємо:

$$\theta_r = 109 \times 1 \times 0,982 \times 0,982 \times \sqrt{0,812 \cdot 0,065} = 24.15^\circ$$

2.5.4.3. Розрахунок площі парусності, аплікати центра парусності та плеча кренувального моменту від тиску вітру:

1. Кренувальне плече l_{w1} , м береться постійним для всіх кутів крену і розраховується за формулою:

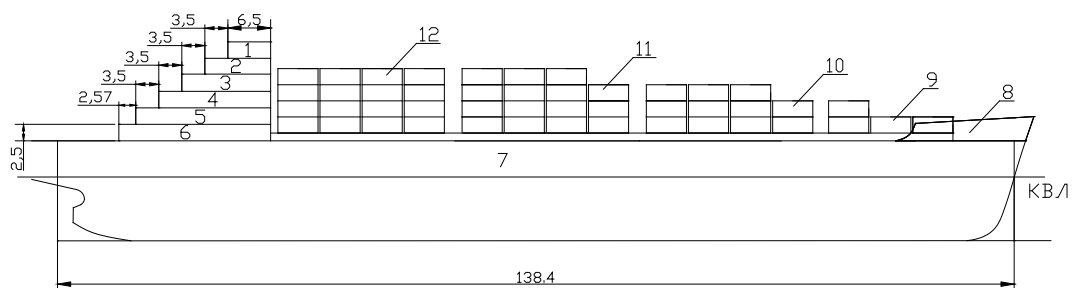
$$l_{w1} = p_v \cdot A_v \cdot Z_v / (1000 \cdot g \cdot D)$$

Z_v - плече парусності, м, яке береться рівним виміряній по вертикалі відстані від центра площі парусності A_v , до центра площі проекції підводної частини корпусу на ДП.

Знайдемо площу парусності та відстань центра парусності від площини діючої ватерлінії:

					19.ДРБ.135.4111.03.ПЗ.02	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Малюнок №2. Площа парусності судна.



Таблиця №5. Визначення відстані центра парусності від площини діючої ватерлінії

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Σ
$A_v, \text{м}^2$	16,25	23,94	35,26	42,5	51,25	57,68	723,4	56,74	29,77	59,54	178,61	416,75	1595,91
$z, \text{м}$	18,95	16,45	13,95	11,45	8,95	6,45	2,6	3,16	7,88	10,32	12,76	15,2	8,26
$A_v \times z$	307,94	393,81	491,88	486,63	458,69	372,04	1880,8	179,3	234,57	614,41	2279	6634,63	11428,65

Таким чином ми можемо отримати значення z :

$$z = \frac{\Sigma(A_v \times z)}{\Sigma A_v} = \frac{11428,65}{1595,91} = 7,16 \text{ м}$$

Тиск вітру p_v , Па, береться з таблиці №6 залежно від району плавання судна:

Район плавання судна	p_v , Па
Необмежений	504
Обмежений I	353
Обмежений II, IIЗП, IIIЗП	252

Таблиця №6. Визначення тиску вітру.

Наше судно має необмежений район плавання, отже $p_v = 504$ Па

$D = 23436,5 \text{ т}$ - водотоннажність судна

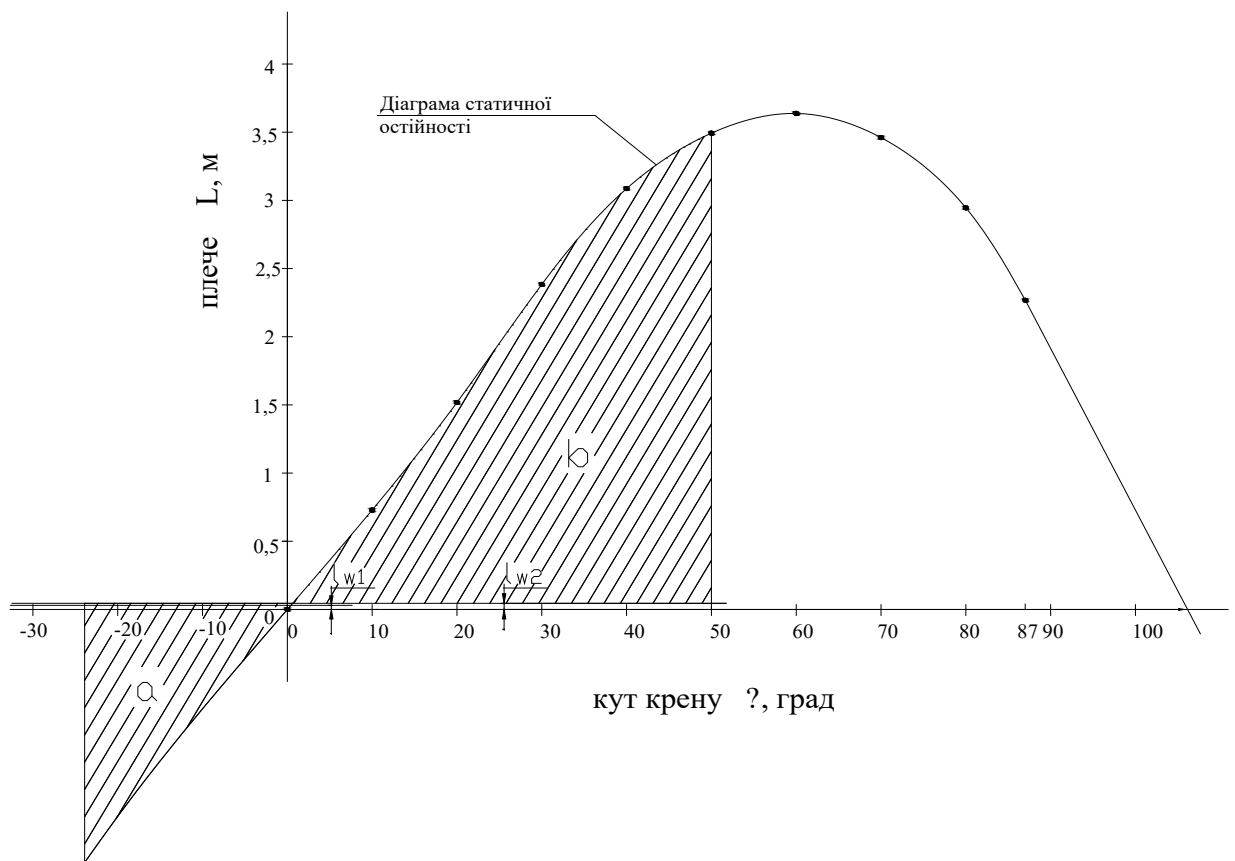
$$g = 9,81 \text{ м/с}^2$$

Тоді: $l_{w1} = 504 \cdot 1595,91 \cdot 7,16 / (1000 \cdot 9,81 \cdot 23436,5) = 0,025 \text{ м}$.

2.1.4.4. Кренувальне плече l_{w2} визначається за формулою:

$$l_{w2} = 1,5 \cdot l_{w1} = 0,0375 \text{ м}$$

					19.ДРБ.135.411.03.ПЗ.02	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Площа "а" = 21,75 м*град

Площа "б" = 94,16 м*град

$$K = b / a = 94,16 / 21,75 = 4,33$$

Згідно з вимогами Регістру до остійності:

- 1) Критерій погоди $K = 4,33 > 1$
- 2) Статичний кут крену $\theta_0 = 0,15^\circ$ від дії постійного вітру не перевищує 16°
- 3) Максимальне плече ДСО $l_{\max} = 3,63 \geq 0,2$ м для суден довжиною $L > 105$ м
 $\theta_m = 60^\circ \geq 30^\circ$;
- 4) Кут заочування ДСО $106^\circ > 60^\circ$;

Площа під додатною частиною діаграми

- до кута крену $30^\circ = 34,3 \text{ м} \cdot \text{рад} > 0,055 \text{ м} \cdot \text{рад}$
- до кута крену $40^\circ = 61,87 \text{ м} \cdot \text{рад} > 0,09 \text{ м} \cdot \text{рад}$
- між кутами крену 30 і $40^\circ = 27,6 \text{ м} \cdot \text{рад} > 0,03 \text{ м} \cdot \text{рад}$

Висновок: судно, що проектується, відповідає всім вимогам щодо остійності, встановлених Регістром України.

					19.ДРБ.135.4 111.03.ПЗ.02	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.3. Побудова кривих елементів теоретичного креслення

Графічне надання всіх теоретичних елементів судна та їх зміни в залежності від осадки судна називаються кривими теоретичного креслення. Всі криві будуються в функції від осадки.

Креслення включає наступні криві:

- Площа ватерлінії S , м²;

$$S = \int_{-L/2}^{L/2} y dx, \text{ де } y \text{ — текуча ордината ватерлінії.}$$

- Абсциса центру ваги площі ватерлінії X_f , м;

$$X_f = \frac{M_y}{S},$$

де $M_y = 2 \int_{-L/2}^{L/2} x y dx$ — статичний момент площі ватерлінії відносно лінії перетину її з площиною міделя.

- Об'ємна водотонажність V , м³;

$$V = \int_{-L/2}^{L/2} \omega dx, \text{ де } \omega = 2 \int_0^{18.9} y dz \text{ — площа шпангоута.}$$

- Масова водотонажність D , т;

- Абсциса центру величини X_c , м;

$$X_c = \frac{M_{mi\partial}}{V},$$

де $M_{mi\partial} = \int_{-L/2}^{L/2} M_y dz$ — статичний момент об'єму підводної частини судна відносно площини міделя.

- Апліката центру величини Z_c , м;

$$Z_c = \frac{M_{on}}{V},$$

де M_{on} — статичний момент об'ємної водотоннажності відносно основної площини.

- Момент інерції площі ватерлінії відносно поперечної вісі I_f , м⁴;

$$I_f = 2 \int_{-L/2}^{L/2} x^2 y dx$$

					19.ДРБ.135.4111.03.ПЗ.02	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Момент інерції площі ватерлінії відносно поздовжньої вісі I_x , м⁴;

$$I_x = \frac{2}{3} \int_{-L/2}^{L/2} y^3 dx$$

- Поздовжній метацентричний радіус R_y , м;

$$R_y = \frac{I_f}{V}$$

- Поперечний метацентричний радіус R_x , м;

$$R_x = \frac{I_x}{V}$$

- Апліката поперечного метацентричного радіусу Z_{mx} , м;

$$Z_{mx} = Z_c + R_x$$

- Апліката поздовжнього метацентричного радіусу Z_{my} , м;

$$Z_{my} = Z_c + R_y$$

- Коефіцієнт загальної повноти δ ;

$$\delta = \frac{V}{2y_i L_i T_i},$$

де y_i —найбільша ордината зануреної частини судової поверхні; L_i —найбільша

теоретична довжина зануреної частини судна; T_i —осадка.

- Коефіцієнт повноти мідель-шпангоуту β ;

$$\beta = \frac{\omega_{10}}{2y^n k \Delta T},$$

де в чисельнику занурена площа міделя при осадці по ватерлінію, що розглядається;

y^n —найбільша ордината зануреної частини міделю;

k —порядковий номер ватерлінії.

- Коефіцієнт повноти ватерлінії α ;

$$\alpha = \frac{S}{2L' y'},$$

де y' —найбільша ордината ватерлінії,

L' —довжина судна за даною ватерлінією, знята з “Боку” або “Напівшироти” теоретичного креслення.

					19.ДРБ.135.4 111.03.ПЗ.02	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.4. Побудова масштабу Бонжана

Масштаб Бонжана - це сукупність інтегральних кривих, що дають повні занурені площі шпангоутів у залежності від поглиблення і побудованих від слідів відповідних шпангоутів на діаметральній площині.

Масштаб Бонжана служить для визначення водотоннажності і положення ЦВ по довжині судна, а також для інших розрахунків, особливо при наявності значного диференту.

Побудова масштабу Бонжана виконується в наступній послідовності:

- до горизонтальної прямої, що представляє собою слід основної площини, через рівні проміжки, рівні $L/20$, відновлюються перпендикуляри - сліди теоретичних шпангоутів;
- паралельно основної лінії на відстані, рівній відстані між ватерлініями, проводяться теоретичні ватерлінії;
- від кожного сліду шпангоута, як від вісі вправо, на відповідних ватерлініях відкладаються чисельні значення площ шпангоутів (*див. додаток № 4*). Площі шпангоутів визначаються при генерації теоретичного креслення.

Для побудови масштабу Бонжана необхідно вибрати три масштаби:

1. По довжині, по якому розставляються шпангоути, 1:250;
2. По висоті - для поглиблення судна, 1:35;
3. По площі шпангоутів - для визначення, скільки квадратних метрів міститься в одному сантиметрі, в 1 см – 25 м²

За масштабом Бонжана дуже легко обчислити водотоннажність судна V і абсцису центра величини X_c для судна, що плаває з диферентом. У цьому випадку положення ватерлінії стосовно судна визначається осадкою носом і осадкою кормою. На носовому і кормовому перпендикулярі, у масштабі, прийнятому для осадки, відповідно відкладають осадку носом T_n і осадку кормою T_k . З'єднуючи отримані крапки прямої, одержимо слід ватерлінії на діаметральній площині. Крапки перетинання цього сліду з перпендикулярами,

					19.ДРБ.135.411.03.ПЗ.02	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

що відповідають положенню шпангоутів, дають осадку кожного шпангоута. Ординати кривих площ, проведені з цих крапок, дають у прийнятому масштабі площі занурених частин шпангоутів. Після того як ординати зняті, водотоннажність і абсциса центра величини обчислюються за формулою:

$$V = \int_{-L/2}^{L/2} \omega dx ;$$

$$x_c = \frac{M_{yz}}{V} ;$$

$$x_c = \frac{\int_{-L/2}^{L/2} \omega x dx}{\int_{-L/2}^{L/2} \omega dx} .$$

					19.ДРБ.135.4111.03.ПЗ.02	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.2. Генерація і побудова теоретичного креслення.

Генерація теоретичного креслення.

Для генерації теоретичного креслення використовуємо програму LS-19. Вона дає можливість проектувати в автоматичному режимі обведення суховантажних суден, танкерів, транспортних рефрижераторів, контейнеровозів, накатних і навалювальних судів.

Програма дозволяє генерувати теоретичне креслення в наступних діапазонах характеристик форми корпусу судна:

- коефіцієнт повноти водотоннажності 0,580 - 0,847;
- коефіцієнт повноти мідель-шпангоута 0,992 - 0,994;
- абсциса центра величини, віднесена до довжини +0,03 ...-0,04.

Прийнятий у програмі спосіб проектування суднової поверхні відноситься до графоаналітичного і заснований на використанні теоретичних креслень базових судів прототипів. Сутність його полягає в тому, що шукані суднові форми визначаються за допомогою інтерполяції між деяким числом обраних належним чином теоретичних креслень судів-прототипів.

В основі алгоритму розрахунку ординат теоретичного креслення лежать:

- інтерполяційний метод Ашика, що дозволяє одержати теоретичне креслення з заданими величинами коефіцієнтів загальної повноти і повноти мідель-шпангоута;
- метод перебудування стройової по шпангоутах, запропонований Лекєнбі, що дає можливість побудувати теоретичне креслення з заданої абсцисою центра величини.

Інтерполяційне перетворення враховує зміна лише коефіцієнта загальної повноти δ і вимагає наявності двох креслень-прототипів, коефіцієнти загальної повноти яких δ_1 та δ_2 такі, що $\delta_1 < \delta < \delta_2$, де δ - відноситься до проекту.

					19.ДРБ.135.4111.03.ПЗ.02	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Ординати теоретичного креслення проекту визначаються по наступній формулі:

$$Y(x,z) = K_y Y_1(x,z) + (1-K_y) \cdot Y_2(x,z),$$

де $Y_1(x,z)$ та $Y_2(x,z)$ - ординати теоретичного креслення проекту, першого і другого прототипу відповідно.

Величина K_y визначається по наступній формулі: $K_y = \frac{\delta_2 - \delta_1}{\delta_2 - \delta_1}$.

Визначимо властивість інтерполяційного перетворення, що буде використаний надалі:

- коефіцієнт повноти мідель - шпангоута проектного судна може бути отриманий по залежності: $\beta = K_y \cdot \bar{\beta}_1 + (1 - K_y) \cdot \bar{\beta}_2$.

Отже, справедливе співвідношення: $K_y = \frac{\bar{\beta}_2 - \beta_1}{\bar{\beta}_2 - \beta_1}$

Перебудування стройової по шпангоутах застосовується у випадку, коли необхідно одержати ординати теоретичного креслення при зміні абсциси центра величини. Для машинного розрахунку зручніше спосіб Х. Лекенбі, що і викладений нижче.

Основна формула способу: $Y(x,z) = \bar{Y}(x,z) + \frac{dy}{dz} \Delta x$,

де Δx - зсув шпангоута уздовж вісі Ох. У загальному випадку при наявності циліндричної вставки $l_{ц}$ та збільшення її довжини $\Delta l_{ц}$ величина Δx визначається виразом:

$$\Delta x_1 = (1 - F_i) \cdot \left[\frac{\Delta l_{ц}}{1 - l_{ц.н(к)}} + \frac{(F_i - l_{ц.н(к)}) \cdot \left(\Delta \varphi_{н(к)} - \Delta l_{ц} \cdot \frac{1 - \bar{\varphi}_{н(к)}}{1 - l_{ц.н(к)}} \right)}{\bar{\varphi}_{н(к)} \cdot (1 - 2\bar{x}_{с.н(к)}) - \bar{l}_{ц.н(к)} (1 - \bar{\varphi}_{н(к)})} \right],$$

де $F = \frac{l}{n_{н(к)}}$ - величина, зворотна кількості шпангоутів $n_{н(к)}$ у межах носової чи

кормової частини теоретичного креслення; i - порядковий номер шпангоута відлічуваного в ніс або в корму від міделя; $x_{с.н(к)}$ - безрозмірна (віднесена до

					19.ДРБ.135.411.03.ПЗ.02	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

половини довжини судна $0,5L_{nn}$) абсциса центра величини в носовій чи кормовій частині судна прототипу; $l_{ц.н(к)}$ - довжина циліндричної вставки кормової чи носової частини судна, віднесена до $0,5 L_{nn}$; $\Delta l_{ц}$ - збільшення довжини циліндричної вставки, обумовлена як $\Delta l_{ц} = l_{ц.н(к)} - \bar{l}_{ц.н(к)}$;

$\Delta \varphi_{н(к)}, \bar{\varphi}_{н(к)}$ - збільшення коефіцієнта подовжньої повноти носової (кормовий)

частини прототипу. Похідна $\frac{dy}{dx}$ - знайдеться в кінцевих різницях за

формулою:
$$\frac{dy}{dx_{Y=Y1}} = \frac{\bar{Y}_{i+1} - \bar{Y}_{i-1}}{\bar{x}_{i+1} - \bar{x}_{i-1}}$$

Визначимо важливе для подальшої властивості способу Х. Лекенбі:

- коефіцієнт повноти мідель - шпангоута в цьому випадку не змінюється, а збільшення коефіцієнта загальної повноти визначається як $\Delta \delta = \beta \cdot \Delta \varphi$

Коефіцієнт повноти площі конструктивної ватерлінії не задається, його значення виходить пропорційно коефіцієнту інтерполяції, використовуваному при перебудуванні вихідних креслень-прототипів.

Результати розрахунку програми приведені на роздруківці, яка додається на стор.

Побудова теоретичного креслення.

Побудова теоретичного креслення починається з креслення сітки. Вона будується у відповідності зі схемою розбивки теоретичних шпангоутів і ватерліній. Сітку варто виконувати тушшю тонкими лініями. Неточності, допущені при її побудові, можуть привести до неможливості узгодження теоретичного креслення, тому вона повинна бути накреслена надзвичайно ретельно, із застосуванням металевих лінійок і обов'язковою перевіркою діагоналей прямокутників, що не повинні відрізнятися друг від друга не більше ніж на 0,5 мм. Перпендикуляри до основної лінії сітки рекомендується відновлювати за допомогою геометричної побудови.

					19.ДРБ.135.4111.03.ПЗ.02	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Теоретичне креслення виконують по 21 (0 - 20) шпангоуті і 8 (0 - 7) ватерлініям: 5 - у підводній частині і 2 - у надводній. Число батоксів - два.

Після побудови діаметрального батокса варто приступити до креслення шпангоутів на проекції КОРПУС. Для цього використовують ординати теоретичного креслення, отримані за допомогою ЕОМ. Потім на проекцію НАПІВШИРОТА переносять ординати усіх ватерліній, а також крапки перетинання діаметрального батокса з ними. Отримані в такий спосіб для кожної ватерлінії крапки всі необхідні крапки варто з'єднати плавними лініями.

Для побудови батоксів необхідно з проекції НАПІВШИРОТА перенести крапки перетинання батоксів з ватерлініями на відповідні ватерлінії проекції БІК, а проекції КОРПУС - перетинання батоксів зі шпангоутами - на шпангоути проекції БІК і з'єднати ці крапки плавної кривої.

Завершується побудова коректуванням теоретичного креслення, що забезпечує плавність обведень. Спочатку варто домогтися плавності батоксів що, можливо, вимагатиме переміщення відповідних крапок на проекції БІК і НАПІВШИРОТА. Потім відпрацьовують плавність ватерліній і проводять коректування побудованих шпангоутів проекції КОРПУС.

Теоретичне креслення представлене в графічній частині до пояснювальної записки на кресленні.

					19.ДРБ.135.4 111.03.ПЗ.02	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.3. Проектування загального розташування судна.

2.3.1.Зміст креслень загального розташування.

Кресленнями загального розташування судна називаються такі креслення, на яких показане розміщення всіх приміщень, необхідних для забезпечення експлуатаційних, навігаційних якостей і населеності судна.

Креслення загального розташування містять:

- боковий вид;
- поздовжній переріз;
- план верхньої палуби;
- план другого дна.

Масштаб креслень загального розташування відповідає масштабу теоретичного креслення (1:200).

На кресленнях загального розташування показується:

- розташування водонепроникних перебірок;
- розміщення суднових запасів;
 - енергетична установка (головний двигун, валопровід, електростанція та ін.);
- усі двері, трапи, люки, ілюмінатори;
 - загальносуднові пристрої (рульове, якірне, рятувальне, швартовне, вантажне та ін.);
- радіоантени, радіолокаційні антени, антени радіопеленгаторів;
- навігаційні і ходові вогні;
- основне навігаційне устаткування;
- гвинто - рульовий комплекс.

2.2.2. Класифікація суднових приміщень.

Приміщення на транспортному судні розділяються на три основні групи рекомендації А.В. Броннікова):

- спеціальні - необхідні для виконання судном його основного призначення.

На вантажному судні це трюми, твіндеки, діптанки, наливні танки; на

					19.ДРБ.135.4111.03.ПЗ.02	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

промислових - приміщення для технологічного устаткування по обробці та зберіганні риби і т.д. Спеціальні приміщення принципово впливають на просторову композицію приміщень судна;

- службові - необхідні для нормальної експлуатації судна як плавучого спорудження. До них відносяться приміщення:
 - головних механізмів—машинного та котельного відділення;
 - допоміжних механізмів—електростанції, насосні відділення, приміщення допоміжних котлів, якірних механізмів, румпельного відділення та ін.;
 - навігаційних запасів—цистерни палива, мастила, живильної води для котлів;
 - навігаційно - рульова і штурманська рубка, радіорубка гіро компасна, трансляційна, АТС та ін.;
 - загальносуднові господарські—теслярська, шкіперська, тросова, ліхтарна, малярська та інші комори;
 - баластові цистерни;
 - ланцюгові ящики;
 - коффердами;
 - тунель гребного вала;
- приміщення екіпажу. У їхній склад входять:
 - житлові - каюти команди і комскладу;
 - суспільні - кают-компанія, салони команди і комскладу, їдальня, червоний куточок, спортзал, плавальний басейн та ін.;
 - санітарно-гігієнічні - лазні, душові, умивальні, туалетні;
 - господарські і побутові - суднова канцелярія, камбуз, хлібо-пекарня, буфет, провізійні комори, пральня, комори білизни та ін.;
 - медичні - амбулаторія, лазарет, ізолятор та ін.

					19.ДРБ.135.411.03.ПЗ.02	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

					19.ДРБ.135.4111.03.ПЗ.03			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат	Набір корпусу за Правилами Регістру	Літ.	Арк.	Аркушів
Студент		Дрюк Д.О.	<i>Дрюк Д.О.</i>					
Керівник		Шарун Г.В.	<i>Шарун Г.В.</i>	25.06		НУК		
Консультант		Шарун Г.В.	<i>Шарун Г.В.</i>	25.06				
Зав. Каф.		Коростильов Л.І.	<i>Коростильов Л.І.</i>					

3. Набір корпусу за Правилами класифікаційного товариства.

3.1. ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО СУДНО, ЩО ПРОЕКТУЄТЬСЯ

3.1.1 Опис архітектурно-конструктивного типу судна

Проектоване судно є контейнеровозом з кормовим розташуванням машинного відділення і житлової надбудови, з подовженим баком, U-образним носом і транцевою кормою. Судно має надлишковий надводний борт, поперечні водонепроникні перегородки.

Схему поздовжнього перерізу корпусу з розділенням судна на відсіки див. (рис.1).

Категорія	Позначення	Величина
Довжина, м	L	138.4
Ширина, м	B	24.8
Висота борту, м	D	15.14
Осадка, м	d	9.94
Коефіцієнт загальної повноти	C_B	0.657
Коефіцієнт повноти площі МШ	C_M	0.983
Коефіцієнт повноти площі ВВЛ	C_W	0.802
Швидкість ходу експлуатаційна, вузли	v	16

3.1.2. Вибір шпацій

Нормальна шпація в середній частині судна визначається за формулою

$$a_0 = 0,002L + 0,48$$

м, де L - довжина між перпендикулярами, м.

$$a_0 = 0,002 \cdot 138.4 + 0,48 = 0,757 \text{ м.}$$

Правила дозволяють відхилення взятої шпації від нормальної в межах $\pm 25 \%$. Розраховану величину шпації необхідно округлити: взяти рівною величині стандартної шпації згідно з ОСТ 5.1099-78.

Приймаю: поздовжня шпація рівна поперечній $a_0 = 800$ мм.

					19.ДРБ.135.4111.03.ПЗ.03	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Характеристика сталі наведена в табл.3.1.

Таблиця 3.1

Границя плинності, R_{eH}		315	МПа
Коефіцієнт використання механічних властивостей, η		0,78	
Нижня границя температури, t_{min}		-60	°C
Відносне подовження		18	%
Приблизна вартість 1т (відносно вартості 1т сталі ВСт3сп)		130	%
Нормативна границя плинності	За нормальним напруженням, σ_n	301,3	МПа
	За дотичним напруженням, τ_n	171,7	МПа

Як розрахункові характеристики міцності матеріалу в Правилах взято нормативні границі плинності за нормальними σ_n і дотичними τ_n напруженнями: $\sigma_n = 235/\eta$, $\tau_n = 0.57 \cdot \sigma_n$, МПа, де η - коефіцієнт, що визначається за табл.3.1.

3.1.5. Креслення обводів мідель-шпангоута

Підйом t лінії днища і радіус R закруглення скули визначаються за формулами

$$t = d \cdot (1 - C_m); \quad R = \sqrt{\frac{B \cdot t}{0,86}} \text{ м,}$$

$$t = 9,94 \cdot (1 - 0,983) = 0,169 \text{ м;} \quad R = \sqrt{\frac{24,8 \cdot 0,169}{0,86}} = 2,15 \text{ м;}$$

де $d = 9,94$ м – осадка; $B = 24,8$ м – ширина судна; $C_m = 0,983$ – коефіцієнт повноти мідель-шпангоута. Висота подвійного дна розраховується за формулою

$$h = \frac{L - 40}{570} + 0,04 \cdot B + 3,5 \cdot \frac{d}{L} \geq 0,65 \text{ м}$$

$$h = \frac{138,4 - 40}{570} + 0,04 \cdot 24,8 + 3,5 \cdot \frac{9,94}{138,4} = 1,4 \text{ м,}$$

приймаю $h = 1,4$ м.

Внутрішнє дно на судні простягається від форпикової до ахтерпикової перегородки та від борту до борту.

					19.ДРБ.135.4111.03.ПЗ.03	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Крайній пояс внутрішнього дна (міждонний лист) горизонтальний.

Ширина вантажних люків і шахти машинного відділення наведена в завданні. Ширина горизонтального кіля визначається за формулою

$$b_k = 800 + 5 \cdot L \leq 2000 \text{ мм};$$

$$b_k = 800 + 5 \cdot 138.4 = 1492 \text{ мм.}$$

Приймаю $b_k = 2000 \text{ мм}$.

Комінгс верхньої палуби знаходиться в одній площині з днищевими стрингерами. Місця розміщення поздовжніх балок основного набору позначаються, починаючи від діаметральної площини, і не збігаються з пазами листів. Мінімальна відстань між пазами листів і лініями зварювання поздовжніх балок — 75 мм.

3.1.6 Урахування зносу і корозії в'язей корпусу

Урахування впливу зносу і корозії на розміри в'язей корпусу ґрунтується на нормуванні міцності в середині періоду експлуатації конструкції. Будівельна товщина, яку вимагають Правила для листових конструкцій, визначається за формулою

$$S = S' + \Delta S; \Delta S = U(T - 12),$$

де S' - товщина листа, мм, яка відповідає середині періоду служби судна; ΔS - запас на знос і корозію, мм; U - середньорічне зменшення товщини в'язі, мм/рік, внаслідок зносу і корозії, яке беруть відповідно до табл. 3.2; T - період служби конструкції, роки, (береться $T = 24$ роки); якщо $T < 12$ років, то $\Delta S = 0$.

Таблиця 3.2.

Номер пункту Правил	Елементи конструкції корпусу	U , мм/рік, група I
1.1	Настил верхньої палуби	0,10
1.2	Настил нижніх палуб і платформ	0,11
2.1.2	Зовнішня обшивка борту	0,17
3.1.4	Зовнішня обшивка дна	0,20
4.1.2	Настил другого дна у вантажному трюмі	0,15
4.1.4	Настил другого дна в машинному відділенні	0,20

4.2.4	Міждонний лист	0,20
5.1.3	Обшивка поперечних перегородок і внутрішнього борту	0,13
6.1	Поздовжні балки палуби, бінси, рамні бінси, карлінгси палуб і платформ	0,12
7.1	Поздовжні балки борту, основні і рамні шпангоути, стояки, горизонтальні рами перегородок	0,10
8.2	Вертикальний кіль, днищеві стрингери, флори, поздовжні балки днища і другого дна у відсіках подвійного дна	0,20
9.1	Обшивка і набір надбудов, рубок і фальшборту	0,10

					19.ДРБ.135.4.111.03.ПЗ.03	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.2. РОЗРАХУНКОВІ НАВАНТАЖЕННЯ

3.2.1. Розрахункові навантаження на корпус судна

Розрахункові навантаження на корпус судна з боку моря визначаються статичним P_{st} і хвильовим P_w тиском води. Розрахунковий статичний тиск P_{st} , кПа, для точок, які розташовані нижче ватерлінії, визначається за формулою $P_{st} = 10 \cdot z_i$, де z_i - відстань точок прикладання навантаження від ватерлінії, м. Розрахунковий тиск для точок прикладання навантаження, розташованих нижче ватерлінії,

$$P = P_w + P_{st}, \text{ кПа};$$

для точок прикладання навантаження, розташованих вище ватерлінії,

$$P = P_w, \text{ кПа}.$$

Хвильовий тиск:

– для точок прикладання навантажень, розташованих нижче ватерлінії,

$$P_w = P_{w0} - 1,5 \cdot C_w \cdot z_i / d, \text{ кПа}$$

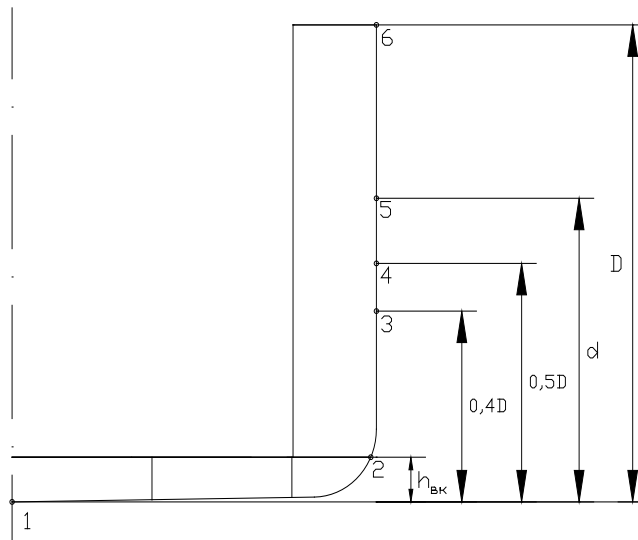


Рисунок №2. Визначення навантажень з боку моря

					19.ДРБ.135.411.03.ПЗ.03	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для точки 1, коли $z_i = 9,94$ м $P_w = 26,1 - 1,5 \cdot 8,7 \cdot 9,94 / 9,94 = 13,05$ кПа

$$P_{st} = 10 \cdot z_i = 10 \cdot 9,94 = 99,4 \text{ кПа}$$

$$P = P_w + P_{st} = 13,05 + 99,4 = 112,45 \text{ кПа}$$

Для точки 2, коли $z_i = 8,54$ м $P_w = 26,1 - 1,5 \cdot 8,7 \cdot 8,54 / 9,94 = 14,89$ кПа

$$P_{st} = 10 \cdot z_i = 10 \cdot 8,54 = 85,4 \text{ кПа}$$

$$P = P_w + P_{st} = 14,89 + 85,4 = 100,29 \text{ кПа}$$

Для точки 3, коли $z_i = 3,88$ м $P_w = 26,1 - 1,5 \cdot 8,7 \cdot 3,88 / 9,94 = 21$ кПа

$$P_{st} = 10 \cdot z_i = 10 \cdot 3,88 = 38,8 \text{ кПа}$$

$$P = P_w + P_{st} = 21 + 38,8 = 59,8 \text{ кПа}$$

Для точки 4, коли $z_i = 2,37$ $P_w = 26,1 - 1,5 \cdot 8,7 \cdot 2,37 / 9,94 = 23$ кПа

$$P_{st} = 10 \cdot z_i = 10 \cdot 2,37 = 23,7 \text{ кПа}$$

$$P = P_w + P_{st} = 23 + 23,7 = 46,7 \text{ кПа}$$

Для точки 5, коли $z_i = 0$ $P_w = P_{wo} = 26,1$ кПа

$$P_{st} = 0$$

— для точек прикладання навантаження, розташованих вище ватерлінії,

$$P_w = P_{wo} - 7,5 \cdot a_x \cdot z_i \geq P_{\min} = 0,03 \cdot L + 5 \text{ м}$$

Для точки 6, коли $z_i = 5,2$ $P_w = P_{wo} - 7,5 \cdot a_x \cdot z_i \geq P_{\min} = 0,03 \cdot L + 5$

$$P_w = 26,1 - 7,5 \cdot 0,267 \cdot 5,2 = 15,69 \text{ кПа,}$$

$$P_{\min} = 0,03 \cdot 138,4 + 5 = 9,152 \text{ кПа; } P_w = 15,69 \text{ кПа} > P_{\min} = 9,152 \text{ кПа}$$

$$P_{wo} = 5 \cdot C_w \cdot a_v \cdot a_x, \text{ - хвильовий тиск}$$

					19.ДРБ.135.4111.03.ПЗ.03	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Результат множення $a_v \cdot a_x$ необхідно брати не менше 0,6, при цьому повинно бути $a_x \geq 0,267$, C_w - хвильовий фактор:

$$C_w = 10,75 - \left(\frac{300 - L}{100} \right)^{3/2} \quad \text{при } 90 < L < 300 \text{ м;}$$

$$C_w = 10,75 - \left(\frac{300 - 138,4}{100} \right)^{3/2} = 8,7$$

$$a_v = \frac{0,8 \nu_0 \left(\frac{L}{10^3} + 0,4 \right)}{\sqrt{L}} + 1,5; \quad a_x = k_x \left(1 - 2 \frac{x_1}{L} \right) \geq 0,267;$$

$$a_v = \frac{0,8 \cdot 16 \cdot \left(\frac{138,4}{10^3} + 0,4 \right)}{\sqrt{138,4}} + 1,5 = 2,085;$$

$$a_x = 0,8 \cdot \left(1 - 2 \cdot \frac{64,9}{138,4} \right) = 0,086, \text{ приймаю } a_x = 0,267$$

$$a_v \cdot a_x = 2,085 \cdot 0,267 = 0,556 \leq 0,6, \text{ приймаю } a_v \cdot a_x = 0,6$$

$$P_{wo} = 5 \cdot 8,7 \cdot 0,6 = 26,1 \text{ кПа.}$$

де $\nu_0 = 16$ вуз – специфікаційна швидкість судна;

$k_x = 0,8$ для поперечних перерізів у ніс від міделя;

$x_1 = 64,9$ м - відстань розглядуваного поперечного перерізу від ближнього носового перпендикуляра, м.

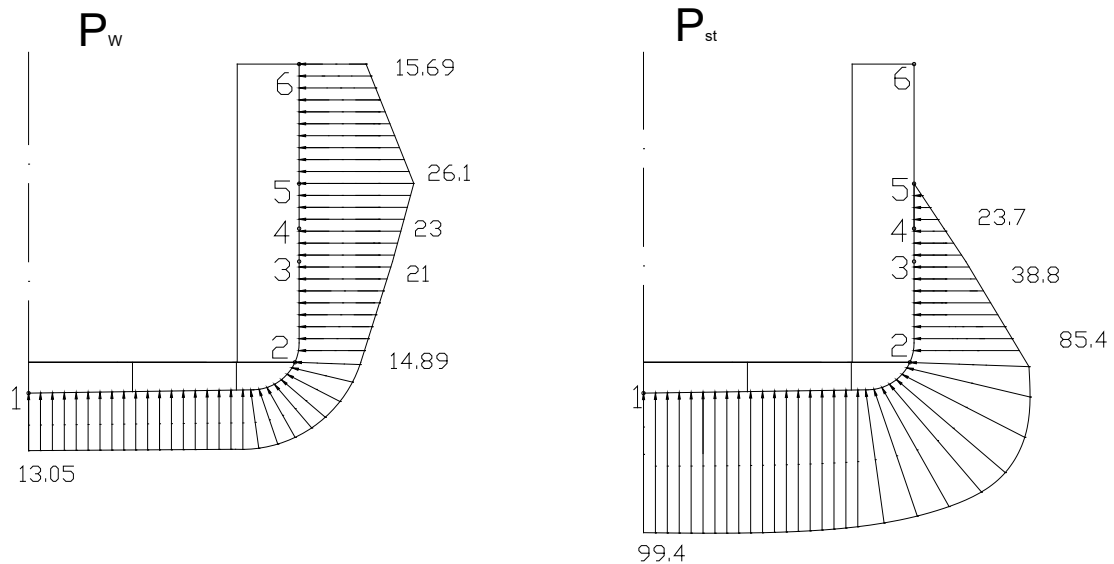
№ точок	Відстань до точок z_i , м	Статичний тиск P_{st} , кПа	Хвильовий тиск P_w , кПа	Розрахунковий тиск P , кПа
1	9,94	99,4	13,05	112,45
2	8,54	85,4	14,89	100,29
3	3,88	38,8	21	59,8
4	2,37	23,7	23	46,7
5	0	0	26,1	26,1
6	5,2	-	15,69	15,69

Таблиця №3.3 Визначення розрахункового тиску

Розподіл навантажень P_w і P_{st} по контуру поперечного перерізу

					19.ДРБ.135.4111.03.ПЗ.03	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

судна показаний нижче:



Малюнок №3. Величини хвильового та статичного тисків

3.2.2. Навантаження, викликані вантажем, що перевозиться

Розрахунковий тиск на друге дно від контейнерів визначається за формулою

$$P_{\sigma} = \frac{P_k \cdot N}{S_k} \cdot g \cdot \left(1 + \frac{a_z}{g}\right) \geq 20 \text{ кПа},$$

де $P_k=14$ – вага одного контейнера, т; $N=6$ – кількість ярусів контейнерів в трюмі, од.; $S_k=2,44 \cdot 6,1=14,88$ – площа основи контейнера, м^2 , $g=9,81 \text{ м/с}^2$ – прискорення вільного падіння; a_z – розрахункове прискорення, м/с^2 , у вертикальному напрямку, яке знаходиться за формулою:

$$a_z = \sqrt{a_{cz}^2 + a_{kz}^2 + 0,4 \cdot a_{\sigma z}^2}, \text{ м/с}^2,$$

де a_{cz} – проекція прискорення, м/с^2 , центра ваги судна на вертикальну вісь у розглядуваній точці; $a_{kz}, a_{\sigma z}$ – проекції прискорень, м/с^2 , на вертикальну вісь у розглядуваній точці відповідно від кільової і бортової хитавиці.

Проекції прискорень визначаються за формулами:

$$a_{cx} = 0,2 \cdot \left(\frac{100}{L}\right)^{\frac{1}{3}} \cdot g, \text{ м/с}^2$$

$$a_{kz} = \left(\frac{2 \cdot \pi}{T_k}\right) \cdot \psi \cdot x_0, \text{ м/с}^2$$

					19.ДРБ.135.4111.03.ПЗ.03	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$a_{\bar{\sigma}z} = \left(\frac{2 \cdot \pi}{T_{\bar{\sigma}}} \right)^2 \cdot \theta \cdot y_0, \text{ м/с}^2$$

$$\text{де } T_k = \frac{0,8 \cdot \sqrt{L}}{1 + 0,4 \cdot \frac{\nu_0}{L} \cdot \left(\frac{L}{10^3} + 0,4 \right)}; \quad T_{\bar{\sigma}} = \frac{c \cdot B}{\sqrt{h}}, \text{ с};$$

$$\psi = \frac{0,23}{1 + L \cdot 10^{-2}}; \quad \theta = \frac{0,6}{1 + 0,5 \cdot L \cdot 10^{-2}},$$

де T_k , $T_{\bar{\sigma}}$ – періоди кільової і бортової хитавиці, с, відповідно; ψ , θ – розрахункові кути диференту і крену, рад, відповідно; $x_0 = 29,08$ м – відстань розглядуваної точки від поперечної площини, що проходить через центр ваги судна, м; $y_0 = B/2 = 12,4$ м – відстань розглядуваної точки від діаметральної площини, м; $\nu_0 = 16,0$ вузл. – специфікаційна швидкість судна, вузли; $c=0,8$ – числовий коефіцієнт; $h=0,07B=1,74$ м – метацентрична висота в найбільш несприятливих умовах експлуатації судна, м.

$$\text{Отримаємо: } a_{cz} = 0,2 \cdot \left(\frac{100}{L} \right)^{\frac{1}{3}} \cdot g = 0,2 \cdot \left(\frac{100}{138,4} \right)^{\frac{1}{3}} \cdot 9,81 = 1,76 \text{ м/с}^2,$$

$$T_k = \frac{0,8 \cdot \sqrt{L}}{1 + 0,4 \cdot \frac{\nu_0}{L} \cdot \left(\frac{L}{10^3} + 0,4 \right)} = \frac{0,8 \cdot \sqrt{138,4}}{1 + 0,4 \cdot \frac{16}{138,4} \cdot \left(\frac{138,4}{10^3} + 0,4 \right)} = 9,18 \text{ с}$$

$$\psi = \frac{0,23}{1 + L \cdot 10^{-2}} = \frac{0,23}{1 + 138,4 \cdot 10^{-2}} = 0,096 \text{ рад.}$$

$$a_{kz} = \left(\frac{2\pi}{T_k} \right)^2 \cdot \psi \cdot x_0 = \left(\frac{2 \cdot 3,14}{9,18} \right)^2 \cdot 0,096 \cdot 29,08 = 1,306 \text{ м/с}^2,$$

$$h = 0,07 \cdot B = 0,07 \cdot 24,8 = 1,736 \text{ м.}$$

$$\dot{O}_i = \frac{c \cdot B}{\sqrt{h}} = \frac{0,8 \cdot 24,8}{\sqrt{1,736}} = 15,06 \text{ с};$$

$$\theta = \frac{0,6}{1 + 0,5 \cdot L \cdot 10^{-2}} = \frac{0,6}{1 + 0,5 \cdot 138,4 \cdot 10^{-2}} = 0,35 \text{ рад.}$$

					19.ДРБ.135.4111.03.ПЗ.03	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.3. ЗАГАЛЬНА ПОЗДОВЖНЯ МІЦНІСТЬ СУДНА

Для розрахунку загальної поздовжньої міцності корпусу судна необхідно визначити згинальні моменти M_{sw} і перерізуючі сили N_{sw} на тихій воді для основних випадків навантаження судна за стандартними програмами, причому розрахунковий згинальний момент на тихій воді, одержаний інтегруванням кривої навантаження судна, повинен бути не менший від $M_{sw} = \pm 76 \cdot C_w \cdot B \cdot L^2 \cdot (C_b + 0,7) \cdot 10^{-3}$ кНм, де згинальні моменти, які викликають перегин корпусу судна, вважаються додатними, а прогин - від'ємними. $M_{sw} = \pm 76 \cdot 8,7 \cdot 24,8 \cdot 138,4^2 \cdot (0,657 + 0,7) \cdot 10^{-3} = \pm 426222,7$ кНм.

Хвильовий згинальний момент, який викликає перегин корпусу судна, визначається за формулою

$$M_w = 190 \cdot C_w \cdot B \cdot L^2 \cdot C_b \cdot 10^{-3} \text{ кНм,}$$

$$M_w = 190 \cdot 8,7 \cdot 24,8 \cdot 138,4^2 \cdot 0,657 \cdot 10^{-3} = 515896 \text{ кНм.}$$

Хвильовий згинальний момент, який викликає прогин корпусу судна, знаходиться за формулою

$$M_w = -110 C_w B L^2 (C_b + 0,7) 10^{-3} \text{ кНм}$$

$$M_w = -110 \cdot 8,7 \cdot 24,8 \cdot 138,4^2 \cdot (0,657 + 0,7) \cdot 10^{-3} = -616901 \text{ кНм}$$

де C_w - хвильовий коефіцієнт; C_b - коефіцієнт загальної повноти судна ($C_b > 0,6$).

Момент опору поперечного перерізу корпусу судна (для палуби і днища) в середній частині повинен бути не менший за

$$W = \frac{M_T}{\sigma} \cdot 10^3, \text{ м}^3,$$

де $M_T = |M_{sw} + M_w|$ - розрахунковий згинальний момент, кНм, у розглядуваному перерізі судна, який дорівнює максимуму абсолютної величини алгебраїчної суми складових моментів M_{sw} і M_w ; $\sigma = 175/\eta$ - допустимі напруження, МПа; $\eta = 0,78$ - коефіцієнт використання механічних властивостей.

Сумарний згинальний момент:

					19.ДРБ.135.4111.03.ПЗ.03	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- при перегині

$$M_{\Sigma 1} = |M_{sw} + M_w| = 426222.7 + 515896 = 942118.7 \text{ кН}\cdot\text{м},$$

- при прогині

$$M_{\Sigma 2} = |M_{sw} + M_w| = |-426222.7 - 616901| = 1043123.7, \text{ кН}\cdot\text{м},$$

$$W = \frac{1043123.7}{224,36} \cdot 10^3 = 4649330 \text{ см}^3 = 4.65 \text{ м}^3$$

$$\sigma - \text{допустимі напруження, МПа; } \sigma = \frac{175}{\eta} = \frac{175}{0,78} = 224,36 \text{ МПа}$$

Момент опору поперечного перерізу корпусу в середній частині судна (для палуби і днища) повинен бути не менший за

$$W_{\min} = C_w \cdot B \cdot L^2 \cdot (C_b + 0,7) \cdot \eta,$$

$$W_{\min} = 8,7 \cdot 24.8 \cdot 138.4^2 \cdot (0,657 + 0,7) \cdot 0,78 = 4374390 \text{ см}^3 = 4,37 \text{ м}^3$$

$$W = 4.65 \text{ м}^3 > W_{\min} = 4,37 \text{ м}^3$$

Приймаємо розрахунковий момент опору $W = 4649330 \text{ см}^3$

Момент інерції поперечного перерізу корпусу в середній частині судна повинен бути не менший за

$$I_{\text{номр}} = 3 \cdot C_w \cdot B \cdot L^3 \cdot (C_b + 0,7),$$

$$I_{\text{ндо}} = 3 \cdot 8,7 \cdot 24.8 \cdot 138.4^3 \cdot (0,657 + 0,7) = 23,28 \cdot 10^8 \text{ м}^4$$

$e = (0,34 + 0,06L \times 10^{-2}) \times D \text{ м}$ - відстань нейтральної осі від основної площини.

$$e = (0,34 + 0,06 \times 138.4 \times 10^{-2}) \times 15.14 = 6.4 \text{ м}$$

$I^* = W \times (D - e) \times 10^2 \text{ см}^4$ – розрахунковий момент інерції

$$I^* = 4649330 \times (15.14 - 6.4) \times 10^2 = 40.64 \times 10^8 \text{ см}^4$$

Одержані величини W і I використовуються для порівняння з геометричними характеристиками еквівалентного бруса, які розраховані для міделевого перерізу корпусу судна.

					19.ДРБ.135.4111.03.ПЗ.03	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.4. РОЗРАХУНОК ЕКВІВАЛЕНТНОГО БРУСУ ТА ПЕРЕВІРКА ЗАГАЛЬНОЇ ПОЗДОВЖНЬОЇ МІЦНОСТІ

Таблиця 3.7. Розрахунок еквівалентного бруса.

№ п/п	Найменування в'язей	Розміри в'язей, мм	Площа перерізу вязі, F, см ²	Відстань ц. в. площі перерізу вязі від порівняль ної осі, z, м	$F \cdot z$, см ² · м	$F \cdot z^2$, см ² · м ²	Власний момент інерції площі перерізу вязі, i , см ² · м ²
1.	Стінка комінгсу	11*1200	132	15,74	2077,68	32702,683	
2.	Полка комінгсу	15*200	30	16,34	490,2	8009,868	0
3.	РЖ комінгсу	16а	18	16,1	289,8	4665,78	0
4.	Лист настилу ВП	17*2800	476	15,14	7206,64	109108,53	0
5.	Ширстрек	17*2000	340	14,14	4807,6	67979,464	100
6.	Лист обшивки зовнішнього борту	14*2600	364	11,84	4309,76	51027,558 4	205,5
7.	Лист обшивки зовнішнього борту	14*2800	392	9,14	3582,88	32747,523 2	256,11
8.	Лист обшивки зовнішнього борту	14*3000	420	6,24	2620,8	16353,792	315
9.	Лист обшивки зовнішнього борту	14*2800	392	3,34	1309,28	4372,9952	256,11
10.	Скуловий лист	14*3200	448	0,98	439,04	430,2592	382,3
11.	Лист обшивки днища	14*9000	1260	0	0	0	0
12.	Горизонтальний киль	16*1000	160	0	0	0	0
13.	Вертикальний киль	8,5*1400	119	0,7	83,3	58,31	19,44
14.	Стрингер	11*1330	146,3	0,7	102,41	71,687	21,56
15.	Стрингер	11*1250	137,5	0,7	96,25	67,375	17,9
16.	РЖ вертик. кіля	16а	18	0,7	12,6	8,82	0
17.	РЖ стрингерів	2*16а	36	0,92	33,12	30,4704	0
17.1	РЖ стрингерів	2*16а	36	0,46	16,56	7,6176	
18.	Поздовжні балки днища	12*24а	465,6	0,147	68,4432	10,061150 4	0
19.	Лист настилу 2-го дна	12*9000	1080	1,4	1512	2116,8	0
20.	Міждонний лист	14*3200	448	1,4	627,2	878,08	0
21.	Поздовжні балки 2-го дна	12*24а	465,6	1,253	583,396 8	730,99619	0
22.	Обшивка внутрішнього борту	14*13740	1923,6	8,27	15908,1 7	131560,58 2	30262,65
23.1	РЖ анти крутильної коробки	2*16а	36	15,04	541,44	8143,2576	0
23.2	РЖ анти крутильної коробки	2*16а	36	14,36	516,96	7423,5456	0

23.3	РЖ анти крутильної коробки	2*16а	36	13,58	488,88	6638,9904	0
23.4	РЖ анти крутильної коробки	2*16а	36	12,9	464,4	5990,76	0
24.	Настил 1 платформи	14*2800	392	12,8	5017,6	64225,28	0
25.	Настил 2 платформи	14*2800	392	9	3528	31752	0
26.	Настил 3 платформи	14*2800	392	5,2	2038,4	10599,68	0
	Σ		10627,6		58772,8 1	597712,76 6	31852,41

Відстань центру ваги еквівалентного бруса від вісі порівняння:

$$e = \frac{\sum_2}{\sum_1} = \frac{58772.81}{10627.6} = 5.53 \text{ м};$$

Момент інерції еквівалентного бруса відносно нейтральної вісі:

$$I = 2 \cdot \left[(\Sigma_3 + \Sigma_4) - \bar{a}^2 \cdot \Sigma_1 \right] = 2 \cdot \left[(597712.766 + 31852.4) - 5.53^2 \cdot 10627.6 \right] = 60.9 \cdot 10^4 \text{ м}^4 \cdot \text{м}^2 = 60.9 \cdot 10^8 \text{ м}^4;$$

Момент опору днища:

$$W_{\text{днища}} = \frac{I}{e} = \frac{60.9 \cdot 10^4}{5.53} = 11.01 \cdot 10^4 \text{ м}^3 \cdot \text{м} = 11.01 \cdot 10^6 \text{ м}^3;$$

Момент опору палуби:

$$W_{\text{палуби}} = \frac{I}{D + h_{\text{ком}} - e} = \frac{60.9 \cdot 10^4}{15.14 + 1.2 - 5.53} = 5.63 \cdot 10^4 \text{ м}^3 \cdot \text{м} = 5.63 \cdot 10^6 \text{ м}^3;$$

Визначені розрахунком величини фактичних моментів опору верхньої палуби і днища порівняємо з моментами опору, які були розраховані за формулами Правил Регістру: $W_{\text{палуби}} = 4.64 \cdot 10^6 \text{ м}^3$, $I_{\text{палуби}} = 40.64 \cdot 10^8 \text{ м}^4$;

Загальна поздовжня міцність корпусу судна є забезпеченою, якщо

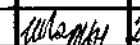
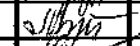
$$W_{\text{днища}} \geq W_{\text{норм}}; \quad W_{\text{палуби}} \geq W_{\text{норм}}; \quad I \geq I_{\text{норм}};$$

$$W_{\text{днища}} = 11.01 \cdot 10^6 \text{ м}^3 > W_{\text{палуби}} = 4.64 \cdot 10^6 \text{ м}^3; \quad W_{\text{палуби}} = 5.63 \cdot 10^6 \text{ м}^3 > W_{\text{норм}} = 4.64 \cdot 10^6 \text{ м}^3;$$

$$I = 60.9 \cdot 10^8 \text{ м}^4 > I_{\text{норм}} = 40.64 \cdot 10^8 \text{ м}^4;$$

Ці вимоги виконуються. Загальна поздовжня міцність корпусу судна є забезпеченою.

					19.ДРБ.135.4111.03.ПЗ.03	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

					19.ДРБ.135.4111.03.ПЗ.04			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат	Розрахунок міцності днищевої пластини	Літ.	Арк.	Аркуші
Студент		Дрюк Д.О.						
Керівник		Шарун Г.В.		25.06		НУК		
Консультант		Коростильов Л.І.						
Зав. Каф.		Коростильов Л.І.						

4 Перевірка міцності зовнішньої обшивки днища

Перевірка міцності на згинання зовнішньої обшивки днища здійснюється у відповідності з вимогами Норм міцності морських суден.

Розрахункова схема пластини днищового перекриття

При поздовжній системі набору днища розрахунковим є прямокутне поле зовнішньої обшивки, що обмежується жорстким днищевим набором – поздовжніми ребрами жорсткості (вертикальним кілем, днищевими стрингерами) та суцільними флорами, що встановлюються через декілька шпаций. Відношення довгої сторони a поля b до короткої завжди більше одиниці – $\gamma = a/b > 1$:

У дипломній роботі приймається:

$$b = 800 \text{ мм}; a = 3b = 3 \cdot 800 = 2400 \text{ мм}; \gamma = 2400/800 = 3 > 1.$$

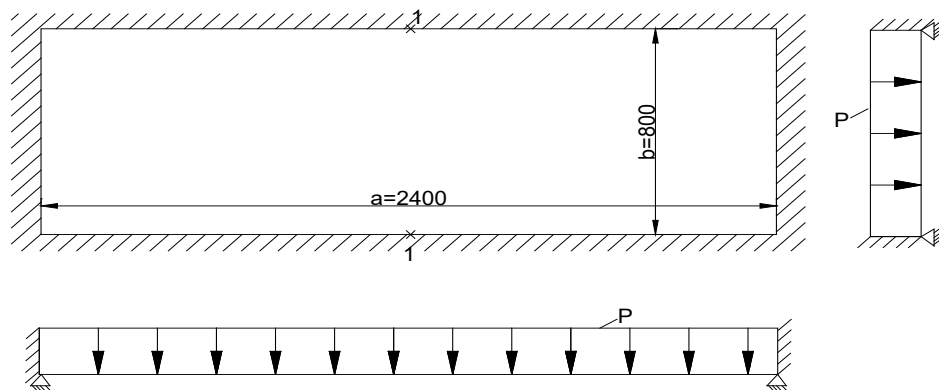


Рисунок 3.1 - Розрахункова схема пластини днища з вказаним розташування найбільш напружених точок 1 та 1'

3.3 Розрахункове навантаження

Розрахункове навантаження p на пластину днища відповідно до Норм міцності [] визначається без протитиску зсередини по формулі

$$p = p_{\text{ст}} + p_{e_0} = 123,3 + 69,44 = 195,7 \text{ кПа},$$

де $p_{\text{ст}}$ - розрахунковий статичний тиск води, а p_{e_0} - тиск, що зумовлений хитавицею на хвилюванні.

$$p_{\text{ст}} = \rho_e g d = 1,025 \cdot 9,81 \cdot 4,98 = 50,1 \text{ кПа};$$

					19.ДРБ.135.4 111.03.ПЗ.04	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$p_{в_0} = \rho \cdot g \cdot \frac{h_1}{2} \cdot a_v \cdot a_x = 1,025 \cdot 9,81 \cdot \frac{9,32}{2} \cdot 2,01 \cdot 0,73 = 49,44 \text{ кПа},$$

де $\rho = 1,02 \text{ т/м}^3$ – щільність морської води;

$g = 9,81 \text{ м/с}^2$ – прискорення вільного падіння;

d – осадка судна на рівні поля, що перевіряється на міцність, м,

h_1 – висота розрахункової хвилі при екстремальних умовах, що визначається

або за графіком Норм міцності [], або за формулами

$$h_1 = k_c \cdot C_w = 9,32, \text{ м},$$

$$k_c = 1,05 - \frac{2425}{L^2 + 8530} = 1,05 - \frac{2425}{179,4^2 + 8530} = 0,95 \leq 1,$$

$$C_w = 10,75 - \left(\frac{300 - 179,04}{100} \right)^{3/2} = 8,45 \leq 10,75;$$

a_v, a_x – параметри хитавиці, що розраховуються за наближеними залежностями

$$a_v = 0,8 \frac{v_0}{\sqrt{L}} \left(\frac{L}{10^3} + 0,4 \right) + 1,5 = 0,8 \frac{15}{\sqrt{179,04}} \left(\frac{179,04}{10^3} + 0,4 \right) + 1,5 = 2,01.$$

$$a_x = K_x \left(1 - \frac{2x_n}{L} \right) = 1,25 \left(1 - \frac{2 \cdot 37}{179,04} \right) = 0,73.$$

У формулах зазначених вище:

v_0 – швидкість судна на тихій воді, у вузлах;

L – довжина судна, в м;

x_n – відстань від центра поля пластини до носового перпендикуляра, в м;

$K_x = 1,25$ – для пластин, що розташовані в ніс від міделя.

3.4 Визначення напружень у небезпечних точках поля пластини

На розрахунковій схемі (рис. 4.1) небезпечні точки 1 та 1' вказані по середині довгої сторони опорного контуру.

Відповідно до теорії згину тонких пластин максимальне нормальне напруження

$\sigma_{\max}$ у вказаних точках визначаються за формулою

$$\sigma_{\max} = \frac{6M}{t^2} = \frac{6 \cdot 10422,42}{15^2} = 277,93 \text{ МПа},$$

в якій

t – товщина пластини, в мм,

					19.ДРБ.135.4 111.03.ПЗ.04	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

M – погонний момент в точках 1,1' опорного контуру,

$$M = kpb^2 \cdot 10^{-3} = 0,0832 \cdot 195,7 \cdot 800^2 \cdot 10^{-3} = 10422,42H;$$

$p = 195,7$ – розрахунковий тиск, в кПа;

$b = 800$ – менший розмір пластини (шпація), в мм;

$k = 0,0832$ – коефіцієнт, що залежить від відношення довжин крамок пластини

$\gamma = a/b$, визначається по довідниковим таблицям згину ізотропних жорстких пластин при умовах жорсткого закріплення на опорному контурі [1].

4.5 Перевірка умов міцності та висновки

Умова міцності має вигляд

$$\sigma_{\max} \leq k_{\sigma} \sigma_T^H$$

де $\sigma_{\max} = 277,93$ – максимальне згинаюче напруження, МПа;

σ_T^H – нормативна границя плинності матеріалу по нормальним напруженням, МПа:

$$\sigma_T^H = k_H \cdot R_{\text{ен}} = 0,97 \cdot 315 = 305,3 \text{ МПа},$$

$$k_H = \frac{1}{1 + 0,16 \left(\frac{R_{\text{ен}}}{235} - 1 \right)^{3/2}} = \frac{1}{1 + 0,16 \left(\frac{315}{235} - 1 \right)^{3/2}} = 0,97;$$

$R_{\text{ен}} = 315$ – границя плинності, в МПа;

$k_{\sigma} = 1,1$ – коефіцієнт допустимих напружень, який відповідно до Норм [1] для пластин днища приймається по таблиці 8.1. (для відстані $0,2 L$ від носу).

$$\sigma_{\max} = 277,93 \leq k_{\sigma} \sigma_T^H = 335,83.$$

Умова міцності виконується.

					19.ДРБ.135.4 111.03.ПЗ.04	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Висновки

Результатом дипломного проектування є проект суховантажного судна, який відповідає по своїм головним розмірам та технічним даним завданню на дипломне проектування, яке було видано кафедрою Будівельної механіки та конструкції корпусу корабля.

Дане судно спроектовано на клас Регістра судноплавства України КМ⊕□A2 і призначене для перевезення штучних вантажів.

За своїми характеристиками спроектоване судно повністю відповідає вимогам «Правил класифікації та побудови морських суден» Регістру судноплавства України.

Набір конструктивного міделів – шпангоута виконано за «Правилами класифікації та побудови морських суден». Обрана марка матеріалу для виготовлення конструкцій корпусу судна. Перевірена загальна поздовжня міцність судна.

В розділі по міцності судна виконана перевірка міцності днищевої пластини корпусу за рекомендаціями довідника Шиманського, том 2.

В цілому розроблений проект задовольняє вимогам завдання у частині забезпечення вантажомісткості, швидкості, дальності та району плавання, вимогам Регістру судноплавства України у частині забезпечення непотоплюваності та остійності на великих кутах крену, та вимогам нормативних документів, які стосуються міцності корпусу судна.

					19.ДРБ.135.4.111.03.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Перелік літератури

1. Ашик В.В. Проектирование судов: Учебник. – 2-е изд., перераб. и доп. – Л.: Судостроение. 1985. – 320 с., ил.
2. Бронников А.В. Проектирование судов: Учебник – Л.: Судостроение, 1991. – 320 с., ил.
3. Особливості проектування морських транспортних суден: Навчальний посібник. Частина 1/ О.В. Бондаренко, О.І. Кротов, Л.О. Матвеев, С.О.Прокудін – Миколаїв: УДМТУ, 2004. – 73 с.
4. Сорокин В.И. Проектирование контейнеровозов. Учебное пособие. Николаев, НКИ, 1982. 54 с.
5. Правила класифікації та побудови морських суден. Регістр судноплавства України. – К., 2002. – Т.1., Т.2., Т.3. – 362 с.
6. Проектування конструктивного мідель-шпангоута суховантажних суден: Методичні вказівки / В.Г. Матвеев, А.І. Кузнецов, Б.М.Мартинець, О.М. Михайлов, О.М. Узлов, М.О. Цибенко, Г.В.Шарун. – Миколаїв: УДМТУ, 2002. – 76 с.
7. Правила по предотвращению загрязнения с судов. Российский Морской Регистр Судостроения. – С.-Пб., 1998. – 102 с.
8. Правила про вантажну марку морських суден. Регістр судноплавства України. – К., 2002. – 205 с.
9. Проектування морських транспортних суден: Навчальний посібник/ О.І.Кротов, В.І. Голиков, О.Ю. Єганов, О.В. Бондаренко – Миколаїв: УДМТУ, 2003. – 156 с.
10. Охрана труда в судостроении: Учебник/ Кузьменко В. К., Борисович О.А., Тулин В. А.– 2-е изд., перераб. и доп.– Л.: Судостроение, 1985.– 224 с, ил.
11. В. В. Семенов-Тянь-Шанский. Статика и динамика корабля. Учебник для вузов. Л., «Судостроение», 1973. с. 608.
12. Любушин Н. П. Экономическая эффективность проектных решений в судокорпусостроении. – Л.: Судостроение, 1982, 112, с., ил.

					19.ДРБ.135.4111.3.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

13. Основы технологии судостроения: Учебник/ В.Д. Мацкевич, Э.В. Ганов, В.П. Доброленский, В.С. Кравченко, В.Ю. Лейзерман, В.Д. Наумов, Е.И. Никитин. Под общ. ред. В.Д. Мацкевича. – Л.: Судостроение, 1980.
14. Сорокин В.И. Влияние палубных контейнеров на остойчивость контейнеровозов. Труды НКИ, вып. 116, Николаев: НКИ, 1976, С.62-66.
15. Зайцев В.В., Еганов А.Е., Коробанов Ю.Н., Толышев Э.В., Зайцев В.В. Проектирование общесудовых устройств. – Николаев, «Илион», 2004. – 267 с.
16. ОСТ 5.9091 – 80. Корпуса металлических судов. Технология изготовления стальных деталей. Введ. с 01.01.82
17. ОСТ 5.9324 – 79. Комплексная система контроля качества. Корпуса металлических судов. Введ. с 01.01.81
18. ОСТ 5.1093 – 78. Соединение сварных стальных корпусных конструкций надводных судов. Правила контроля. Введ. с 01.01.80
19. ОСТ 5.1078 – 76. Корпусные конструкции металлических судов. Исправление дефектных участков сварных соединений. Основные положения. Введ. с 01.01.78