МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова
Навчально науковий інститут (факультет) Кораблебудівний

Кафедра морських технологій та океанотехніки

«Допущений до захисту»
Завідувач кафедри
_____В.В. Зайцев
«___» _____ 2026 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
на здобуття ступеня вищої освіти «бакалавр»
на тему: Проєкт CNG-газовозу змішаного плавання

Виконав: студент 4117ст групи
_____ ***Пернатьев В.С.***
(підпис)

Керівник роботи:
Завідувач кафедри, д.т.н., професор
(посада, науковий ступень вчене звання)
_____ ….***Зайцев В.В.***
(підпис)

Миколаїв – 2026 р.

Форма Н9.01

Національний університет кораблебудування

імені адмірала Макарова

Інститут Навчально-науковий кораблебудівний

Кафедра Морських технологій та океанотехніки

Освітньо-кваліфікаційний рівень Бакалавр

Область знань 13 Механічна інженерія
(шифр та назва)

Спеціальність 135 Суднобудування
(шифр та назва)

Освітня програма Кораблі та океанотехніка

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Завідувач кафедри д.т.н., професор Зайцев В.В

"_02_" вересня 2025року

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ
на здобуття ступеня вищої освіти «бакалавр»

Студенту Пернатьеву Віталію Сергійовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Проєкт CNG-газовозу змішаного плавання
керівник робти Зайцев Володимир Васильович, д.т.н., професор
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
Затверджені наказом ректора №____ від «___»_____20__ року

2. Термін подання роботи 25.06.2026

3. Вихідні дані по роботі: 1. Тип судна – CNG-газовоз змішаного плавання; 2. Призначення - перевезення CNG-модулів. 3. Вантажопідйомність – 2700/5200 т; 4. Дальність плавання – 2000 миль; 5. Швидкість – 14,5 вуз.; 6. Район плавання – обмежений (I); 7. Кількість CNG-модулів в трюмі при осадці 3,6 м – 150 шт; 8. Кількість CNG-модулів при осадці 5,0 м – 174 шт. в трюмі, 77 шт. – на палубі; 10. Кількість членів екіпажу– 11 чол.

4. Перелік питань, що належать до розробки (найменування розділів):
1. Огляд проєктів CNG-газовозів. 2. Дослідження шляхів транспортування стиснутого газу річками України, Чорним та Каспійським морями. 3. Визначення головних розмірів CNG-газовозу змішаного плавання. 4. Проєктування конструктивного мідель-шпангоуту CNG-газовозу змішаного плавання. 5. Проєктування якірно-швартовного-буксирного пристрою. 6. Розрахунок міцності якоря.

5. Перелік графічного матеріалу:
5.1. Презентація

6. Консультанти розділів проєкту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1. Огляд проєктів CNG-газовозів.	Зайцев В.В., зав. кафедри		
2. Дослідження шляхів транспортування стиснутого газу річками України, Чорним та Каспійським морями.	Зайцев В.В., зав. кафедри		
3. Визначення головних розмірів CNG-газовозу типу змішаного плавання.	Зайцев В.В., зав. кафедри		
4. Проєктування конструктивного мідель-шпангоуту CNG-газовозу змішаного плавання.	Зайцев В.В., зав. кафедри		
5. Проєктування якірно-швартовного-буксирного пристрою.	Зайцев В.В., зав. кафедри		
6. Розрахунок міцності якоря.	Зайцев В.В., зав. кафедри		

7. Дата видачі завдання 02.09.2025

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Видача завдання, збір і вивчення матеріалу та літератури. Огляд прототипів.	15.10.25-15.11.25	
2	Вступ, 1-й розділ. Огляд проєктів CNG-газовозів.	16.11.25-01.12.25	
3	2-й розділ. Дослідження шляхів транспортування стиснутого газу річками України, Чорним та Каспійським морями.	02.12.25-15.12.25	
4	3-й розділ. Визначення головних розмірів CNG-газовозу змішаного плавання	01.01.26-31.01.26	
5	4-й розділ. Проєктування конструктивного мідель-шпангоуту CNG-газовозу змішаного плавання.	16.02.26-28.02.26	
6	5-й розділ. Проєктування якірно-швартовного-буксирного пристрою.	01.03.26-15.03.26	
7.	6-й розділ. Розрахунок міцності якоря.	16.03.26-31.03.26	
8	Виконання графічної роботи.	01.05.26-31.05.26	
9	Оформлення та узгодження розділів пояснювальної записки.	01.06.26-05.06.26	
10	Оформлення та узгодження графічної частини.	07.06.26-14.06.26	
11	Кафедральний захист.	15.06.26	
12	Відзив та рецензія. Усунення зауважень кафедрального захисту.	19.06.26	
13	Захист дипломного проєкту на ДЕК.	23.06.26	

Студент _____ Пернатьев В.С.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник проєкту _____ Зайцев В.В.
(підпис) (прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Кваліфікаційна робота : 94 с., 5 креслень, 17 джерел.

Об'єкт дослідження – CNG-газовоз змішаного плавання.

Мета досліджень – визначення основних параметрів CNG-газовозу змішаного плавання та його загальносуднових пристроїв.

Методика досліджень – аналітична, числова.

Роботу виконано згідно завдання, виданого кафедрою морських технологій та океанотехніки.

В роботі розраховано водотоннажність CNG-газовозу змішаного плавання обмеженого району плавання (I), його головні розміри та коефіцієнти повноти, а також проведено розробку загального розташування судна. Тип судна: однопалубний, двогвинтовий, трьохтрюмний відкритого типа CNG-газовоз з подвійними дном, подвійними бортами, з великим розкриттям палуби, з високими безперервними подовжніми комінгсами центральних люків, що мають міцний палубний стрингер комінгсів люків, з баком, ютом і транцевой кормою, без бульба, з машинним відділенням і жилою рубкою, розташованими в кормі.

Набір конструктивного мідель-шпангоуту виконано за Правилами класифікації та побудови морських суден. Обрано марку матеріалу для корпусних конструкцій. Виконано розрахунок міцності якоря.

CNG-ГАЗОВОЗ, ПРИРОДНИЙ ГАЗ, КОНТЕЙНЕРОВОЗ, КОНТЕЙНЕР, ЧОРНЕ МОРЕ

ABSTRACT

Research object - CNG-carrier of the river-sea type.

Purpose of research – determination of the main parameters of the hull and general ship devices of the CNG-carrier.

Methodology of research - analytical, numerical.

CNG-CARRIER, NATURAL GAS, CONTAINER SHIP, CONTAINER, BLACK SEA

ЗМІСТ

Вступ 6

1 Огляд проєктів CNG-газовозів..... 7

1.1 Проєкти суден CNG-газовозів за кордоном..... 8

1.2 Огляд прототипу CNG-газовоза..... 12

2 Дослідження шляхів транспортування стиснутого газу річками України, Чорним та Каспійським морями..... 18

2.1 Відомості про судно..... 19

2.2 Перший маршрут..... 19

2.3 Другий маршрут..... 22

2.4 Третій маршрут..... 24

3 Визначення головних розмірів CNG-газовозу типу річка-море..... 27

3.1 Характеристика судна-прототипа та судна-проєкта..... 28

3.2 Визначення головних розмірів для моря у першому наближенні... 30

3.3 Визначення співвідношень та головних розмірів..... 36

3.4 Розрахунок водотоннажності та головних розмірів у другому наближенні..... 37

3.5 Розрахунок головних розмірів з умови розміщення контейнерів..... 42

3.6 Розрахунок водотоннажності у третьому наближенні 47

3.7 Розрахунок головних розмірів у третьому наближенні 49

3.8 Визначення осадки для річки..... 50

4 Проєктування конструктивного мідель-шпангоуту CNG-газовозу типу річка-море..... 52

4.1 Загальні відомості про судно, що проєктується..... 53

4.2 Розрахункові навантаження..... 55

4.3 Загальна поздовжня міцність судна..... 59

4.4 Мінімальна будівельна товщина конструкцій..... 61

4.5 Проєктування подвійного дна…….... 61

5 Проєктування якірно-швартовного-буксирного пристрою……..... 72

5.1 Розрахунок якірно-швартовного пристрою…….....…..... 73

5.2 Визначення елементів якірного і швартово-буксирного пристроїв……..... 75

5.3 Визначення розмірів ланцюгового ящика…….....…..... 78

6 Розрахунок міцності якоря……...…. 80

Висновок……..…….....…..... 91

Перелік посилань…….…….…….....…..... 93

ВСТУП

Нова технологія морського транспортування стисненого природного газу (Compressed Natural Gas – CNG) в стані до декількох сотен атмосфер розглядається як альтернатива вже існуючим методам.

CNG-газовоз із розмірами, аналогічними судну LNG, перевозитиме до 30-40% тієї кількості газу, який може перевозитися на LNG-газовозах. Це пов'язано з різними значеннями густини метану в зрідженому до -164°C ($\rho = 0{,}42$ т/м^3) і в стиснутому до декількох сотен атмосфер (при тиску в 250 атм. і температурі -5 °C $\rho = 0{,}225$ т/м^3).

Але при цьому CNG-технологія володіє найважливішою перевагою, яка полягає в значно нижчій вартості забезпечуючої інфраструктури. Сучасний завод по зріджуванню природного газу може коштувати до 3…4 млрд. дол. Вартість же станції по компремації (стискуванню) на порядок нижче.

Заміщення газу електроенергією в опалюванні безперспективна в масштабі країни. Для реалізації цієї ідеї потрібно до кожного будинку тягнути нову розводку, потрібно встановлювати потужніші лінії електропередач і трансформаторні підстанції по всій енергосистемі.

На все це потрібні колосальні засоби, яких в економіці країни просто немає. У зв'язку з нестабільною зовнішньою політикою і економічним станом країни CNG – газовози можуть опинитися відмінним вирішення проблеми по постачанню регіону газом.

Транспортування газу не в зрідженому, а в стиснутому вигляді має ще одну перевагу, таке транспортування в незначній мірі залежить від політичної ситуації в світі. За бажання, природний газ можна перевезти по іншому маршруту. Якщо трубопровід буквально прив'язаний до заданого маршруту, то лінії перевезення LNG скріплені довгостроковими фінансовими угодами.

Підп. і дата	Інв. № дубл.	Взам. інв. №	Підп. і дата	Інв. № ориг.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
Студент		Пернатьев В.С.		
Консульт.		Зайцев В.В.		
Керівник		Зайцев В.В.		
Зав.каф.		Зайцев В.В.		

12.КР.135.4117ст.10.ПЗ.01

Огляд проєктів CNG-газовозів

Літ.	Арк.	Аркушів
	7	11

НУК
ім. адм. Макарова

1 ОГЛЯД ПРОЄКТІВ CNG-ГАЗОВОЗІВ

1.1 Проєкти суден CNG-газовозів за кордоном

У різних галузях промисловості з'явилися і широко використовуються надійні технології для зберігання і транспортування природного газу під високим тиском. До їх числа відносяться в першу чергу труби для підводних газопроводів, розраховані на внутрішній тиск до 25 МПа і компресора високого тиску, а також офшорні термінали для завантаження газу на судна прямо з морського родовища і прийому газу з судів у морі на значному видаленні від побережжя.

Істотним чином змінилася і світова кон'юнктура. В умовах виснаження ресурсів родовищ в традиційних районах видобутку природного газу і постійно зростаючого попиту на енергоносії на основних ринках-імпортерах світ перейшов у фазу стабільно високих цін на енергоносії. У цих умовах використання нових технологій транспорту газу, зокрема – технології CNG, що дозволяє ввести в комерційний обіг середні і малі родовища природного газу на континентальному шельфі, стало економічно вигідним.

Універсальної відповіді які судна CNG (рис. 1.1) вигідніші не існує. Для кожного випадку «вигідніше» буде свій тип судна CNG – той, який саме на даній лінії забезпечує найбільшу економічну ефективність системи транспорту газу в цілому. Не обов'язково, що це буде найшвидше або саме містке судно.

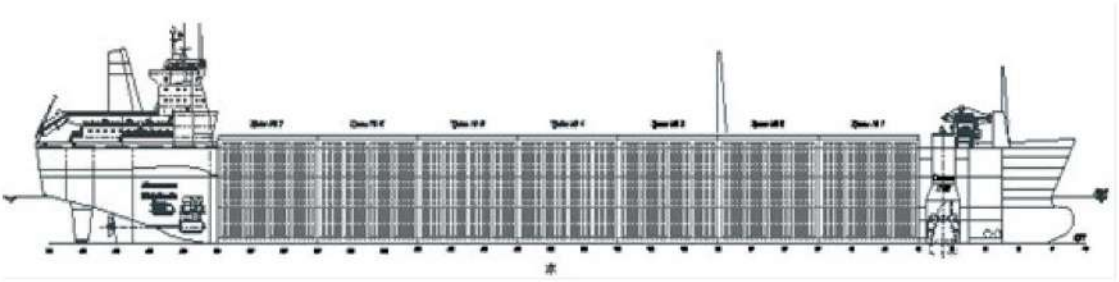

Рисунок 1.1 – Поздовжній розріз судна CNG

Наприклад, на маршруті, що проходить в основному через проливні зони, де швидкість ходу судів обмежена морським правом, швидкохідне судно не зможе реалізувати свою перевагу в швидкості, а додаткові витрати на потужнішу енергетичну установку такого судна погіршуватимуть економічні показники проекту в цілому.

Таким чином, для кожного проекту морського транспортування природного газу на суднах CNG необхідне проведення оптимізаційного пошуку з метою вибору типа судна CNG, що найбільшою мірою відповідає вимогам проекту і що забезпечує проекту в цілому найбільш високу економічну ефективність.

При експлуатації родовищ, транспортування продукції, що добувається, є одним з основних питань. Особлива увага приділяється вибору оптимального способу, що найефективніше відповідає запитам споживача. Природний газ з Росії знаходить своїх споживачів в США, Японії, Південній Кореї, країнах ЄС. І він найбільш «чистий» (максимальний процентний вміст метану — більше 97%), при цьому запаси його досить великі (близько 50 трлн.м^3). Розвиток газотранспортної галузі в нашій країні, безумовно, актуально.

На сьогоднішній день транспортування природного газу у багатьох країнах світу практично повністю здійснюється за допомогою трубопроводів. Природний газ в зрідженому вигляді переміщають по морю за допомогою спеціалізованих суден-газовозов LNG (Liquid Natural Gas).

Для цього метан при дуже низьких температурах (-164 °С) і, відповідно, великих витратах енергії зріджується в портах завантаження (його густина при цьому підвищується в 600 разів), на час морського переходу термічно ізолюється, а в порту призначення знову перетворюється на газоподібний стан.

Транспортування газу не в зрідженому, а в стиснутому до декількох сотен атмосфер стані розглядається як альтернатива вже існуючим методам.

CNG-газовоз із розмірами, аналогічними судну LNG, перевозитиме до 30…40% тієї кількості газу, який може перевозитися на LNG-газовозах. Це пов'язано з різними значеннями густини метану в зрідженому до -164°С (ρ - 0.42 т/м^3) і в стиснутому до декількох сотен атмосфер стані (при тиску в 250 атм. і температурі -5 °С; ρ - 0.225 т/м^3).

Але при цьому CNG-технологія володіє найважливішою перевагою, яка полягає в значно нижчій вартості забезпечуючої інфраструктури. Сучасний завод по зріджуванню природного газу може коштувати до 3…4 млрд. дол. Вартість же станції по компремації (стисканню) на порядок нижче.

Транспортування газу не в зрідженому, а в стиснутому вигляді володіє ще однією перевагою, вона в незначній мірі залежить від політичної ситуації в світі. За бажання, природний газ можна перевезти по іншому маршруту. Якщо трубопровід буквально прив'язаний до заданого маршруту, то лінії перевезення LNG закріплено довгостроковими фінансовими угодами.

Існує чимала кількість варіантів проектів подібних суден, різних по компоновці і типові використовуваних вантажних ємкостей. До розвитку цієї галузі суднобудування виявляють цікавість багато крупних компаній і класифікаційні товариства (American Bureau of Shipbuilding. Oet Norske Veritas і ін.)

Розглядався можливий варіант суднової вантажної системи CNG-газовоза.

Вона включає танковий колектор у відсіку і загальний колектор на палубі, системи контролю температури, тиску і складу газу, систему діагностики стану газових балонів і трубопровідної арматури, систему вентиляції відсіку і протипожежну систему.

Транспортування CNG-газовозами має наступні переваги:

- використання офшорних родовищ;
- диверсифікація місць здобуття газу;
- відносно невисока вартість інфраструктури причалів завантаження/ вивантаження;
- простота конструкції суден CNG і конструкційних матеріалів в порівнянні з суднами LNG;
- вищий рівень безпеки як власною, так і для довкілля при аваріях, витоку газу, що перевозиться;
- висока мобільність, можливість використання CNG-суден на різних маршрутах і при змінних обсягах перевезення газу, що досягається зміною кількості суден;

- екологічно чиста («зелена») технологія;

- використання досвіду роботи із стиснутим газом (у газопроводах до 250 атм.);

- використання технології виробництва труб для виробництва балонів;

- низькі втрати газу.

Як приклад наведемо проект використання вантажних ємкостей типа Coselle запропонований компанією Cran & Stenning Technology Inc. Coselle є трубою діаметром 170 мм, намотану на котушку діаметром 3 м. Загальний діаметр котушки з трубою - 15 м. Довжина труби в котушці може досягати 17 км. У такій ємності природний газ може перевозитися до 70 т стиснутого до 200 атм. газу (97600 м^3 при атмосферному тиску). Прийнято 6…8 таких котушок заввишки до 4 м кожна встановлюється один на одну, загальною кількістю на судні - 108 одиниць.

Інший варіант - транспортування судном типа Votrans компанії EnerSea Transport, що використовує як вантажні ємності труби великого діаметру, розташовані або уздовж довжини судна, або встановлені вертикально в спеціальні блоки.

У цьому проекті сосудами тиску використовували балони.

За кордоном були зроблені розрахунки балонів із сталі X20GrMoV121 діаметром 2 і 2,5 метра, висотою 15,5 м. Вони розраховані на тиск 210 атм. (більше 20 МПа). Відносна маса газу в одному балоні склала 14% від сукупної маси заповненого балона.

Компанія Pratt&Whitney запропонувала виготовлення балонів з вуглепластика на металевому лейнері (каркасі). При діаметрі 2,7 м, довжині 17,5 м і робочому тиску 210 атм. відносна маса газу в одному балоні з газом склала 43%.

Безперервна і зростаюча необхідність в природному газі перетворює контейнери для перевезення стиснутого природного газу у виключно зручний і атрактивний продукт для розвитку бізнесу. CNG-контейнери (рис. 1.2) можливо використовувати для транспортування великих кількостей стиснутого природного газу на місця, де немає прокладеної газопровідної мережі.

Рисунок 1.2 – CNG-контейнер

CNG-газовози вже в осяжному майбутньому займуть гідне місце на світовому ринку морських газоперевезень, використовуючи всі властиві ним переваги, а саме – простоту конструкції суден CNG і порівняно недорогі конструкційні матеріали, невисоку вартість берегової інфраструктури, підвищену безпеку і екологічно чисту технологію з низькими втратами газу, а також можливість широкого її вживання для розробки офшорних родовищ і високу мобільність використання CNG-суден на різних маршрутах і при змінних обсягах перевезення газу.

1.2 Огляд прототипу CNG-газовоза

За прототип проєктованого CNG-газовозу прийнято універсальне суховантажне судно типу “ Буг” пр. 17620 (рис. 1.3).

Рисунок 1.3 – Судно типа "Буг" біля причалу

Відповідно до технічного завдання, виданим АСК «Укрречфлот», спроєктовано суховантажне універсальне судно дедвейтом 6300 т, що має ширину

- 16,6 м і осадку у вантажу близько 4,8 м.

Воно призначене для перевезення генеральних, навалювальних і насипних вантажів, у тому числі зерна, вугілля, руди, пакетованих і лісових вантажів в трюмах, контейнерів міднародного стандарту довжиною 20, 40 футів і висотою до 9 1/2 футів в трюмах і на люкових кришках, 20 рефконтейнірів на люкових кришках. Проєкт судна розроблений у відповідності з класом Регістра Судноплавства України.

За архітектурно-конструктивним типом це однопалубне, одногвинтове судно з баком і ютом, подвійним дном і подвійними бортами, трьома вантажними трюмами, надбудова і машинним відділенням в кормовій частині.

Обводи корпусу і елементи його рушійного комплексу отримано завдяки результатам пропульсивних і маневрених модельних випробувань, проведених в басейні Польщі "Ship Design and Research Center".

Оскільки установка носового бульба була визнана недоцільною, судно має похилий штевень, велику - близько 60%, протяжність циліндрової вставки. Форма кормової кінцевості забезпечує батоксове обтікання, що дає можливість підвищити технологічність виготовлення корпусу.

Судно розділено поперечними перетинами на 7 водонепроникних відсіків. Палуба, днище і друге дно в середній частині набираються за поздовжньою системою набору зі шпацією 650 мм, борти, район МВ і кінцевості - по поперечній, зі шпацією 600 мм. Товщина листів обшивки на днище і в скуловому поясі середньої і кормової частин складає 10 мм, льодового поясу -11.5 мм, в носі використовуються 15-міліметрові листи.

Як матеріал для корпусу судна застосовуються суднобудівна сталь нормальної міцності категоріі РСА і підвищеній міцності категорій РС А32, РС Е32, РС Е36.

Зварний форштевень виконується з бруска і потовщених листів, ахтерштевень також має зварну конструкцію, з кронштейном в нижній частині для кріплення неповоротної насадки, внутрішня частина якої зроблена з неіржавіючої сталі.

До складу пропульсивної установки судна входить головний двигун - че-

тирьохтактний нереверсивний дизель 9L21/31 фірма MAN B&W Diesel A/S Alpha diesel максимальною тривалою потужністю 1935 кВт при 1000 об/хв. Він передає момент, що крутить, на одноступеневий редуктор Alpha - Diesel AMG 16EV з упорним підшипником і пристроєм відбору потужності на валогенератор. Бронзовий чотирьохлопатевий гвинт регульованого кроку типу VBS 740 діаметром 2,5 метра встановлений в нерухомій направляючій насадці.

На судні встановлюються два носові якоря типу Холу вагою по 3000 кг і один півторатонний кормовий якір аналогічної конструкції. Носові якорі забезпечені ланцюгами з контрфорсами типу U3, діаметром 42 мм і довжиною по 495 м.

Для їх обслуговування використовується неавтоматичний якірно-швартовий брашпиль, з двома барабанами і турачками який управляється за допомогою командоконтролера. Спуск і підйом кормового якоря виконується якірно-швартовою тросовою лебідкою з барабаном і двома турачками. Довжина оцинкованого троса діаметром 39,5 мм – 100 м. На палубі рубки 1-го ярусу змонтований багатоцільовий електрогідравлічний кран вантажопідйомністю 40 kN з максимальним вильотом стріли 5,23 м, що задовольняє вимогам "СОЛАС-74".

Цей кран використовується для виконання вантажних операцій з рятувальною шлюпкою вільного падіння, черговою шлюпкою, рятувальним плотом, завантаженням провізії і завантаження/вивантаження устаткування через люк машинного відділення. З правого і лівого борту встановлено забортні трапи, виготовлені з алюмінієвого сплаву і оснащені електричними лебідками.

У кормі судна з лівого борту встановлена рятувальна шлюпка вільного падіння закритого типу, яка вміщує 12 чоловік. Посадка в неї виконується з палуби рубки 2-го ярусу.

Шестимісна чергова шлюпка з підвісним мотором знаходиться в кормовій частині палуби рубки 1-го ярусу. Поруч розміщений надувний рятувальний пліт спускаємого типу, на 12 чоловік.

Один надувний рятувальний пліт, що скидається, місткістю 12 чоловік розташований на палубі юту з лівого борту і один пліт місткістю 6 чоловік - на

палубі бака.

На додаток до традиційного протипожежного устаткування і систем, відповідно до вимогам глави II конвенції СОЛАС-74 в машинному відділенні обладнана установка системи водяного пожежогасінні місцевого призначення.

При створенні суховантажів типа «Буг» реалізовано цілий ряд інноваційних рішень, що зумовили високу економічну ефективність серії в цілому і що дозволили істотно знизити витрати на побудову суден. Основний вклад в розробку корпусу пр.17620 внесли конструктора ВАТ «Черноморсуднопроект». Поліпшення показників технологічності вузлів новостроїв забезпечили фахівці компаній «Damen Shipyards Hoogezand» і «Damen Shipyards Okean».

В результаті вдалось виключити вживання корпусного лиття, і питомі показники маси суден типа «Буг» виявилися кращими, ніж у відомих прототипів - при дедвейті 6355 т водотоннажність пр.17620 порожньому склало всього 2320 т.

Акцент в підборі устаткування зробили на зменшення витрат при одночасному забезпеченні високої надійності його експлуатації. З врахуванням аналізу моделі використання судна, було прийнято рішення обмежитися установкою на баку брашпиля з одним електроприводом, обладнаного двома ланцюговими зірочками, тросовими турачками і барабанами, без системи автоматичного регулювання натяжіння швартових кінців.

У кормі змонтували одну лебідку з барабаном для якірного троса і двома турачками. Завдяки цьому вдалось істотно понизити вартість якірно-швартового комплексу, який при спрощеній схемі повністю відповідає всім вимогам Регістру.

В більшості випадків на суднах подібних до пр. 17620 розмірів обладнали окремий пристрій для підйому з води рятувальної шлюпки вільного падіння і вантажний кран, що забезпечує вантаження деталей механізмів МВ, провізії, а також роботу з плотом спускового типу, і черговою шлюпкою. Раціональна компоновка на суховантажах типа «Буг» дозволила обійтися одним вдало розташованим в кормі судна багатоцільовим електрогідравлічним краном.

За рахунок оптимізації схемних рішень на суднах пр. 17620 встановлюють два баластно-осушні насоси, а не три, як це прийнято в більшості випадків. У осушній і баластній системі використовуються поворотні затвори погружного

виконання. Це дало можливість відмовитися від міждонного трубного коридору.

Гідравлічні виконавчі механізми з поворотною пружиною дозволили удвічі зменшити кількість трубопроводів управління арматурою. Замість стандартної для суден обмеженого району плавання двохвальної пропульсивної установки на пр.17620 застосована одновальна, з середнеоборотним двигуном і ВРШ. Вкладну трубу дейдвуда замінила зварна корпусна, в яку запресовано два підшипники дейдвуда - вона є значно дешевшою за традиційний аналог.

Керованість судна забезпечена за рахунок прийняття направляючої насадки гвинта, високоефективного руля і рульової машини роторного типа з кутом перекладання до ±70°.

Зведено до мінімуму енергоспоживання устаткування пропульсивного комплексу. Вживання приварних каналів і спирально-сфальцованих труб допомогло радикально зменшилася кількість і вагу трубопроводів машинної вентиляції. Заявлена потужність приводів вентиляторів - менше 7 кВт.

Для підтримки номінального температурного режиму головного і допоміжних двигунів прийняті ящичні охолоджувачі.

Це дозволило не встановлювати насоси забортної води або прісної води, задіючи в обслуговуванні контуру системи охолоджування.

Зменшилася кількість агрегатів підготовки і обробки палива. На судні пр. 17620 встановлено лише один такий модуль з двома сепараторами (палива і масла), при цьому сепаратор масла можна використовувати і для обробки палива.

У системі стиснутого повітря передбачено комплект лише найнеобхіднішого устаткування: два однакових компресора, два балони пускового повітря для запуску головного двигуна і дизель-генераторів і один балон повітря для господарських потреб.

Чотирипроводна схема розподілу електроенергії з ізольованою нейтраллю, використовувана на судах типа «Буг», дала можливість обійтися без трансформаторів 220/380 В.

Характерною особливістю проекту стала і відмова від використання допоміжних і утилізаційних парових або водогрійних котлів. На суховантажах пр. 17620 в системі обігріву застосований водоводяний утилізаційний

теплообмінник кожухотрубного типа, який отримує тепло від високотемпературного контуру охолодження головного двигуна. Опалювання на стоянці забезпечує електричний підігрівач.

Для кондиціонування повітря на містку передбачений окремий агрегат з 100% рециркуляцією повітря. Подача необхідного по санітарних правилах кількості свіжого повітря забезпечується від кондиціонера житлової надбудови, а це знижує встановлену потужність кондиціонера містка.

Радикальне зменшення витрат на автоматизацію було досягнуте у зв'язку з тим, що більшість систем дистанційного автоматичного керування на судні типа «Буг» поставлялося у складі комплексів, які їм належить обслуговувати.

В цілому, пр. 17620 виявився дуже вдалим компромісом. Висока ефективність використання судна багато в чому була досягнута завдяки раціональним параметрам його устаткування і систем.

Рисунок 1.4 – Судно типа "Буг"

Підп. і дата	Інв. № дубл.	Взам. інв. №	Підп. і дата	Інв. № ориг.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
Студент		Пернатьев В.С.		
Консульт.		Зайцев В.В.		
Керівник		Зайцев В.В.		
Зав.каф.		Зайцев В.В.		

12.КР.135.4117ст.10.ПЗ.02

Дослідження шляхів транспортування стиснутого газу річками України, Чорним та Каспійським морями

Літ.	Арк.	Аркушів
	18	9

НУК
ім. адм. Макарова

2 ДОСЛІДЖЕННЯ ШЛЯХІВ ТРАНСПОРТУВАННЯ СТИСНУТОГО ГАЗУ РІЧКАМИ УКРАЇНИ, ЧОРНИМ ТА КАСПІЙСЬКИМ МОРЯМИ

2.1 Відомості про судно

Призначення судна: перевезення CNG-контейнерів, контейнерів міжнародного стандарту довжиною 20 футів, в трюмах і на люковому закритті, насипних вантажів, в тому числі руди, вугілля, зерна, пакетированих вантажів, лісних вантажів в трюмах.

Район плавання судна - обмежений I (плавання в морських районах на хвилюванні з висотою хвилі 3-відсотковою забезпеченістю 8,5 м., з віддаленням від місця сховища не більше 200 миль та з наступною відстанню між місцями сховищ не більше 400 миль).

2.2 Перший маршрут

Маршрут Миколаїв – Київ проходить в цілому через річку Дніпро. Протяжність маршруту сягає 537 миль.

Відповідно рекомендаціям європейській економічній комісії комітету по внутрішньому транспортуванню робочої групи по внутрішньому водному транспорту (Сорок сьома сесія, 7-9 липня 2003 роки, пункт 7 а) порядку денного).

На морській ділянці Дніпра від гирла до м. Херсон (28 км.) прохідна осадка суден складає 8,00 м. Далі на більшій своїй частині Дніпро представляє зарегульовану річку. Гарантована глибина на ділянці Херсон-Київ складає 3,65 м. Шлюзи на вказаній ділянці Дніпра мають розміри в плані 270 х 18 м.

Відповідно до Н.Н.Казаков Технічне нормування і аналіз показників роботи транспортного флоту: Навчально-методичний посібник з дипломного і курсового проєктування 2008 р.

Приведені методичні вказівки, рекомендації і довідкові матеріали, потрібні для проведення експлуатаційно-економічних обґрунтувань вибору флоту,

використовуваного на перевезеннях, розрахунку і обгрунтування технічних норм часу, швидкості руху і завантаження флоту. Викладена методика ефективної організації перевезень вантажів і руху флоту на ділянці водної дороги, розрахунку характеристик вантажних ліній. Викладена методика розрахунку експлуатаційно-економічних показників роботи флоту і їх факторного аналізу.

Таблиця 2.1 – Характеристики першого маршруту

Шлюзи и шлюзованні системи	Корисні розміри камери, м	
	довжина	ширина
Річка Дніпро		
Київський	145,0	16,4
Канівський	260,0	17,0
Кременчуцький	260,0	17,0
Дніпродзержинський	260,0	17,0
Ніжньокаховський	260,0	17,0
Запорізький	120,0	17,0

Обраною вихідною точкою є термінал в місті Миколаєві: " Миколаївський калійний термінал". Морський спеціалізований порт.

Термінал приймає судна довжиною до 215 м, шириною до 35 м.

Допуступна осадка – 9,8 м.

Основні вантажі, які сьогодні перевалює термінал, – калій хлористий і алюміній сульфат. Довжина причальної лінії – 333 м. Є 2 причали. Глибина в причалів – до 11,5 м.

Є комплекс по перевалці сипких вантажів, який розташований на причалах № 1,2.

Термінал обладнаний:

- плавкраном в/п 18 т;
- судновантажною машиною продуктивністю 700 т/год.;

- автонавантажувачами.

У планах терміналу також:

- будівництво 200 м причальної стінки з глибиною в кордону 12,5 м;
- днопоглиблення операційної акваторії до глибини 12,25 м;
- та ін.

Точка прибуття – Київ. Київ має - Київський річковий порт ВАТ.

Порт приймає судна довжиною до 130 м, з осадкою до 3,65 м.

Останні декілька років порт спеціалізується на видобутку і перевалці піску, щебеня і будівельних матеріалів. Крім того, ведеться переробка металобрухту на експорт. У невеликих кількостях перевозяться продукти харчування.

Порт має три основні вантажні райони. Сьогодні використовуються два з них – генеральних (район № 2) і навалювальних (район № 3) вантажів.

Вантажний район генеральних вантажів № 2

Спеціалізується на переробці тарно-штучних і сипких вантажів, вантажів на піддонах і в пакетах, зерна, металобрухту. Має 5 причалів в Києві, 1 – в р. Переяславі-Хмельницькому. На причалах обробляються самохідні вантажні судна в/п до 2700 т, несамохідні судна в/п до 2100 т.

Причали оснащені портальними кранами:

в/п 5 т - 4 од.

в/п 10 т - 1 од.

в/п 10/20 т - 4 од.

в/п 16/20 т - 1 од.

Вантажний район навалювальних вантажів № 3.

Спеціалізується на перевалці піску, щебеня, вугілля, доменного шлаку та ін.

Район має 3 причали загальною протяжністю 604 м. На причалах обробляються несамохідні судна в/п до 2100 т; самохідні вантажні судна в/п до 1800 т.

Причали оснащені портальними кранами:

в/п 10-20 т - 6 од.

в/п 10 т - 2 од.

У порту також є:

- плавучі крани

в/п 5 т - 4 од.

в/п 16 т - 3 од.;

- інша перевантажувальна техніка.

Пасажирський перевантажувальний комплекс

Порт має річковий вокзал. Перевезення в основному здійснюються на місцевих лініях.

2.3 Другий маршрут

Маршрут Поті–Чорноморськ проходить через Чорне море. Довжина маршруту складає 695 миль.

Рисунок 2.1 – План маршруту Поті–Чорноморськ

Чорноморський морський рибний порт:

В даний час рибний порт переробляє будь-які види вантажів:

- металопродукцію;

- свіжоморожену продукцію;

- зернові;

- генеральні вантажі;

Десять причалів порту обладнано п'ятнадцятьма портальними кранами різної вантажопідйомності.

Глибини в причалів – більше 10,5 м.

Довжина причальної лінії порту – 1130 м.

Порт має в своєму розпорядженні чотири спеціалізовані комплекси для переробки вантажів.

Комплекс по перевалці металопродукції.

Сьогодні провідна спеціалізація порту – перевалка металопродукції.

Перевалка здійснюється на чотирьох глибоководних причалах №1, 2, 3, 7 протяжністю

більше 700 м, обладнаних портальними кранами в/п від 6 до 32 т.

Глибина в причалів складає більше 10,5 м, що дозволяє обслуговувати великотоннажні судна.

Комплекс по перевалці свіжомороженої продукції

Перевалка рибопродукції здійснюється на двох причалах №№ 3, 4 довжиною більше 200 м, з глибинами 10,5 м, обладнаних портальними кранами вантажопідйомністю від 3,2 до 6 т.

На комплексі проводиться вивантаження рибопродукції з суден у вагони і холодильник порту, відвантаження рибопродукції з холодильника у вагони і автомашини.

Комплекс по перевалці генеральних вантажів.

Перевантаження генеральних вантажів (банани, цитрусові, рис, цукор, какао-боби та ін.) здійснюється на трьох причалах № 4, 5, 6 довжиною більше 300 м, обладнаних портальними кранами в/п від 3,2 до 6 т.

Комплекс по перевалці сипких вантажів.

Перевалка зернових здійснюється спеціалізованими транспортними перевантажувачами на трьох причалах № 8, 9, 10 довжиною більше 300 м, як по прямому варіанту, так і через склад типа комори.

У розпорядженні порту є:

- портальні крани в/п 3-32 т - 15 од.
- мобільні крани в/п до 36 т;

- і інша перевантажувальна техніка.

Розвиток порту. Перспективи Чорноморського морського рибного порту пов'язані з перевалкою зернових вантажів і металопродукції.

Найближче завдання – проведення робіт по удосконаленню комплексу по перевантаженню зернових і інших сипких вантажів.

У планах розвитку порту – комплексне збільшення портових потужностей для зберігання металопродукції і інших вантажів.

Морський порт Поті:

У 2006 році вантажообіг порту Поті обслуговуючий всі види вантажу склала 7 млн.т., що на 9,1% перевищує показник річної давності. Об'єм контейнерних перевезень 127 тис. т.е.u. У 2007 році грузообробoтка зросла на 12% . Потенціал разширения прийому і обробки портом вантажу 25 млн. т. вантажу.

В порту працюють такі популярні лінії і компанії перевізники, як " Mayers", "SNAGM", "MSC", "ZIMLINE". Потінський порт має сертифікат системи управління якістю ISO1901 – 2000.

2.4 Третій маршрут

Маршрут Туркменістан(Туркменбаши) – Азербайджан(Баку). Довжина маршруту сягає 195 миль.

Нове джерело "чорного золота" на Каспії (називатимемо так не лише море, але і весь прилеглий нафтогазоносний регіон) привернуло увагу найбільших нафтових і газових компаній світу в кінці 1990-х років. Найбільший вклад до розвитку морського шельфу і його освоєння внесли "Шеврон" і "Ексон Мобіл" (США), "ЕНІ" (Італія), "Брітіш Газ" і "Брітіш Петролеум" (Великобританія), "ЛУКОЙЛ" (Росія).

Вони уклали контракти на розробку родовищ, намічається довести видобуток нафти до 4 млн баррелів в добу (близько 200 млн т на рік), тобто потроїти нинішній об'єм. Потрібні інвестиції, по розрахунках, вони складуть 60 млрд. доларів.

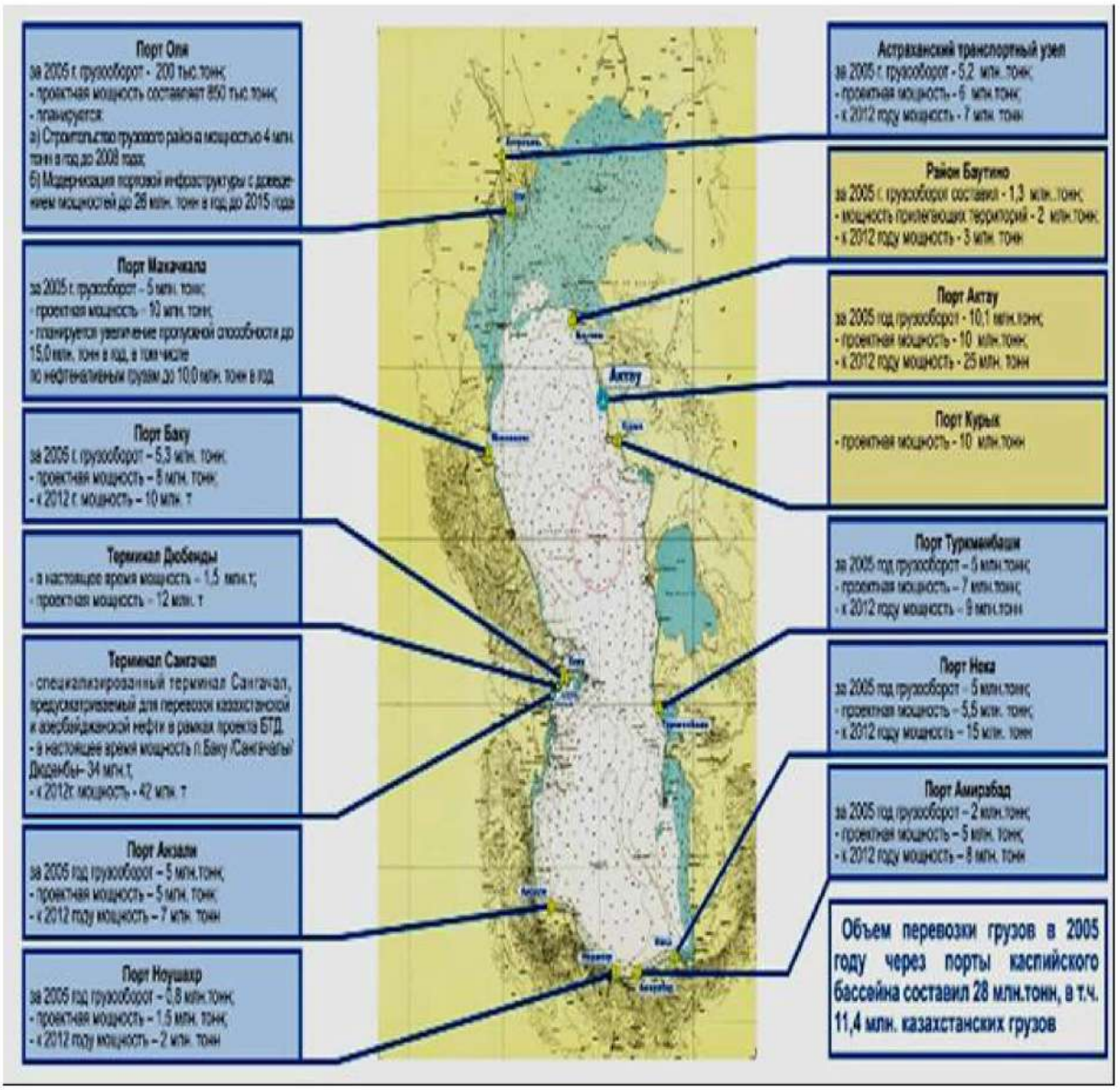

Рисунок 2.2 – Обзорна іформація по портам Каспійського моря

Якщо порівнювати Каспій з іншими крупними нафтогазоносними регіонами планети, то виявиться, що це не найпривабливіше місце ні по розташуванню, ні за умовами видобутку. Наприклад, в найбагатшій нафтовій коморі світу - зоні Персидської затоки, де, по прогнозах, зосереджено до 80% "чорного золота", нафтоносні пласти залягають в товщі материка на порівняно невеликій глибині.

Через довколишні морські порти без проміжних перевантажень нафта і газ танкерами доставляється у всі кінці світу. Цим пояснюється найнижча собівартість нафти Персидської затоки – менше одного долара за баррель в порту відвантаження.

Більшість знов відкритих нафтогазових родовищ на Каспії розташовуються

на морському шельфі. Видобуток обходиться тут в 2-3 рази дорожче, ніж на суші, оскільки для освоєння підводних родовищ потрібні інші, складніші технології і інша, важча техніка. В першу чергу, це пересувні бурові установки для розвідувального буріння і стаціонарні установки для видобутку, так звані нафтогазові платформи – гігантські конструкції водотоннажністю до 5000 т, вартістю порядка 200 млн доларів. Проте через те, що Каспійське море – внутрішнє, доставити сюди вже готове до експлуатації важке великогабаритне устаткування зручним і дешевим морською дорогою неможливо. Всю техніку для нових нафтогазопромислів на шельфі Каспію доводиться будувати і збирати на місці.

Доставка газу за допомогою CNG-газовоза з місць нафтогазових родовищ має місце в сучасній нестабільній політичній ситуації, що склалася на сьогоднішній день.

Підп. і дата	Інв. № дубл.	Взам. інв. №	Підп. і дата	Інв. № ориг.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
Студент		Пернатев В.С.		
Консульт.		Зайцев В.В.		
Керівник		Зайцев В.В.		
Зав.каф.		Зайцев В.В.		

12.КР.135.4 117ст.10.ПЗ.03

Визначення головних розмірів CNG-газовозу змішаного плавання

Літ.	Арк.	Аркушів
	27	25

НУК
ім. адм. Макарова

3 ВИЗНАЧЕННЯ ГОЛОВНИХ РОЗМІРІВ CNG-ГАЗОВОЗУ ЗМІШАНОГО ПЛАВАННЯ

3.1 Характеристика судна-прототипа та судна-проекта

Дані по судну-прототипу:

Головні розміри:

Довжина між перпендикулярами	$\bar{L} = 122{,}4$ м
Ширина по ВВЛ	$\bar{B} = 16{,}6$ м
Висота борту на міделі	$\bar{H} = 6{,}85$ м
Осадка	$\bar{T} = 3{,}6/4{,}8$ м
Коефіцієнт загальної повноти	$\bar{\delta} = 0{,}837$
Коефіцієнт повноти ВВЛ	$\bar{\alpha} = 0{,}933$
Коефіцієнт повноти мідель-шпангоута	$\bar{\beta} = 0{,}995$

Відношення головних розмірів(річка/море):

$$\bar{L}/\bar{B} = 7{,}463$$

$$\bar{L}/\bar{B} = 7{,}373$$

$$\bar{B}/\bar{T} = 4{,}611$$

$$\bar{B}/\bar{T} = 3{,}28$$

$$\bar{H}/\bar{T} = 1{,}903$$

$$\bar{H}/\bar{T} = 1{,}37$$

Тип СЕУ – дизельна. Проект містить 2 головних двигуна.

Потужність СЕУ 1-го двигуна		$\bar{N}_e = 1150$ кВт.
Швидкість ходу:	експлуатаційна	$\bar{v}_e = 10{,}9/11{,}3$ вуз.
	на випробуваннях	$\bar{v}_в = 11{,}4/11{,}8$ вуз.
Дальність плавання		$Z = 6000$ миль.

Водотоннажність (таблиця 31):

Повна водотоннажність	(річка)	$\bar{D} = 6220\ m.$
Повна водотоннажність	(море)	$\bar{D} = 8000\ m.$

Таблиця 3.1 – Проєктний розподіл водотоннажності на розділи

Розділ навантаження	P, т
Металевий корпус	1995
Обладнання	225
Енергетична установка	61
Запас водотоннажності	15
Постачання	4
Вантаж	3650/5430
Паливо	20
Баласт	250

Вихідні дані судна-проекту:

Вантажопідйомність $P_{\text{в}} = 2700/5200$ т

Кількість контейнерів:

(при осадці 3,6 м)

в трюмі $P_m = 18$ т ; $n_m = 150$

Кількість контейнерів:

(при осадці 5,0 м)

на палубі $P_{\text{п}} = 18$ т; $n_n = 77$

в трюмі $P_m = 18$ т; $n_m = 174$

Швидкість ходу експлуатаційна $v_e = 14{,}5/14$ вуз

Дальність плавання $Z = 2000$ миль

Кількість екіпажу $n_{\text{ек}} = 11$ чол

3.2 Визначення головних розмірів для моря у першому наближенні

3.2.1 Складання та вирішення алгебраїчного рівняння мас у функції водотоннажності.

Рівнянням мас називається сума мас розділів навантаження, виражених функціями різних ступенів водотоннажності та вимірниками мас, обчислених по судну-прототипу.

Складемо рівняння мас:

$$D = P_{мк} + P_{об} + P_{Е.У.} + P_{З.В.} + P_{пост} + P_{пал} + P_{вант} + P_{бал},$$

де D - масова водотоннажність, т,

$P_{мк}, P_{об}, P_{Е.У.}, P_{З.В.}, P_{пост}, P_{пал}, P_{вант}, P_{бал}$ - маси розділів навантаження: металевого корпусу, обладнання, енергетичної установки, запасу водотоннажності, постачання, палива, вантажу, баласту відповідно.

Кожна складова цього рівняння мас виражається через водотоннажність через коефіцієнти пропорційності – вимірники мас.

Визначимо вимірники мас:

$a_{мк} = \frac{\bar{P}_{мк}}{\bar{D}}$ - визначник маси розділу навантаження „Металевий корпус",

де $\bar{P}_{мк} = 1995$ т - маса розділу навантаження „Металевий корпус" судна-прототипу,

$\bar{D} = 8000\ m$ - водотоннажність судна-прототипу.

$$a_{мк} = \frac{1995}{8000} = 0{,}249;$$

$q_{обл} = \frac{\bar{P}_{обл}}{\bar{D}^{2/3}}$ - визначник маси розділу навантаження „Обладнання",

де $\bar{P}_{обл} = 225$ т - маса розділу навантаження „Обладнання" судна-прототипу.

$$q_{обл} = \frac{225}{8000^{2/3}} = 0{,}563.$$

$a_{З.В.} = \frac{\bar{P}_{З.В.}}{\bar{D}}$ - визначник маси розділу навантаження „Запас водотоннажності”,

де $\bar{P}_{З.В.} = 15$ т - маса розділу навантаження „Запас водотоннажності” судна-прототипу.

$$a_{З.В.} = \frac{15}{8000} = 0{,}00188$$

$q_{Е.У.} = \frac{\bar{P}_{Е.У.}}{\bar{N}_e}$ - визначник маси розділу навантаження „Енергетична установка”,

де $\bar{P}_{Е.У.} = 61$ т - маса розділу навантаження „Енергетична установка” судна-прототипу, $\bar{N}_e = 2 \cdot 1150 = 3000$ кВт - потужність 2-х головних двигунів судна-прототипу.

$$q_{Е.У.} = \frac{61}{3000} = 0{,}0265.$$

$q_{пал} = \frac{\bar{P}_{пал}}{\bar{N}_e \cdot \frac{\bar{Z}}{\bar{v}_e}}$ - визначник маси розділу навантаження „Паливо”,

де $\bar{P}_{пал} = 20$ т - маса розділу навантаження „Паливо” судна-прототипу,

$\bar{Z} = 6000$ миль - дальність плавання судна-прототипу,

$\bar{v}_e = 10{,}9$ вуз - експлуатаційна швидкість ходу судна-прототипу

$$q_{пал} = \frac{20}{3000 \cdot \frac{6000}{10{,}9}} = 1{,}5797 \cdot 10^{-5}.$$

$a_{пост} = \frac{\bar{P}_{пост}}{\bar{D}}$ - визначник маси розділу навантаження „Постачання”,

де $\bar{P}_{пост} = 4$ т - маса розділу навантаження „Постачання” судна-прототипу.

$$a_{пост} = \frac{4}{8000} = 0{,}0005$$

$a_{бал} = \frac{\bar{P}_{бал}}{\bar{D}}$ - визначник маси розділу навантаження „Баласт”,

де $\bar{P}_{бал} = 250$ т - маса розділу навантаження „Баласт” судна-прототипу.

$$a_{бал} = \frac{250}{8000} = 0{,}0313$$

$\bar{C}_e = \frac{\bar{D}^{2/3} \cdot \bar{v}_e^3}{\bar{N}_e}$ - адміралтейський коефіцієнт судна-прототипу.

$$\bar{C}_e = \frac{6220^{2/3} \cdot 10{,}9^3}{3000} = 225{,}222$$

$\eta = \frac{\bar{P}_в}{\bar{D}}$ - коефіцієнт утилізації водотоннажності по чистій вантажопідйомності,

де $\bar{P}_в = 5430$ т - вантажопідйомність судна-прототипу.

$$\eta = \frac{3650}{8000} = 0{,}679$$

$D_o = \frac{P_в}{\eta}$ - очікувана водотоннажність,

де $P_в = 5200$ т - вантажопідйомність проекту.

$$D_o = \frac{5200}{0{,}679} = 7671\ m$$

Ми отримали рівняння мас:

$$D = \frac{\left[D^{2/3} \cdot \left(q_{обл} + q_n \cdot \frac{v_e^2 \cdot z}{\bar{C}_e} + q_{Е.У.} \cdot \frac{v_e^3}{\bar{C}_e}\right) + P_в\right]}{1 - a_{мк} - a_{З.В.} - a_{пост} - a_{бал}},$$

Розв'яжемо це рівняння за допомогою програми Mathcad. Отримаємо водотоннажність судна-проекту у першому наближенні $D_I = 7736\ m$ за умови, що експлуатаційна швидкість $v_e = 14$ вуз.

Знайдемо маса розділів навантаження судна-проекту:

Потужність головного двигуна:

$$N_e = \frac{D^{2/3} \cdot v_e^3}{\bar{C}_e},$$

де $D = 7736\ m$ - водотоннажність судна-проекту у першому наближенні,

$v_e = 14$ вуз - швидкість судна-проекту.

$$N_e = \frac{7736^{2/3} \cdot 14.^3}{225{,}222} = 3815{,}6 \text{ кВт}.$$

Маса розділу навантаження „Металевий корпус”

$$\text{Р}_{\text{мк}} = \text{а}_{\text{мк}} \cdot D = 0{,}249 \cdot 7736 = 1929{,}2\ m.$$

Маса розділу навантаження „Обладнання”

$$\text{Р}_{\text{обл}} = q_{\text{обл}} \cdot D^{2/3} = 0{,}563 \cdot 7736^{2/3} = 220\ m.$$

Маса розділу навантаження „Запас водотоннажності”

$$\text{Р}_{\text{З.В.}} = \text{а}_{\text{З.В.}} \cdot D = 0{,}00188 \cdot 7736 = 14{,}5\ m.$$

Маса розділу навантаження „Постачання”

$$\text{Р}_{\text{пост}} = \text{а}_{\text{пост}} \cdot D = 0{,}0005 \cdot 7736 = 3{,}87(m)$$

Маса розділу навантаження „Енергетична установка”

$$\text{Р}_{\text{Е.У.}} = q_{\text{Е.У.}} \cdot N_e = 0{,}0265 \cdot 3815{,}6 = 101{,}2\ m.$$

Маса розділу навантаження „Баласт”

$$P_{бал} = a_{бал} \cdot D = 0{,}0313 \cdot 7736 = 241{,}8\ m.$$

Маса розділу навантаження „Паливо”

$$P_{пал} = q_{пал} \cdot N_e \cdot \frac{Z}{v_e} = 1{,}5797 \cdot 10^{-5} \cdot 3815{,}6 \cdot \frac{2000}{14} = 27{,}8\ m.$$

Перевіримо водотоннажність:

$$D = P_{мк} + P_{об} + P_{Е.У.} + P_{З.В.} + P_{пост} + P_{пал} + P_{вант} + P_{бал}$$

$$D = 1929{,}2 + 220 + 14{,}5 + 3{,}87 + 101{,}2 + 241{,}8 + 27{,}8 + 5200 = 7736{,}1\ m.$$

Похибка $\varepsilon = \frac{D - D_I}{D} = -2{,}258\%$.

3.2.2. Визначення безрозмірних характеристик форми корпусу

Відносна довжина судна

$$l = \frac{L_{max}}{\sqrt[3]{\frac{D}{\gamma}}} v_e^{1/3},$$

де $\gamma = 1{,}025\ m/м^3$ - густина морської води.

$$l = \left(\frac{120}{\sqrt[3]{\frac{7736{,}1}{1.025}}} \right) \cdot 14^{1/3} = 6{,}118.$$

Відносна довжина судна-прототипу

$$\bar{l} = \frac{\bar{L}}{\sqrt[3]{\frac{\bar{D}}{\gamma}}} = \frac{122{,}4}{\sqrt[3]{\frac{6220}{1{,}025}}} = 6{,}171.$$

Оскільки $v_e = 14$ вуз $> \bar{v}_e = 11{,}3$ вуз, приймаю менше значення

$$l = 6{,}118.$$

Довжина судна між перпендикулярами

$$L = l^3\sqrt{\frac{D}{\gamma}} = 6{,}118^3\sqrt{\frac{7736{,}1}{1{,}025}} = 120 \text{ м}.$$

Число Фруда судна-проекту

$$Fr = \frac{0{,}514 \cdot v_e}{\sqrt{g \cdot L}} = \frac{0{,}514 \cdot 14}{\sqrt{9{,}81 \cdot 120}} = 0{,}195.$$

Число Фруда судна-прототипу

$$Fr = \frac{0{,}514 \cdot \bar{v}_e}{\sqrt{g \cdot \bar{L}}} = \frac{0{,}514 \cdot 11{,}3}{\sqrt{9{,}81 \cdot 122{,}4}} = 0{,}162.$$

Коефіцієнти повноти судна-проекту:

коефіцієнт загальної повноти

$$\delta = 1{,}05 - 1{,}4 \cdot Fr = 1{,}05 - 1{,}4 \cdot 0{,}195 = 0{,}825.$$

коефіцієнт повноти мідель-шпангоута

$$\beta = 0{,}98 \cdot \delta^{0{,}5} = 0{,}98 \cdot 0{,}771^{0{,}5} = 0{,}981.$$

коефіцієнт повноти КВЛ

$$\alpha = 0{,}462 + \sqrt{0{,}213 + 0{,}084 \cdot \delta} = 0{,}921.$$

$B_{max} = 16{,}4$ м – обмеження для даного району плавання.

3.3 Визначення співвідношень та головних розмірів

Відношення головних розмірів судна:

Відношення довжини до ширини: приймаю за судном-прототипом

$$\frac{L}{B} = \frac{L_{max}}{B_{max}} = \frac{120}{16,4} = 7,317.$$

Відношення ширини до осадки:

$$\frac{B}{T} = \frac{B_{max}}{T} = \frac{16,4}{4,8} = 3,417,$$

де $B_{max} = 16,4$ м – обмеження для даного району плавання.

Відношення висоти борту до осадки: приймаю за судном-прототипом

$$\frac{H}{T} = \frac{\bar{H}}{\bar{T}} = \frac{6,85}{4,8} = 1,427.$$

Отримаємо ширину судна-проекту, м:

$$B = \frac{L}{(L/B)} = \frac{120}{7,317} = 16,4.$$

З рівняння плавучості осадка судна-проекту, м:

$$T = \frac{D}{k_{вч} \cdot \gamma \cdot \delta \cdot L \cdot B} = \frac{7736,1}{1,01 \cdot 1,025 \cdot 0,825 \cdot 120 \cdot 16,4} = 4,6,$$

де $k_{вч} = 1,01$ – коефіцієнт.

Враховуючи виступаючі частини корпусу судна, висота борту судна-

проекту, м

$$H = \frac{H}{T}T = 1{,}427 \cdot 4{,}6 = 6{,}57.$$

Перевірка:

$$D = k_{\text{вч}} \cdot \gamma \cdot \delta \cdot L \cdot B \cdot T$$

$$D` = 1{,}01 \cdot 1{,}025 \cdot 0{,}825 \cdot 120 \cdot 16{,}4 \cdot 4{,}6 = 7736{,}1 \text{ т.}$$

Похибка $\varepsilon = \frac{D - D`}{D} = 0\%$

Отже, у першому наближенні ми отримали наступні головні розміри проектованого судна:

$$L = 120 \text{ м};$$

$$B = 16{,}4 \text{ м};$$

$$T = 4{,}6 \text{ м};$$

$$H = 6{,}57 \text{ м}.$$

3.4 Розрахунок водотоннажності та головних розмірів у другому наближенні

Потужність головного двигуна у першому наближенні $N_e = 4876$ кВт.

Підберемо двигун за цією потужністю.

Приймаю: два середньоборотних дизелів фірми MAN - "B&W 7L27/38" по $N_e = 2380$ кВт.

$$q_n = 185 \cdot 10^{-6} \frac{\text{г}}{\text{кВт} \cdot \text{год}}, \qquad n = 800 \frac{1}{\text{хв}}$$

Головні розміри: $L = 5500$ мм; В $= 2400$ мм; Н $= 3600$ мм;

Вага двигуна: $G = 33{,}5$ т.

Для знаходження водотоннажності у другому наближенні використаємо рівняння мас у функції від головних розмірів судна та коефіцієнт Нормана.

Вимірники мас для цього рівняння визначимо, використовуючи дані судна-прототипу. Уточнені маси розділів навантаження отримаємо, використовуючи дані, отримані у першому наближенні.

Визначник розділу навантаження „Металевий корпус”

$$a_{мк} = \frac{\bar{P}_{мк}}{\bar{L}\cdot\bar{B}\cdot\bar{H}} = \frac{1995}{122{,}4\cdot 16{,}6\cdot 6{,}85} = 0{,}143.$$

Уточнена маса розділу навантаження „Металевий корпус” судна-проекту

$$P_{мк_ут} = a_{мк}\cdot L\cdot B\cdot H = 0{,}143\cdot 120\cdot 16{,}4\cdot 6{,}57 = 1852{,}8 \text{ т}.$$

Зміна маси розділу навантаження „Металевий корпус”

$$\Delta P_{мк} = P_{мк_ут} - P_{мк} = 1852{,}8 - 1929{,}2 = -76{,}362 \text{ т}$$

Визначник розділу навантаження „Обладнання”

$$q_{обл} = \frac{\bar{P}_{обл}}{(\bar{L}\cdot\bar{B}\cdot\bar{H})^{2/3}} = \frac{225}{(122{,}4\cdot 16{,}6\cdot 6{,}85)^{2/3}} = 0{,}389.$$

Уточнена маса розділу навантаження „Обладнання” судна-проекту

$$P_{обл_ут} = q_{обл}\cdot(L\cdot B\cdot H)^{\frac{2}{3}} = 0{,}389\cdot(120\cdot 16{,}4\cdot 6{,}57)^{\frac{2}{3}} = 214{,}2 \text{ т}.$$

Зміна маси розділу навантаження „Обладнання”

$$\Delta P_{обл} = P_{обл_ут} - P_{обл} = 214{,}2 - 241{,}8 = -5{,}846 \text{ т}.$$

Визначник розділу навантаження „Паливо”

$$q_n = 185\cdot 10^{-6}\,\frac{\text{г}}{\text{кВт}\cdot\text{год}}.$$

Уточнена маса розділу навантаження „Паливо” судна-проекту

$$P_{n_ут} = q_n \cdot k_{мз} \cdot k_{доп} \cdot N_e \cdot \frac{Z}{v_e} = 185 \cdot 10^{-6} \cdot 1{,}2 \cdot 1{,}15 \cdot 4760 \cdot \frac{2000}{14} = 560{,}9 \text{ т},$$

де $k_{мз} = 1{,}2$ - коефіцієнт морського запасу, $k_{доп} = 1{,}15$ - коефіцієнт, який враховує витрати палива на допоміжні двигуни.

Зміна маси розділу навантаження „Паливо”

$$\Delta P_n = \mathrm{P}_{n_ут} - \mathrm{P}_n = 560{,}9 - 27{,}8 = 533{,}05 \text{ т}.$$

Визначник розділу навантаження „Енергетична установка”

$q_{Е.У.} = 0{,}027$ – приймаю, як у першому наближенні.

Уточнена маса розділу навантаження „Енергетична установка” судна-проекту

$$P_{Е.У._ут} = q_{Е.У.} \cdot N_e = 0{,}027 \cdot 4760 = 126{,}24 \text{ т}.$$

Зміна маси розділу навантаження „Енергетична установка”

$$\Delta P_{Е.У} = \mathrm{P}_{Е.У._ут} - \mathrm{P}_{Е.У.} = 126{,}24 - 101{,}2 = 25{,}05 \text{ т}.$$

Загальна зміна маси розділів навантаження:

$$\Delta P = \Delta P_{мк} + \Delta P_{обл} + \Delta P_{п} + \Delta P_{Е.У} =$$
$$= -76{,}362 - 5{,}846 + 533{,}05 + 25{,}05 = 475{,}89 \text{ т}.$$

Маса розділів навантаження „Постачання”, „Баласт”, „Запас водотоннажності” та „Вантаж” не змінюється.

Коефіцієнт Нормана

$$\eta_H = \frac{1}{1-\frac{P_{мк}+\frac{2\cdot(P_{обл}+P_{Е.У.}+P_{П})}{3}}{D}}.$$

$$\eta_H = \frac{1}{1-\frac{1929,2+\frac{2\cdot(220+101,2+27,8)}{3}}{7736,1}} = 1,388.$$

Зміна водотоннажності:

$$dD = \Delta P\cdot\eta_H = 475,89\cdot 1,388 = 660,5 \text{ т}.$$

Водотоннажність у другому наближенні:

$$D_{II} = D_I + dD = 7736,1 + 660,5 = 8396,562 \text{ т}.$$

Знайдемо маси розділів навантаження у другому наближенні:

- маса розділу навантаження „Металевий корпус” у другому наближенні:

$$P_{мкII} = P_{мк}\cdot\left(1+\frac{dD}{D_I}\right) + \Delta P_{мк} = 1929,2\cdot\left(1+\frac{660,5}{7736,1}\right) - 76,362 = 2017,5 \text{ т};$$

- маса розділу навантаження „Енергетична установка” у другому наближенні:

$$P_{Е.У.II} = P_{Е.У.}\cdot\left(1+\frac{dD}{D_I}\right) + \Delta P_{Е.У.} = 101,2\cdot\left(1+\frac{660,5}{7736,1}\right) + 25,05 = 132,003 \text{ т};$$

- маса розділу навантаження „Обладнання” у другому наближенні:

$$P_{облII} = P_{обл}\cdot\left(1+\frac{dD}{D_I}\right) + \Delta P_{обл} = 220\cdot\left(1+\frac{660,5}{7736,1}\right) - 5,846 = 226,706 \text{ т};$$

- маса розділу навантаження „Паливо” у другому наближенні:

$$P_{nII} = P_n \cdot \left(1 + \frac{dD}{D_I}\right) + \Delta P_n = 27,8 \cdot \left(1 + \frac{660,5}{7736,1}\right) + 533,05 = 562,458 \text{ т.}$$

Перевіримо водотоннажність:

$$D_{II}` = P_{мкII} + P_{обII} + P_{Е.У.II} + P_{З.В} + P_{пост} + P_{палII} + P_{вант} + P_{бал}$$

$$D_{II}` = 2017,5 + 226,702 + 132,003 + 14,5 + 3,87 + 562,458 + 5200 + 220 =$$

$$= 6362,2 \text{ т.}$$

Похибка $\varepsilon = \frac{D_{II} - D_{II}`}{D_{II}} = 0,027\%$.

Розрахунок головних розмірів у другому наближенні.

$$\lambda = \sqrt[3]{\frac{D_{II}}{D_I}} = \sqrt[3]{\frac{8398,8}{7736,1}} = 1,025.$$

Довжина судна у другому наближенні

$$L_{II} = L_I \cdot \lambda,$$

де $\lambda = 1,025$ – множник,

$L_I = 120$ м - довжина судна у першому наближенні.

$$L_{II} = 1,025 \cdot 120 = 123,33 \text{ м.}$$

Ширина судна у другому наближенні

$$B_{II} = B_I \cdot \lambda,$$

де $B_I = 16,4$ м - ширина судна у першому наближенні.

$$B_{II} = 1,025 \cdot 16,4 = 16,856 \text{ м.}$$

Осадка судна у другому наближенні

$$T_{II} = T_I \cdot \lambda,$$

де $T_I = 4{,}6$ м – осадка судна у першому наближенні.

$$T_{II} = 1{,}025 \cdot 4{,}6 = 4{,}73 \text{ м}.$$

Висота борту судна у другому наближенні

$$H_{II} = H_I \cdot \lambda,$$

де $H_I = 6{,}57$ м – висота борту судна у першому наближенні.

$$H_{II} = 1{,}025 \cdot 6{,}57 = 6{,}751 \text{ м}.$$

Перевірка водотоннажності

$$D`_{II} = k_{\text{вч}} \cdot \gamma \cdot \delta \cdot L_{II} \cdot B_{II} \cdot T_{II},$$

$$D`_{II} = 1{,}01 \cdot 1{,}025 \cdot 0{,}825 \cdot 123{,}33 \cdot 16{,}857 \cdot 4{,}73 = 8398{,}8 \text{ т}.$$

Похибка $\varepsilon = \frac{D_{II} - D`_{II}}{D_{II}} = 0\%$.

3.5 Розрахунок головних розмірів з умови розміщення контейнерів

Розміри контейнерів:

$$l = 6{,}058 \text{ м}; \quad b = 2{,}438 \text{ м}; \quad h = 2{,}591 \text{ м}.$$

Приймаю кількість контейнерів у поперечному перерізі $n_1 = 5$.

Ширина подвійного борту:

$$B_0 = \frac{D_H^{0,5} \cdot \bar{B} \cdot b_0}{\bar{D}^{0,5}} = \frac{8998,8^{0,5} \cdot 16,856 \cdot 0,1}{8000^{0,5}} = 1,701 \text{ м},$$

де $b_0 = 0,1$.

За Російським Морським Регістром Газовозів визначено тип судна. Так як судно перевозить балони з метаном то тип – 2G.

Тип 2G-ступінь конструктивного захисту при перевезенні менш небезпечних вантажів (рис. 3.1), котрі потребують прийняття доцільних попереджувальних мір для виключення вибросу в море такого вантажу.

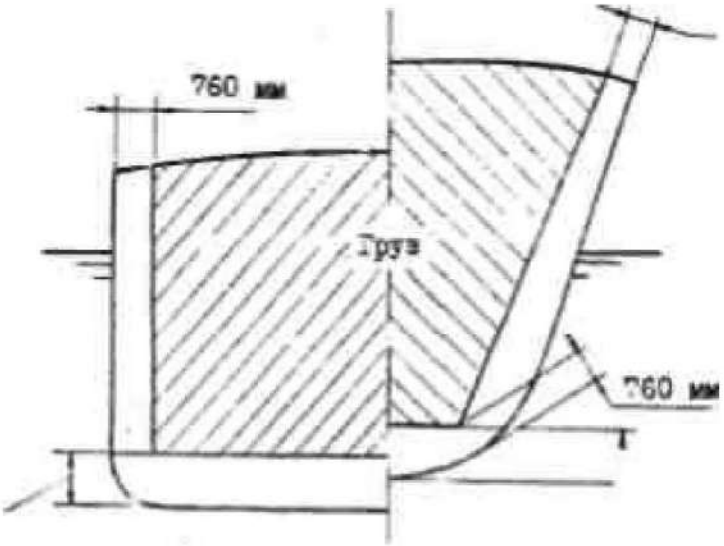

Рисунок 3.1 – Конструктивний захист типів 2G, 2PG,3G

За правилами техніки безпеки потрібно забезпечити прохід між бортами від 500 до 800 мм.

Отже приймаю ширину подвійного борту згідно формули: $B_0 = 1,7$ м

Приймемо величину зазорів між рядами трюмних контейнерів та по ширині судна: $a = 0,355$ м; $a_1 = 0,025$ м.

Товщина матеріалу сталі: $s = 12$ мм.

Поперечна шпація:

$$a_s = 0,002L + 0,48 = 0,002 \cdot 123,33 + 0,48 = 0,721 \text{м}.$$

Згідно з Російським Морським Регістром, відхилення від шпації для суден обмеженого району плавання допускається

$$a_s = a_s 0{,}75 \ldots a_s 1{,}12.$$

Приймаю поперечну шпацію $a_s = 0{,}6$ м.

Довжина форпіку:

$$L_{\text{форп}} = (0{,}06 - 0{,}0047) \cdot L = (0{,}06 - 0{,}0047) \cdot 123{,}3 = 6{,}83 \text{ м}.$$

Приймаю $L_{\text{форп}} = 7$ м.

Довжина ахтерпіку:

$$L_{\text{ахт}} = 0{,}05L = 0{,}05 \cdot 123{,}33 = 6{,}167 \text{ м}.$$

Приймаю $L_{\text{ахт}} = 6{,}2$ м.

Довжина машинного відділення (рис. 3.2):

$$L_{\text{мв}} = L_{\text{двиг}} + L_{\text{прох}} + L_{\text{редук}} + L_{\text{п.вала}} = 5{,}5 + 3 + 2{,}3 + 1{,}4 = 12{,}2 \text{ м}.$$

Приймаю $L_{\text{мв}} = 12{,}5$ м,

де

$L_{\text{прох}} = 2 \ldots 3$ м – довжина прохідної частини в машинному відділенні;

$L_{\text{редук}} = 2{,}3$ м – довжина редуктора;

$L_{\text{п.вала}} = 1{,}4$ м – довжина проміжного валу.

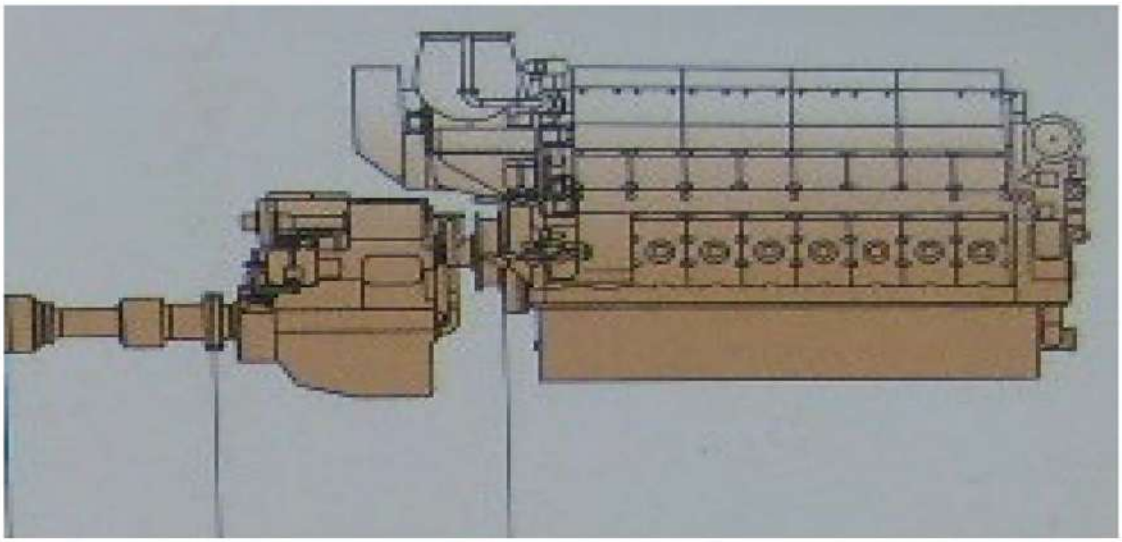

Рисунок 3.2 – Головний двигун з редуктором і проміжним валом

Довжина вантажної частини:

$$L_{\text{в}} = L - L_{\text{форп}} - L_{\text{ахт}} - L_{\text{мв}} - L_{\text{б}} = 123{,}33 - 7 - 6{,}2 - 12{,}5 - 3 = 94{,}63 \text{ м},$$

де

$L_{\text{б}} = 3$ м –довжина баластного відсіку.

Приймаю довжину одного трюму $L_{\text{тр}} = 30{,}4$ м.

Загальна довжина вантажної частини

$$L_{\text{в}} = L_{\text{тр}} \cdot 3 = 91{,}2 \text{ м}.$$

Загальна довжина судна

$$L = L_{\text{форп}} + L_{\text{ахт}} + L_{\text{мв}} + L_{\text{в}} + L_{\text{б}} = 6{,}2 + 7 + 12{,}5 + 91{,}2 + 3 = 119{,}9 \text{ м}.$$

Ширина судна

$$B = 5 \cdot b_k + 4 \cdot a_1 + 2 \cdot a + 2 \cdot B_0 =$$
$$= 5 \cdot 2{,}438 + 4 \cdot 0{,}025 + 2 \cdot 0{,}35 + 2 \cdot 1{,}7 = 16{,}4 \text{ м}.$$

Висота борту з урахуванням висоти комінгса люка та висоти подвійного дна:

$$H = h_{дв} + a_2 + 3 * h_k + 2 + a_3 + C - h,$$

де

$C = 0{,}3$;

$h = 2$ м – висота комінгса люка,

$a_2 = 0{,}012$ –зазор між другим дном та контейнером,

$a_3 = 0{,}025$ –зазор між контейнерами по висоті.

Висота подвійного дна

$$h_{дв} = \frac{L-40}{0{,}57} + 40B + 3500\frac{T}{L} = \frac{119{,}5-40}{0{,}57} + 40 \cdot 16{,}36 + 3500\frac{4{,}73}{119{,}5} = 0{,}955 \text{ м}.$$

На газовозах відстань від ОП до вантажних танків регламентується меншою з величин:

$$h_{дв} = \frac{B}{15} = \frac{16.36}{15} = 1{,}093 \text{ м або } 2 \text{ м}.$$

Приймаю висоту подвійного дна: $h_{дв} = 1{,}093$ м.

Висота борту:

$$\text{H} = 1{,}093 + 0{,}012 + 3 \cdot 2{,}591 + 2 \cdot 0{,}025 + 0{,}3 - 2 = 7{,}228 \text{ м}.$$

Осадка

$$T = \frac{D}{k_{вч} \cdot \gamma \cdot \delta \cdot L \cdot B} = \frac{8398{,}8}{1{,}01 \cdot 1{,}025 \cdot 0{,}9825 \cdot 119{,}5 \cdot 16{,}36} = 5{,}00 \text{ м}.$$

3.6 Розрахунок водотоннажності у третьому наближенні

Головні розміри:

$$L = 119{,}9 \text{ м};$$

$$B = 16{,}4 \text{ м};$$

$$T = 5{,}00 \text{ м};$$

$$H = 7{,}228 \text{ м}.$$

Уточнена маса розділу навантаження „Металевий корпус” судна-проекту

$$P_{\text{мк_ут}} = \text{а}_{\text{мк}} \cdot L \cdot B \cdot H = 0{,}143 \cdot 119{,}9 \cdot 16{,}4 \cdot 7{,}228 = 2037{,}3 \text{ т}.$$

Зміна маси розділу навантаження „Металевий корпус”

$$\Delta P_{\text{мк}} = \text{P}_{\text{мк_ут}} - \text{P}_{\text{мк}} = 2037{,}3 - 2017{,}53 = 19{,}812 \text{ т}.$$

Уточнена маса розділу навантаження „Обладнання” судна-проекту

$$P_{\text{обл_ут}} = q_{\text{обл}} \cdot (L \cdot B \cdot H)^{\frac{2}{3}} = 0{,}389 \cdot (119{,}5 \cdot 16{,}36 \cdot 7{,}259)^{\frac{2}{3}} = 228{,}2 \text{ т}.$$

Зміна маси розділу навантаження „Обладнання”

$$\Delta P_{\text{обл}} = \text{P}_{\text{обл_ут}} - \text{P}_{\text{обл}} = 228{,}2 - 226{,}702 = 1{,}47 \text{ т}.$$

Загальна зміна маси розділів навантаження:

$$\Delta P = \Delta P_{\text{мк}} + \Delta P_{\text{обл}} = 19{,}812 + 1{,}47 = 21{,}28 \text{ т}.$$

Маса інших розділів навантаження не змінюється.

Коефіцієнт Нормана

$$\eta_H = \frac{1}{1-\frac{P_{мк}+\frac{2\cdot(P_{обл})}{3}}{D}}; \qquad \eta_H = \frac{1}{1-\frac{2017,53+\frac{2\cdot(226,702)}{3}}{8398,8}} = 1,328.$$

Зміна водотоннажності:

$$dD = \Delta P \cdot \eta_H = 21,28 \cdot 1,328 = 28,27 \text{ т.}$$

Водотоннажність у другому наближенні:

$$D_{IIi} = D_{II} + dD = 8398,8 + 28,27 = 8427,089 \text{ т.}$$

Знайдемо маси розділів навантаження у третьому наближенні.

Маса розділу навантаження „Металевий корпус” у третьому наближенні:

$$P_{мкIII} = P_{мкII} \cdot \left(1 + \frac{dD}{D_{II}}\right) + \Delta P_{мк} = 2017,53 \cdot \left(1 + \frac{21,28}{8427,089}\right) + 19,812 = 2044,133 \text{ т.}$$

Маса розділу навантаження „Обладнання” у третьому наближенні:

$$P_{облIII} = P_{облII} \cdot \left(1 + \frac{dD}{D_{II}}\right) + \Delta P_{обл} = 226,702 \cdot \left(1 + \frac{21,28}{8427,089}\right) + 1,47 = 228,681 \text{ т.}$$

Перевіримо водотоннажність:

$$D_{III}` = P_{мкIII} + P_{облII} + P_{Е.У.II} + P_{З.В} + P_{пост} + P_{палII} + P_{вант} + P_{бал}.$$

$$D_{III}` = 2044,133 + 228,681 + 132,003 + 14,5 + 3,87 +$$
$$+ 562,458 + 5200 + 241,8 = 8427,402 \text{ т.}$$

Похибка

$$\varepsilon = \frac{D_{III} - D_{III}`}{D_{III}} = \frac{8427,089 - 8427,402}{8427,089} = 3,706 \cdot 10^{-3}\%.$$

3.7 Розрахунок головних розмірів у третьому наближенні

$$\lambda = \sqrt[3]{\frac{D_{III}}{D_{II}}} = \sqrt[3]{\frac{8427,402}{8398,8}} = 1,00113$$

Довжина судна у третьому наближенні

$$L_{III} = L_{II} \cdot \lambda,$$

де $\lambda = 1,00113$ - множник,

$L_{II} = 119,9$ м - довжина судна у третьому наближенні.

$$L_{III} = 1,00113 \cdot 119,9 = 120 \text{ м}.$$

Ширина судна у третьому наближенні

$$B_{III} = B_{II} \cdot \lambda,$$

де $B_{II} = 16,4$ м - ширина судна у другому наближенні.

$$B_{III} = 1,00113 \cdot 16,4 = 16,4 \text{ м}.$$

Осадка судна у третьому наближенні

$$T_{III} = T_{II} \cdot \lambda,$$

де $T_{II} = 5$ м - осадка судна у другому наближенні.

$$T_{III} = 1,00133 \cdot 5 = 5,0 \text{ м}.$$

Висота борту судна у третьому наближенні

$$H_{III} = H_{II} \cdot \lambda,$$

де $H_{II} = 7{,}228$ м - висота борту судна у другому наближенні.

$$H_{III} = 1{,}00113 \cdot 7{,}228 = 7{,}24 \text{ м}.$$

3.8 Визначення осадки для річки

Визначемо максимальну осадку для річки Дніпро на шляху (Миколаєв-Київ). Так як всі статті навантаження були розрахова раніше тоді:

Маса розділу навантаження „Металевий корпус”

$$P_{мк} = 2044{,}133 \text{ т}.$$

Маса розділу навантаження „Обладнання”

$$P_{обл} = 228{,}681 \text{ т}.$$

Маса розділу навантаження „Запас водотоннажності”

$$P_{З.В.} = 14{,}5 \text{ т}.$$

Маса розділу навантаження „Постачання”

$$P_{пост} = 3{,}87 \text{ т}.$$

Маса розділу навантаження „Енергетична установка”

$$P_{Е.У.} = 132{,}003 \text{ т}.$$

Маса розділу навантаження „Баласт”

$$P_{бал} = 241{,}8 \text{ т.}$$

Маса розділу навантаження „Паливо”

$$P_{пал} = 562{,}458 \text{ т.}$$

Вантажопідйомність проекту(при річці)

$$P_в = 2700 \text{ т;}$$

$$D = P_{мк} + P_{об} + P_{Е.У} + P_{З.В} + P_{пост} + P_{пал} + P_{вант} + P_{бал};$$

$$D = 2044{,}133 + 228{,}681 + 132{,}003 + 14{,}5 +$$

$$+ 3{,}87 + 562{,}458 + 2700 + 241{,}8 = 5927{,}445 \text{ т.}$$

Визначемо експлуатаційну швидкість для річки

Так як $N_e = 4760 кВт$ – сумарна потужність обох двигунів вибрана раніше

$C_e = 225{,}222$ – адміралтейський коефіцієнт (розрахований раніше);

$N_e = \frac{D^{2/3} \cdot v_e^3}{\bar{C}_e}$ з цієї формули визначаємо швидкість.

$$v_e = \sqrt[3]{\frac{C_e \cdot N_e}{D^{2/3}}} = \sqrt[3]{\frac{225{,}222 \cdot 4760}{5927{,}445}} = 14{,}8$$

Прийнята швидкість $v_e = 14{,}5$ вуз.

Осадка для річки

$$T = \frac{D}{k_{вч} \cdot \gamma \cdot \delta \cdot L \cdot B} = \frac{5927{,}445}{1{,}01 \cdot 1{,}0 \cdot 0{,}825 \cdot 120 \cdot 16{,}4} = 3{,}6 \text{ м.}$$

Підп. і дата	Інв. № дубл.	Взам. інв. №	Підп. і дата	Інв. № ориг.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
Студент		Пернатьев В.С.		
Консульт.		Зайцев В.В.		
Керівник		Зайцев В.В.		
Зав.каф.		Зайцев В.В.		

12.КР.135.4117ст.10.ПЗ.04

Проєктування конструктивного мідель-шпангоуту CNG-газовозу змішаного плавання

Літ.	Арк.	Аркушів
	52	20

НУК
ім. адм. Макарова

4 ПРОЄКТУВАННЯ КОНСТРУКТИВНОГО МІДЕЛЬ-ШПАНГОУТУ CNG-ГАЗОВОЗУ ТИПУ ЗМІШАНОГО ПЛАВАННЯ

4.1 Загальні відомості про судно, що проєктується

Довжина найбільша $L_{КВЛ}$=124,8 м.

Довжина між перпендикулярами $L_{пп}$=120 м.

Ширина 16,4 м.

Висота борта 7,24 м.

Осадка, (ріка/море) 3,60/5,00 м.

C_b=0,825.

C_m=0,981.

Швидкість ходу, (ріка/море) 14,5/14 м/с.

L_1=24 м, (40 шп. х 0,60 м)

4.1.1 Опис архітектурно-конструктивного типу судна.

Проектоване судно є контейнеровозом, з машинним відділенням у кормі, з кормовою рубкою над машинним відділенням, з коротким баком, без бульба та з транцевою кормою, з надлишковим надводним бортом, однопалубне, з подвійним дном, з подвійним бортом, з 5 водонепроникними перебірками.

4.1.2. Вибір шпації.

Шпація: $a = 0{,}60$ м.

Шпація поперечна: $a = 0{,}60$ м.

Шпація поздовжня: $a = 0{,}65$ м.

4.1.3 Вибір системи набору перекриттів корпусу судна.

Система набору перекриттів: перекриття верхньої палуби та днищеві перекриття – за поздовжньою системою набору, а перекриття подвійного борту розрахуємо за поперечною системою набору.

4.1.4 Вибір марки і категорії сталі.

Як матеріал для основних в'язів корпусу і відповідальних фундаментів прийнята низьколегована суднобудівельна сталь підвищеної міцності категорії РС А32, з межею плинності 315 МПа (32 кгс/мм^2). Верхні подовжні в'язі безперервних подовжніх комінгсів люків і палубного стрингера комінгсів люків виконуються з низьколегованої суднобудівельної сталі підвищеної міцності категорії РС Е36 з межею плинності 355 МПа (36 кгс/мм^2).

Листові конструкції кінців, поперечних перегородок, платформ, вигородок і стінок цистерн, рубки товщиною до 9 мм виготовляються з суднобудівельної сталі нормальної міцності категорії РС А з межею плинності 235 МПа (24 кгс/мм^2).

Настил палуб бака, юту і рубки в районі пристроїв і інтенсивного пересування екіпажа - звичайна суднобудівельна сталь категорій РС А32 і РС А з наплавленням точок або з нековзним покриттям. Для выгородок в міцному корпусі і рубки використовуються також стандартні гофровані листи завтовшки 3 і 5 мм з вуглецевої сталі з межею текучості 235 МПа (24 кгс/мм^2).

У районі магнітного компаса застосовується маломагнітна сталь з межею плинності 31 кгс/мм^2.

Цистерна питної води виготовляється з неіржавіючої сталі, а цистерни прісної води із звичайної суднобудівельної сталі із спеціальним покриттям.

Для набору корпусу і вирубування застосовуються:

- катані несиметричні полособульбовые профілі із сталі категорії РС А32;
- зварні профілі із смугової або листової сталі категорії РС А32 РС А.

Коефіцієнт використання міцностних властивостей сталі η:

Для сталі з межею міцності R_{eH} = 355 Мпа $\eta = 0{,}72$;

Для сталі з межею міцності R_{eH} = 315 МПа $\eta = 0{,}78$;

Для сталі з межею міцності R_{eH} = 235 МПа $\eta = 1{,}0$.

Розрахункова нормативна межа плинності сталі по нормальним напруженням

$$\sigma_н = 235/\eta$$

- для сталі с R_{eH} = 355 МПа $\sigma_н$ = 326,4 МПа;
- для сталі с R_{eH} = 315 МПа $\sigma_н$ = 301,3 МПа;
- для сталі с R_{eH} = 235 МПа $\sigma_н$ = 235 МПа;

Розрахункова нормативна межа текучості сталі по дотичним напруженням

$$\tau_н = 0{,}57\sigma_н$$

- для сталі с R_{eH} = 355 МПа $\tau_н$ = 186 МПа;
- для сталі с R_{eH} = 315 МПа $\tau_н$ = 171,7 МПа;
- для сталі с R_{eH} = 235 МПа $\tau_н$ = 134 МПа;

Висота подвійного дна $h = 1{,}093$ м.

Ширина подвійного борту $b_{дв} = 1{,}7$ м.

Ширина горизонтального киля

$$b_{гк} = 800 + 5 \cdot L = 800 + 5 \cdot 120 = 1400 \text{ мм.}$$

4.2 Розрахункові навантаження

4.2.1 Розрахункові навантаження на корпус судна.

Розрахункові навантаження на корпус судна з боку моря визначаються статичним та хвильовим тиском води.

Розрахунковий статичний тиск для точок, розташованих нижче ватерлінії, визначається за формулою

$$P_{st} = 10z_i,$$

де z_i - відстань точок прикладання навантаження від ватерлінії, м.

Розрахунковий тиск для точок прикладання, 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 навантаження, розташованих нижче ватерлінії

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

для точок прикладання навантаження, розташованих вище ватерлінії

$$P_w = P_{w0} - 7{,}5 \cdot a_x \cdot z_i,$$

$$P_{min} = 0{,}03L + 5 = 0{,}03 \cdot 120 + 5 = 8{,}6 \text{ кПа}.$$

$$P_{w0} = 5 \cdot C_w \cdot a_v \cdot a_x,$$

де $C_w = 10{,}75 - (\frac{300-L}{100})^{\frac{3}{2}} = 10{,}75 - (\frac{300-120}{100})^{\frac{3}{2}} = 8{,}335.$

$$a_v = \frac{0{,}8V_0(\frac{L}{1000}+0{,}4)}{\sqrt{L}} + 1{,}5 = \frac{0{,}8 \cdot 14{,}5(\frac{120}{1000}+0{,}4)}{\sqrt{120}} + 1{,}5 = 2{,}051,$$

де $V_0 = 14{,}5$ - специфікаційна швидкість судна, вуз,

$$a_x = k_x(1 - 2\frac{x_1}{L}) = 0{,}8 \cdot (1 - 2 \cdot \frac{46{,}30}{120}) = 0{,}114 < 0{,}267,$$

де $k_x = 0{,}8$ - для поперечних перерізів в ніс від міделя,

$x_1 = 47$ - відстань розглядуваного перерізу від носового перпендикуляру, м.

Приймаю $a_x = 0{,}267$.

$$a_x \cdot a_v = 2{,}051 \cdot 0{,}267 = 0{,}548 < 0{,}6 \qquad \text{приймаю} \qquad a_x \cdot a_v = 0{,}6$$

$$P_{w0} = 5 \cdot 8{,}335 \cdot 0{,}6 = 22{,}818 \text{ кПа}.$$

Для точок, розташованих вище КВЛ, розрахунковий тиск

$$P_в = P_w = 22{,}818 - 1{,}5 \cdot 8{,}335 \cdot \frac{z_i}{5} = 22{,}818 - 2{,}4955 \cdot z_i.$$

Для точок, розташованих нижче КВЛ, розрахунковий тиск

$$P = P_w + P_{st} = 22{,}818 - 1{,}5 \cdot 8{,}335 \cdot \frac{z_i}{5} + 10 \cdot z_i = 22{,}818 + 7{,}5045 \cdot z_i$$

Розрахунковий тиск в точках (рис. 6.1.):

$$z_1 = d = 5 \text{ м}.$$

$$P_1 = 22{,}818 + 7{,}5045 \cdot 5 = 60{,}416 \text{ кПа}.$$

$$z_2 = d - h_{BK} = 5 - 1{,}093 = 3{,}917 \text{ м}$$

$$P_2 = 22{,}818 + 7{,}5045 \cdot 3{,}917 = 52{,}213 \text{ кПа}.$$

$$z_3 = d - 0{,}4D = 5 - 0{,}4 \cdot 7{,}24 = 2{,}114 \text{ м}$$

$$P_3 = 22{,}818 + 7{,}5045 \cdot 2{,}114 = 38{,}683 \text{ кПа}.$$

$$z_4 = d - 0.5D = 5 - 0{,}5 \cdot 7{,}24 = 1{,}39 \text{ м}.$$

$$P_4 = 22{,}818 + 7{,}5045 \cdot 1{,}39 = 33{,}249 \text{ кПа}.$$

$$z_5 = 0$$

$$P_5 = 22{,}818 \text{ кПа.}$$

$$z_6 = D - d = 7{,}24 - 5 = 2{,}23 \text{ м}$$

$$P_6 = 22{,}818 - 2{,}4955 \cdot 2{,}23 = 18{,}353 \text{ кПа.}$$

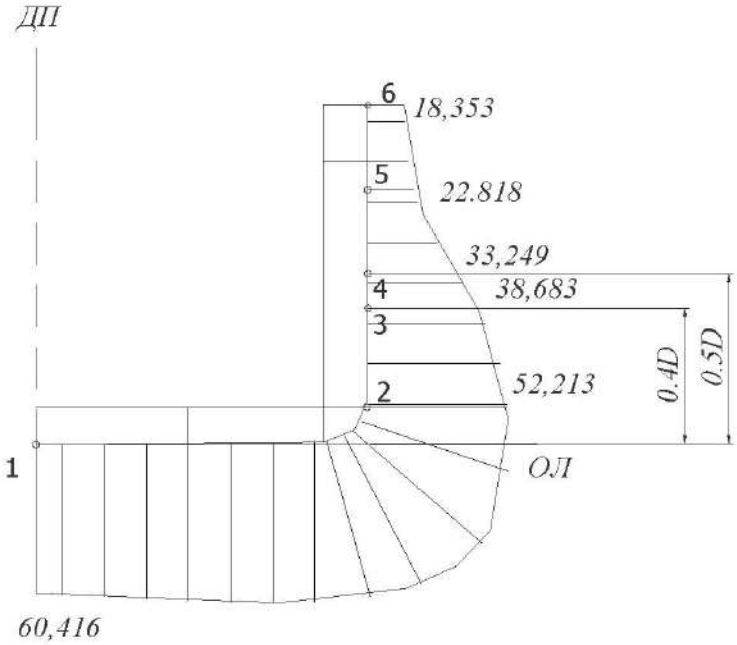

Рисунок 4.1 – Розрахунковий тиск в точках

4.2.2 Навантаження на подвійне дно.

Розрахунковий тиск на перекриття подвійного дна від вантажу

$P_к = 18$ т - вага 1 контейнера,

$l_k = 6{,}058$ м; $b_к = 2{,}438$ м; $h_к = 2{,}591$ м - розміри контейнера.

$\rho = \frac{P_к}{l_k \cdot b_k \cdot h_k} = \frac{18}{6{,}058 \cdot 2{,}438 \cdot 2{,}591} = 0{,}952 \frac{т}{м^3}$ - питома вага вантажу.

$h_{вант} = 3 \cdot h_k + 2 \cdot 0{,}012 = 3 \cdot 2{,}591 + 2 \cdot 0{,}012 = 7{,}797$ м - висота вкладеного вантажу

$g = 9{,}81 \frac{м}{с^2}$ - прискорення вільного падіння,

$a_z = \sqrt{a_{cz}^2 + a_{kz}^2 + 0{,}4 a_{бz}^2}$ - розрахункове прискорення у вертикальному напрямку,

де $a_{cz} = 0{,}2 (\frac{100}{L})^{\frac{1}{3}} g = 0{,}2 \cdot (\frac{100}{120})^{\frac{1}{3}} \cdot 9{,}81 = 1{,}846 \frac{м}{с^2}$ - проекція прискорення центра ваги судна на вертикальну вісь у розглядуваній точці,

$a_{kz} = (\frac{2\pi}{T_k})^2 \cdot \psi \cdot x_0 = (\frac{2 \cdot 3,14}{8,485})^2 \cdot 0,105 \cdot 15,2 = 0,858 \frac{м}{с^2}$ - проекція прискорення на вертикальну вісь у розглядуваній точці від кильової хитавиці,

де $T_k = \frac{0,8\sqrt{L}}{1+0,4\frac{v_0}{L}(\frac{L}{1000}+0,4)} = \frac{0,8\sqrt{120}}{1+0,4\frac{14,5}{118,08}(\frac{120}{1000}+0,4)} = 8,549\ с$ - период кильової хитавиці,

$\psi = \frac{0,23}{1+\frac{L}{100}} = \frac{0,23}{1+\frac{120}{100}} = 0,105\ рад$ - розрахунковий кут диференту,

$x_0 = 15,2$ м - відстань розглядуваної точки від поперечної площини, що проходить через центр ваги судна,

$a_{бz} = (\frac{2\pi}{T_б})^2 \cdot \theta \cdot y_0 = (\frac{2 \cdot 3.14}{12,245})^2 \cdot 0,375 \cdot 8,2 = 0,81 \frac{м}{с^2}$ - проекція прискорення на вертикальну вісь у розглядуваній точці від бортової хитавиці,

де $T_б = \frac{c \cdot B}{\sqrt{h}} = \frac{0,8 \cdot 15,2}{\sqrt{1,148}} = 12,245\ с$ - период бортової хитавиці,

де $c = 0,8$ - числовий коефіцієнт, $h = 0,07 \cdot B = 0,07 \cdot 16,4 = 1,148$ м - метацентрична висота в найбільш несприятливих умовах експлуатації судна,

$\theta = \frac{0,6}{1+0,5\frac{L}{100}} = \frac{0,6}{1+0,5\frac{120}{100}} = 0,375\ рад$ - розрахунковий кут крену,

$y_0 = \frac{B}{2} = \frac{16,4}{2} = 8,2$ м - відстань розглядуваної точки від діаметральної площини, що проходить через центр ваги судна.

$$a_z = \sqrt{1,846^2 + 0,858^2 + 0,81^2} = 2,1 \frac{м}{с^2};$$

$$P_{вант} = \rho \cdot g \cdot h_{вант} \cdot \left(1 + \frac{a_z}{g}\right) = 0,952 \cdot 9,81 \cdot 7,797 * \left(1 + \frac{2,1}{9,81}\right) = 88,401 \text{ кПа}.$$

Розрахунковий тиск від випробувального напору (для перевірки непроникності відсіків на судні)

$$P_{вип} = 0,75 \cdot \rho_в \cdot g \cdot (z_i + \Delta z) =$$
$$= 0,75 \cdot 1,025 \cdot 9,81 \cdot (6,623 + 1,5) = 61,259\ кПа,$$

де $\rho_в = 1,025 \frac{т}{м^3}$,

$z_i = D + \frac{B}{50} - h_{вк} = 7,27 + \frac{16,4}{50} - 0,945 = 6,623$ м - відстань, виміряна в діаметральній площині від розгляду вальної точки до верхньої палуби,

$\Delta z = 1,5$ м - висота повітряної трубки.

Розрахунковий тиск на перекриття другого дна від аварійного затоплення.

$$P_{аз} = 10{,}5 \cdot (d - h_{дв}) = 10{,}5 \cdot (5 - 1{,}093) = 41{,}128 \text{ кПа}.$$

4.3 Загальна поздовжня міцність судна

Для розрахунку загальної поздовжньої міцності корпусу судна необхідно визначити згинальні моменти M_{sw} (на тихій воді) та M_w (на хвилюванні).

Згинальний момент на тихій воді

$$M_{sw} = \pm 76 C_w B L^2 (C_b + 0.7) 10^{-3} =$$

$$= \pm 76 \cdot 8{,}335 \cdot 16{,}4 \cdot 120^2 \cdot (0.825 + 0.7) \cdot 10^{-3} = 228{,}138 * 10^3 \, кН \cdot м,$$

де $C_w = 8{,}335$ - хвильовий коефіцієнт,

$C_b = 0{,}825$ - коефіцієнт загальної повноти корпуса судна.

Хвильовий згинальний момент, що викликає перегин корпусу судна (на верхівці хвилі)

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

$$= 190 \cdot 8.335 \cdot 16{,}4 \cdot 120^2 \cdot 0{,}895 \cdot 10^{-3} = 308{,}547 \cdot 10^3 \, кН \cdot м$$

Хвильовий згинальний момент, що викликає прогин корпусу судна (на підошві хвилі)

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

$$= -110 \cdot 8.335 \cdot 16{,}4 \cdot 120^2 \cdot (0{,}825 + 0{,}7) \cdot 10^{-3} = -330{,}2 \cdot 10^3 кН \cdot м$$

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

$$W = \frac{M_T}{\sigma} \cdot 10^3 = \frac{558{,}338 \cdot 10^3}{301{,}3} \cdot 10^3 = 1{,}853 \cdot 10^6 см^3,$$

де

$$M_T = |M_{sw} + M_w| = |228{,}138 \cdot 10^3 + 330{,}2 \cdot 10^3| =$$

$= 558{,}338 \cdot 10^3 кН \cdot м$ - розрахунковий згинальний момент,

$\sigma = \frac{235}{\eta} = \frac{235}{0{,}78} = 301{,}3 \, МПа$ - допустимі напруження.

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

$$W_{min} = C_w B L^2 (C_b + 0{,}7) \cdot \eta = 8{,}335 \cdot 16{,}4 \cdot 120^2 (0{,}825 + 0{,}7) = 2{,}341 \cdot 10^6 \text{ см}^3.$$

Приймаю $W_{min} = 2{,}341 \cdot 10^6$ см^3.

Момент інерції поперечного перерізу корпусу судна у середній частині повинен бути не меншим за

$$I = 3 \cdot C_w \cdot B \cdot L^3 (C_b + 0.7) =$$

$$= 3 \cdot 8.335 \cdot 16{,}4 \cdot 120^3 (0{,}825 + 0.7) = 10{,}8 \cdot 10^8\ см^4.$$

Перегин корпусу судна.

$$M_{sw} = 228{,}138 \cdot 10^3\ кН \cdot м, \qquad M_w^{вх} = 308{,}547 \cdot 10^3\ кН \cdot м$$

$$M_T = |M_{sw} + M_w| = |228{,}138 \cdot 10^3 + 308{,}547 \cdot 10^3| =$$

$= 536{,}686 \cdot 10^3\ кН \cdot м$ - розрахунковий згинальний момент.

Відстань від нейтральної осі до основної площини

$$e = (0{,}34 + 0{,}02L \cdot 10^{-2}) \cdot D = (0{,}34 + 0{,}02 \cdot 120 \cdot 10^{-2}) \cdot 7{,}24 = 2{,}635\ м.$$

Розрахункові стискальні напруження у днищі:

$$\sigma_c^b = \frac{M_T}{I} z \cdot 10^5 = \frac{536{,}686}{10{,}8} \cdot 2{,}635 \cdot 10^5 = 131{,}185\ МПа,$$

де відстань розрахункової точки до нейтральної вісі $z = 2{,}635\ м$.

Розрахункові стискальні напруження у верхній палубі:

$$\sigma_c^d = \frac{M_T}{I} z \cdot 10^5 = \frac{536{,}686}{10{,}8} \cdot 4{,}605 \cdot 10^5 = 229{,}214\ МПа,$$

де відстань розрахункової точки до нейтральної вісі

$$z = 7{,}24 - 2{,}635 = 4{,}605\ м.$$

Момент інерції поперечного перерізу корпусу судна

$$I = W_{min} \cdot (D - e) = 2{,}341 \cdot (7{,}24 - 2{,}635) = 10{,}8\ см^3.$$

Прогин корпусу судна.

$$M_{sw} = 228{,}138 \cdot 10^3 кН \cdot м, \qquad M_w^{вх} = -330{,}2 \cdot 10^3 кН \cdot м.$$

$$M_T = |M_{sw} + M_w| = |228{,}138 \cdot 10^3 + 330{,}2 \cdot 10^3| = 558{,}338 \cdot 10^3 кН \cdot м$$

Розрахункові стискальні напруження у ВП

$$\sigma_c^d = \frac{M_T}{I} z \cdot 10^5 = \frac{558{,}338}{10{,}8} \cdot 4{,}605 \cdot 10^5 = 238{,}462\ МПа,$$

де відстань розрахункової точки до нейтральної вісі

$$z = 7{,}24 - 2{,}635 = 4{,}605\ м.$$

Розрахункові стискальні напруження у днищі:

$$\sigma_c^b = \frac{M_T}{I} z \cdot 10^5 = \frac{558,338}{10,8} \cdot 2,635 \cdot 10^5 = 136,478\, МПа,$$

де відстань розрахункової точки до нейтральної вісі $z = 2,646\, м$.

Момент інерції поперечного перерізу корпусу судна: $I = 10,8\, м^4$.

4.4 Мінімальна будівельна товщина конструкцій

Зовнішня обшивка борту, зовнішня обшивка днища

$S_{min} = 0,9 \cdot (5,5 + 0,04L) \cdot \sqrt{\eta} = 0,9 \cdot (5,5 + 0,04 \cdot 120) \cdot \sqrt{0,78} = 8,5$ мм.

Настил верхньої палуби

$$S_{min} = (7 + 0,02L) \cdot \sqrt{\eta} = (7 + 0,02 \cdot 120) \cdot \sqrt{0,78} = 8,5 \text{ мм}.$$

Настил другого дна

$$S_{min} = 0,9 \cdot \left((5 + 0,035L) \cdot \sqrt{\eta} + 4\right) =$$

$$= 0,9 \cdot \left((5 + 0,035 \cdot 120) \cdot \sqrt{0,78} + 4\right) = 11 \text{ мм}.$$

Листи флора

$$S_{min} = 0,025L + 5,5 = 0,025 \cdot 120 + 5,5 = 8,5 \text{ мм}.$$

Листи вертикального киля

$$S_{min} = 0,035L + 6 = 0,035 \cdot 120 + 6 = 10,2 \text{ мм}.$$

$$S_{min} = 0,025L + 7 = 0,025 \cdot 120 + 7 = 10 \text{ мм}.$$

приймаю $S_{min} = 10,2$ мм.

Листи днищевого стрингера

$$S_{min} = 0,035L + 5 = 0,035 \cdot 120 + 5 = 9,5 \text{ мм}.$$

4.5 Проектування подвійного дна

Розрахунок товщини листів зовнішньої обшивки днища.

Розрахунок товщини листів зовнішньої обшивки днища за умовами міцності.

Менший розмір пластини $a = 0,65\, м$,

більший розмір пластини $b = 3 \cdot a \quad = 3 \cdot 0{,}65 = 1{,}95$ *м* (рис. 6.2.)

Відношення $a/_b = \frac{0{,}65}{1{,}95} = 0{,}333$.

$$k = 1{,}2 - 0{,}5 \cdot \frac{a}{b} = 1{,}2 - 0{,}5 \cdot 0{,}333 = 1{,}033 > 1 \text{ приймаю } k = 1.$$

розрахунковий тиск $P = P_1 = 60{,}416(кПа)$

$k_\sigma = 0{,}6$ (поздовжня система набору), $m = 15{,}8$.

Нормативна границя плинності

$$\sigma_n = \frac{235}{\eta} = \frac{235}{0{,}78} = 301{,}3 \text{ МПа}.$$

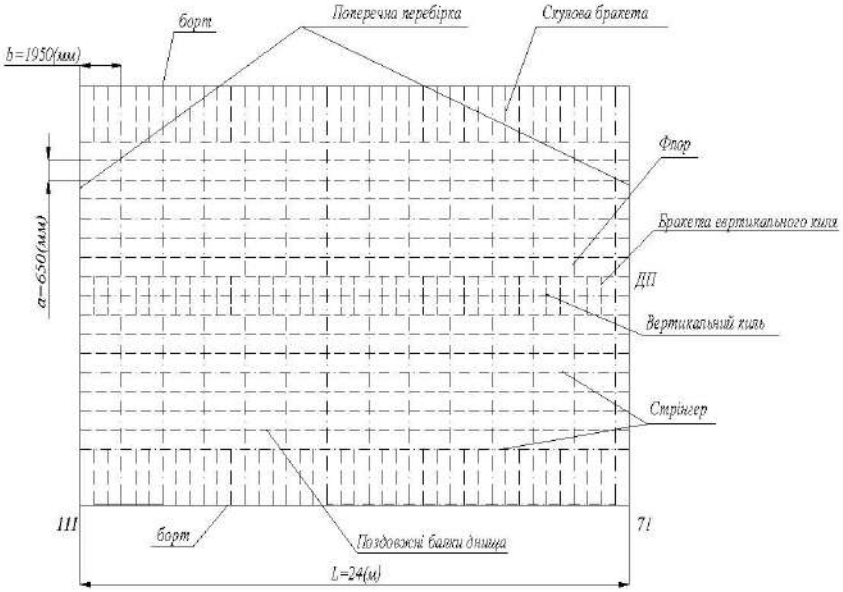

Рисунок 4.2 – Проектування подвійного дна

$$S' = m \cdot a \cdot k \cdot \sqrt{\frac{P}{k_\sigma \cdot \sigma_n}} = 15{,}8 \cdot 0{,}7 \cdot 1{,}0 \cdot \sqrt{\frac{60{,}416}{0{,}6 \cdot 301{,}3}} = 5{,}937 \text{ мм}.$$

Додаток товщини на знос та корозію

$$\Delta S = u \cdot (T - 12) = 0{,}2 \cdot (24 - 12) = 2{,}4 \text{ мм},$$

де $u = 0{,}2 \ \frac{мм}{рік}$ - середньорічне зменшення товщини в'язі,

$T = 12$ *років* - період служби конструкції.

$$S = S' + \Delta S = 5{,}937 + 2{,}4 = 8{,}34 \text{ мм}.$$

Розрахунок товщини листів зовнішньої обшивки днища з умов стійкості.

За розрахунковий згинальний момент для зовнішньої обшивки днища беремо момент, що викликає перегин корпусу.

$$M_{sw} = 228{,}138 \cdot 10^3\ кН \cdot м, \qquad M_w^{вх} = 308{,}547 \cdot 10^3\ кН \cdot м,$$

$$M_T = |M_{sw} + M_w| = |228{,}138 \cdot 10^3 + 308{,}547 \cdot 10^3| = 536{,}686 \cdot 10^3\ кН \cdot м.$$

Відстань від нейтральної осі до основної площини $e = 2{,}635\ м$

Відстань розрахункової точки до нейтральної вісі $z = e = 2{,}635\ м$

Розрахункові стискальні напруження

$$\sigma_c = \frac{M_T}{I} z \cdot 10^5 = \frac{536{,}686}{10{,}8} \cdot 2{,}635 \cdot 10^5 = 131{,}185\ МПа,$$

де $I = 10{,}8\ м^4$ - момент інерції поперечного перерізу корпусу судна.

Критичні напруження σ_{cr} визначаються в залежності від ейлеревих напружень σ_e і границі плинності матеріалу R_{eH}.

Критичні напруження

$$k \cdot \sigma_c = 131{,}185(МПа) < \sigma_{cr} = 132(МПа),$$

де $k = 1{,}0$ - коефіцієнт запасу стійкості для пластини.

Відношення σ_{cr}/R_{eH} визначає формулу для розрахунку ейлеревих напружень.

При

$$\sigma_{cr}/R_{eH} = \frac{132}{315} = 0{,}419 < 0{,}5 \qquad \sigma_e = \sigma_{cr} = 132(МПа)$$

$b = a = 0{,}65\ м$ - бік пластини, що сприймає стискальні напруження

$a = 3 \cdot a = 3 \cdot 0{,}65 = 1{,}95\ м,\ \gamma = \frac{a}{b} = \frac{1{,}95}{0{,}65} = 3 > 1,\ \psi = 1$

$n = \frac{8.4}{\psi + 1{,}1} = \frac{8{,}4}{1 + 1{,}1} = 4$ - коефіцієнт, що враховує співвідношення боків пластини і розподіл нормальних стискальних напружень уздовж кромки пластини.

$$S' = b \cdot \sqrt{\frac{\sigma_e}{0{,}1854 \cdot n}} = 0{,}65 \cdot \sqrt{\frac{132}{0{,}1854 \cdot 4}} = 8{,}737\ мм$$

$$\Delta S = 0{,}15 \cdot S' = 0{,}15 \cdot 8{,}737 = 1{,}311\ мм < 2\ мм$$

$\Delta S = 2\ мм$ - додаток товщини на знос та корозію

$$S = S' + \Delta S = 8{,}737 + 2 = 10{,}737\ мм.$$

Враховуючи попередні розрахунки, приймаю більше значення товщини зовнішньої обшивки днища $s = 11$ мм.

Товщина горизонтального киля:

$$s_{гк} = s + 2 = 11 + 2 = 13 \text{ мм}.$$

Розрахунок товщини настилу другого дна

Розрахунок товщини настилу другого дна з умов міцності

$$S' = m \cdot a \cdot k \cdot \sqrt{\frac{P}{k_\sigma \cdot \sigma_n}}.$$

Приймаю розрахунковий тиск $P = P_{вип} = 61{,}259$ *кПа*.

Менший розмір пластини $a = 0{,}65$ *м*,

більший розмір пластини $b = 3a = 1{,}95$ *м*.

Відношення $a/b = \frac{0{,}65}{1{,}95} = 0{,}33$.

$$k = 1{,}2 - 0{,}5\frac{a}{b} = 1{,}2 - 0{,}5 \cdot 0{,}33 = 1{,}033 > 1.$$

Приймаю $k = 1$.

$k_\sigma = 0{,}8$ (поздовжня система набору)

$\sigma_n = \frac{235}{\eta} = \frac{235}{0{,}78} = 301{,}3$ *МПа* - нормативна границя плинності.

$$m = 15{,}8.$$

$$S' = m \cdot a \cdot k \cdot \sqrt{\frac{P}{k_\sigma \cdot \sigma_n}} = 15{,}8 \cdot 0{,}65 \cdot 1{,}0 \cdot \sqrt{\frac{61{,}259}{0{,}8 \cdot 301{,}3}} = 5{,}924 \text{ мм}.$$

Додаток товщини на знос та корозію

$$\Delta S = u \cdot (T - 12) = 0{,}15 \cdot (24 - 12) = 1{,}8 \text{ мм},$$

де $u = 0.15\frac{мм}{рік}$ - середньорічне зменшення товщини в'язі,

$T = 12$ *років* - період служби конструкції.

$$S = S' + \Delta S = 5{,}924 + 1{,}8 = 7{,}72 \text{ мм}.$$

Розрахунок товщини листів настилу другого дна з умов стійкості.

За розрахунковий згинальний момент для настилу подвійного дна беремо момент, що викликає перегин корпусу.

Відстань розрахункової точки до нейтральної вісі

$$z = e - h_{вк} = 2{,}635 - 1{,}093 = 1{,}542\ м.$$

Розрахункові стискальні напруження

$$\sigma_c = \frac{|M_{sw}+M_w|}{I} z_i \cdot 10^5 = \frac{|228{,}138+308{,}547|}{10{,}8} \cdot 1{,}542 = 76{,}779\ МПа.$$

де $I = 10{,}8\ м^4$ - момент інерції поперечного перерізу корпусу судна.

Критичні напруження $\sigma_{cr} > k \cdot \sigma_c = 77\ МПа$,

де $k = 1{,}0$ - коефіцієнт запасу стійкості для пластини.

При $\sigma_{cr}/R_{eH} = \frac{86}{301{,}3} = 0{,}244 < 0{,}5 \quad \sigma_e = \sigma_{cr} = 77\ МПа$

$$a = 1{,}95\ м, b = 0{,}65\ м,$$

$$\frac{a}{b} = \frac{1{,}95}{0{,}65} = 3{,}0 > 1{,}0;$$

$\psi = 1$ - коефіцієнт, що враховує ступінь нерівномірності стиску кромок пластини.

$n = \frac{8{,}4}{\psi+1{,}1} = \frac{8{,}4}{1+1{,}1} = 4$ - коефіцієнт, що враховує співвідношення боків пластини і розподіл нормальних стискальних напружень уздовж кромки пластини.

$$S' = b \cdot \sqrt{\frac{\sigma_e}{0{,}1854 \cdot n}} = 0{,}65\sqrt{\frac{77}{0{,}1854 \cdot 4}} = 6{,}114\ мм;$$

$$\Delta S = 0{,}15 \cdot S' = 0{,}15 \cdot 6{,}114 = 0{,}917\ мм < 2.$$

Приймаємо $\Delta S = 2\ мм$ - додаток товщини на знос та корозію,

$$2 \le \Delta S \le 4$$

$$S = S' + \Delta S = 6{,}114 + 2 = 8{,}114\ мм.$$

Враховуючи попередні розрахунки, приймаю більше значення товщини настилу другого дна $s = 11$ мм.

Товщина міждонного листа приймаю рівна товщині настилу другого дна

Товщина настилу другого дна під люком: $s_л = 11$ мм.

Проектування конструкцій флорів

Товщина суцільних флорів відповідно п.2.4.4.2 і п.2.4.4.3 Регістру:

$$s = \alpha \cdot k \cdot a \cdot \sqrt{\eta}\frac{h}{h_{тм}} + \Delta s = 8{,}585 \cdot 1{,}16 \cdot 0{,}65 \cdot \sqrt{0{,}78} \cdot \frac{1{,}093}{0{,}942} = 6{,}633\ мм,$$

$\alpha = 0{,}023L + 5{,}8 = 0{,}023 \cdot 120 + 5{,}8 = 8{,}585$ - при повздовжній системі набору;

$k = k_1 \cdot k_2$;

$k_1 = 1{,}45$ – коефіцієнт, якмй знаходиться за табл. 2.4.4.3-1 Регістру в залежності від $a_ф/a$ і системі набору; де $a = 0{,}65$ м – шпація поздовжнього набору;

$k_2 = 0{,}8$ - коефіцієнт, якмй знаходиться за табл. 2.4.4.3-2 Регістру в залежності від числа стрінгерів на один борт і системи набору;

$a_ф = 1{,}8$ – відстань між суцільним флорами;

$a = 0{,}65$ м – відстань між ребрами жосткості;

$h = 0{,}942$ м - висота висота вертикального кіля;

$h_ф = 1{,}093$ м - фактична висота вертикального кіля, м;

$\Delta s = 12u$ - надбавка на знос, мм;

$u = 0{,}2$ мм/год - средньогодовий знос відповідно табл.1.1.5.2 Регістру

Приймаємо товщину $s = 8{,}5$ мм.

Днищеві стрингери.

Товщина ДС повинна бути не менша за товщину суцільного флора.

Приймаємо

$$S_{дс} = 9{,}5\ мм.$$

Проектування непроникних флорів

Товщина водонепроникного флора

$$S' = m \cdot a \cdot k \cdot \sqrt{\frac{P}{k_\sigma \cdot \sigma_n}} + \Delta S;$$

$$m = 15{,}8$$

$$k_\sigma = 0{,}75$$

$$h = 0{,}96\ м$$

$$a = 0{,}65\ м$$

$$a/h = \frac{0{,}65}{1{,}093} = 0{,}595$$

$$k = 1{,}2 - 0{,}5 \cdot \frac{a}{h} = 1{,}2 - 0{,}5 \cdot 0{,}677 = 0{,}861 < 1.$$

Приймаю $k = 0{,}861$.

$\sigma_n = \frac{235}{\eta} = \frac{235}{0{,}78} = 301{,}3\ МПа$ - нормативна границя плинності.

Тиск від випробувального напору

$$P = 0{,}75 \cdot \rho \cdot g(z_i + \Delta z) =$$
$$= 0{,}75 \cdot 1{,}025 \cdot 10^3 \cdot 9{,}81 \cdot (7{,}002 + 1{,}5) = 64{,}264\ кПа,$$

де

$$z_i = D + \frac{B}{50} - \frac{h_{BK}}{2} = 7{,}24 + \frac{16{,}4}{50} - \frac{1{,}093}{2} = 7{,}002\ м,\ \Delta z = 1{,}5\ м.$$

Тиск від палива в міждонному просторі

$$P = \rho_г \cdot g \cdot z_i + P_k = 0{,}952 \cdot 9{,}81 \cdot 7{,}002 + 18 = 80{,}575\ кПа.$$

Приймаю $P = 80{,}575\ кПа$

$$S = 15{,}8 \cdot 0{,}65 \cdot 0{,}861 \cdot \sqrt{\frac{80{,}575}{0{,}75 \cdot 301{,}3}} = 5{,}536\ мм.$$

Додаток товщини на знос та корозію

$$\Delta S = u \cdot (T - 12) = 0{,}2 \cdot (24 - 12) = 2{,}4\ мм.$$
$$S = S' + \Delta S = 5{,}536 + 2{,}4 = 7{,}936\ мм.$$
$$S = 9{,}5\ мм.$$

Лист непроникного флора підкріплюється вертикальними ребрами жорсткості, які розташовані у площині поздовжніх балок дна і внутрішнього дна. Верхній та нижній кінці ребер жорсткості приварені до балок основного набору.

Момент опору РЖ без урахування зносу та корозії

$$W' = \frac{P \cdot a \cdot l^2 \cdot 10^3}{m \cdot k_\sigma \cdot \sigma_n} = \frac{80{,}575 \cdot 0{,}65 \cdot 0{,}793^2 \cdot 10^3}{10 \cdot 0{,}75 \cdot 301{,}3} = 14{,}576\ см^3.$$

Момент опору поперечного перерізу РЖ

$$W = W' \cdot \omega_k = 14{,}576 \cdot 1{,}60 = 23{,}321\ см^3.$$

$a = 0{,}65\ м$ - відстань між балками,

$l = 0{,}96 - 0{,}14 - 0{,}16 = 0{,}66\ м$ - прогін балки.

$$m = 10;\ k_\sigma = 0{,}75;$$

$\omega_k = 1 + \alpha_n \cdot \Delta S = 1 + 0{,}25 \cdot 2{,}4 = 1{,}6$ - поправка на знос та корозію.

$$\alpha_k = 0{,}07 + \frac{6}{W'} \leq 0{,}25$$

$$\alpha_k = 0{,}07 + \frac{6}{10{,}209} = 0{,}658 > 0{,}25 \rightarrow \alpha_k = 0{,}25.$$

Додаток товщини на знос та корозію

$$\Delta S = u \cdot (T - 12) = 0{,}2 \cdot (24 - 12) = 2{,}4\ мм,$$

Примайємо профіль : $W = 25{,}4\ см^3$.

Проектування конструкцій вертикального киля

Проектування конструкцій вертикального киля за правилами Регістру

$h = 0{,}942\ м$ - висота вертикального киля,

$h_ф = 1{,}093\ м$ - фактична висота ВК.

Товщина ВК

$$S_{ВК1} = \alpha_к \cdot h * \frac{h}{h_ф}\sqrt{\eta} + \Delta S = 11{,}2 \cdot \frac{0{,}942^2}{1{,}093}\sqrt{0{,}78} + 2{,}4 = 11{,}24\ мм,$$

$$\alpha_k = 0{,}03L + 8{,}3 = 0{,}03 \cdot 120 + 8{,}3 = 11{,}9 > 11{,}2 \rightarrow \alpha_k = 11{,}2.$$

Додаток товщини на знос та корозію

$$\Delta S = u \cdot (T - 12) = 0{,}2 \cdot (24 - 12) = 2{,}4\ мм.$$

Проектування конструкцій вертикального киля з умов міцності пластини

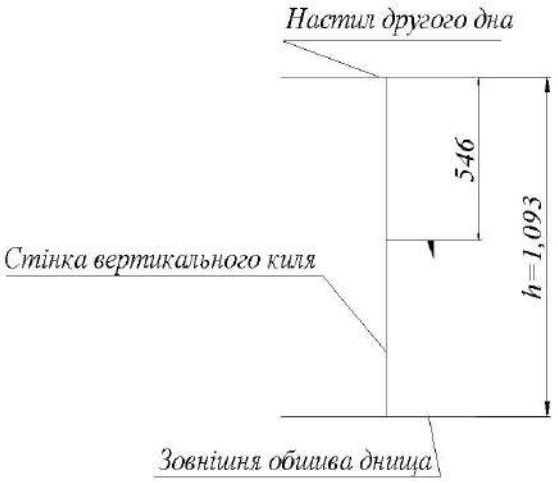

Рисунок 4.3 – Конструкційний ВК

$$S' = m \cdot h \cdot k \sqrt{\frac{P}{k_\sigma \cdot \sigma_n}} + \Delta S =$$

$$= 15{,}8 \cdot 0{,}546 \cdot 0{,}78 \sqrt{\frac{80{,}575}{0{,}6 \cdot 301{,}3}} + 2{,}4 = 6{,}89\ мм;$$

$$a = 0{,}65\ м.$$

$h = \frac{h_{вк}}{2} = \frac{1{,}093}{2} = 0{,}546\ м$ - ширина пластини ВК.

$$k = 1{,}2 - 0{,}5 \cdot \frac{h}{a} = 1{,}2 - 0{,}5 \cdot \frac{0{,}546}{0{,}65} = 0{,}78.$$

Приймаємо $P = P_{сф} = 80{,}575 кПа.$

Проектування конструкцій вертикального киля з умов стійкості пластини

$$S' = b \sqrt{\frac{\sigma_e}{0{,}1854 \cdot n}} + \Delta S.$$

За розрахунковий момент приймаємо момент на вершині хвилі

$$M_T = |M_{sw} + M^{BB}{}_w| =$$

$$= |228{,}138 \cdot 10^3 + 308{,}547 \cdot 10^3| = 536{,}686 \cdot 10^3\ кН \cdot м.$$

$$\sigma_{c1} = \frac{M_T \cdot z_{дн}}{I} = \frac{536{,}686 \cdot 10^3 \cdot 2{,}635}{10{,}8} = 131{,}185\ МПа.$$

$$\sigma_{cr} > k\sigma_{c1} = 132\ Мпа;$$

$$\sigma_{c2}\frac{M_T(z_{дн}-\frac{h_{BK}}{2})}{I}=\frac{536,686\cdot(2,635-\frac{1,093}{2})}{10,8}=103,981\,МПа.$$

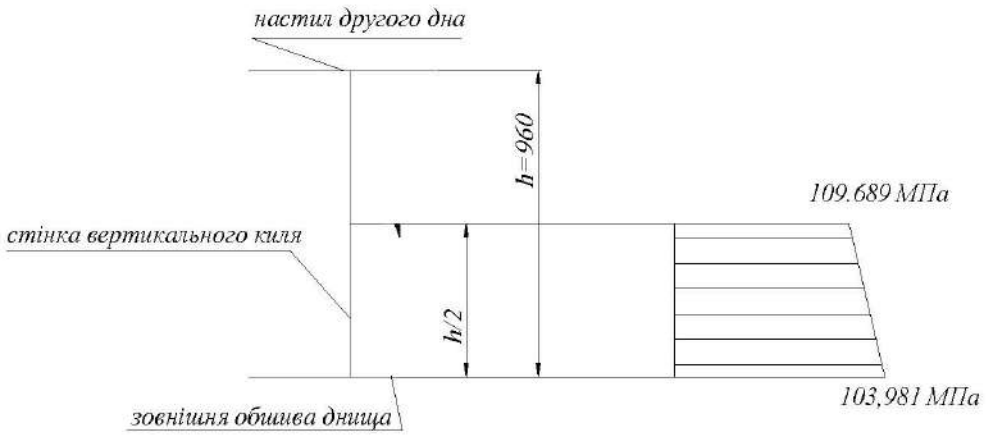

Рисунок 4.4 – Розподіл стискуючих напружень по висоті ВК

$$\sigma_{cr}/R_{eH}=\frac{132}{301,3}=0,438<0,5 \qquad \sigma_e=\sigma_{cr}=132\text{ МПа};$$

$$\psi=\frac{\sigma_{c2}}{\sigma_{c1}}=\frac{103,981}{131,185}=0,793;$$

$$a=0,65\,м;$$

$$b=\frac{h_{BK}}{2}=\frac{1,093}{2}=0,546\,м;$$

$$\frac{a}{b}=\frac{0,65}{0,546}=1,1905>1\rightarrow n=\frac{8,4}{\psi+1,1}=\frac{8,4}{0,793+1,1}=4,438;$$

$$S_3{}'=0,546\sqrt{\frac{132}{0,1854\cdot4,438}}=6,992\,мм;$$

$$S_3=S_3'+\Delta S=6,992+2=9,322\,мм;$$

$$\Delta S=0,1\cdot6,992=0,699<2;$$

$$\Delta S=2\,мм.$$

$S_{min}=10,2$ мм – мінімальна будівельна товщина ВК.

Приймаємо $S_{BK}=11\,мм$.

Розрахунок балок основного набору за правилами Регістру

Верхні балки.

Момент опору з урахуванням зношування та корозії

$$W'=\frac{P\cdot a\cdot l^2 10^3}{m\cdot k_\sigma\cdot\sigma_n}=\frac{60,143\cdot0,65\cdot1,95^2\cdot10^3}{12\cdot0,75\cdot301,3}=68,528\,см^3.$$

Момент опору поперечного перерізу балки

$$W = W' \cdot \omega_k = 68{,}528 \cdot 1{,}378 = 94{,}44\ см^3.$$

$P = 60{,}143\ кПа$ - розрахунковий тиск на настил.

$a = 0{,}65\ м;\ l = 3 \cdot a = 1{,}95\ м$ - відстань між балками та прогін відповідно

$$m = 12;\ k_\sigma = 0{,}75;$$

$\omega_k = 1 + \alpha_к \cdot \Delta S = 1 + 0{,}158 \cdot 2{,}4 = 1{,}378$ - поправка на зношування та корозію

$$\alpha_k = 0{,}07 + \frac{6}{W'} \leq 0{,}25;\ \alpha_k = 0{,}07 + \frac{6}{68{,}528} = 0{,}158.$$

Додаток товщини на знос та корозію

$$\Delta S = u \cdot (T - 12) = 0{,}2 \cdot (24 - 12) = 2{,}4\ мм.$$

Беремо профіль

$$W = 148\ см^3.$$

Нижні балки.

Момент опору з урахуванням зношування та корозії

$$W' = \frac{P \cdot a \cdot l^2 \cdot 10^3}{m \cdot k_\sigma \cdot \sigma_n} = \frac{52{,}213 \cdot 0{,}65 \cdot 1{,}95^2 \cdot 10^3}{12 \cdot 0{,}65 \cdot 301{,}3} = 63{,}542\ см^3.$$

Момент опору поперечного перерізу балки

$$W = W' \cdot \omega_k = 63{,}542 \cdot 1{,}395 = 88{,}617\ см^3.$$

$P = 52{,}213\ кПа$ - розрахунковий тиск на обшивку.

$a = 0{,}65\ м;\ l = 3 \cdot a = 1{,}95\ м$ - відстань між балками та прогін відповідно

$$m = 12;\ k_\sigma = 0{,}65.$$

Поправка на зношування та корозію

$$\omega_k = 1 + \alpha_к \cdot \Delta S = 1 + 0{,}164 \cdot 2{,}4 = 1{,}395$$

$$\alpha_k = 0{,}07 + \frac{6}{W'} \leq 0{,}25$$

$$\alpha_k = 0{,}07 + \frac{6}{63{,}542} = 0{,}164.$$

Додаток товщини на знос та корозію

$$\Delta S = u \cdot (T - 12) = 0{,}2 \cdot (24 - 12) = 2{,}4\ мм.$$

Беремо профіль

$$W = 127\ см^3.$$

Підп. і дата	Інв. № дубл.	Взам. інв. №	Підп. і дата	Інв. № ориг.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
Студент		Пернатьев В.С.		
Консульт.		Зайцев В.В.		
Керівник		Зайцев В.В.		
Зав.каф.		Зайцев В.В.		

12.КР.135.4 117ст.10.ПЗ.05

Проєктування якірно-швартовного-буксирного пристрою

Літ.	Арк.	Аркушів
	72	8

НУК
ім. адм. Макарова

5 ПРОЄКТУВАННЯ ЯКІРНО-ШВАРТОВНОГО-БУКСИРНОГО ПРИСТРОЮ

5.1 Розрахунок якірно-швартовного пристрою

Основні данні:

- коефіцієнт загальної повноти $C_b = 0{,}825$;
- довжина судна між перпендикулярами $L = 120$ м;
- шпація $\Delta L = \frac{L}{20} = \frac{120}{20} = 6$ м
- ширина $B = 16{,}4$ м;
- висота борта $H = 7{,}24$ м;
- осадка $T = 5{,}00$ м.

5.1.1 Розрахунок характеристики постачання N_c судна.

Постачання судна якорями, якірними ланцюгами, швартовими і буксирними тросами, а також деталями якірного і швартово-буксирного пристроїв визначається залежно від характеристики постачання N_c по "Правилам классификации и постройки морских судов" Морського Регістра Судноплавства (видавництво 1999г.), частина III "Устройства, оборудование и снабжение", розділи 3,4 і 5.

Характеристика постачання N_c всіх суден визначається за формулою:

$$N_c = \Delta^{\frac{2}{3}} + 2 \cdot B \cdot h + 0{,}1A,$$

де Δ – об'ємна водотоннажність судна, м^3

$$\Delta = C_b \cdot L \cdot B \cdot T = 0{,}825 \cdot 120 \cdot 16{,}4 \cdot 5{,}01 = 8134{,}236\, м^3.$$

Висота від ЛГВЛ до верхньої кромки настилу палуби найвищої рубки визначається згідно з рис. 5.1.

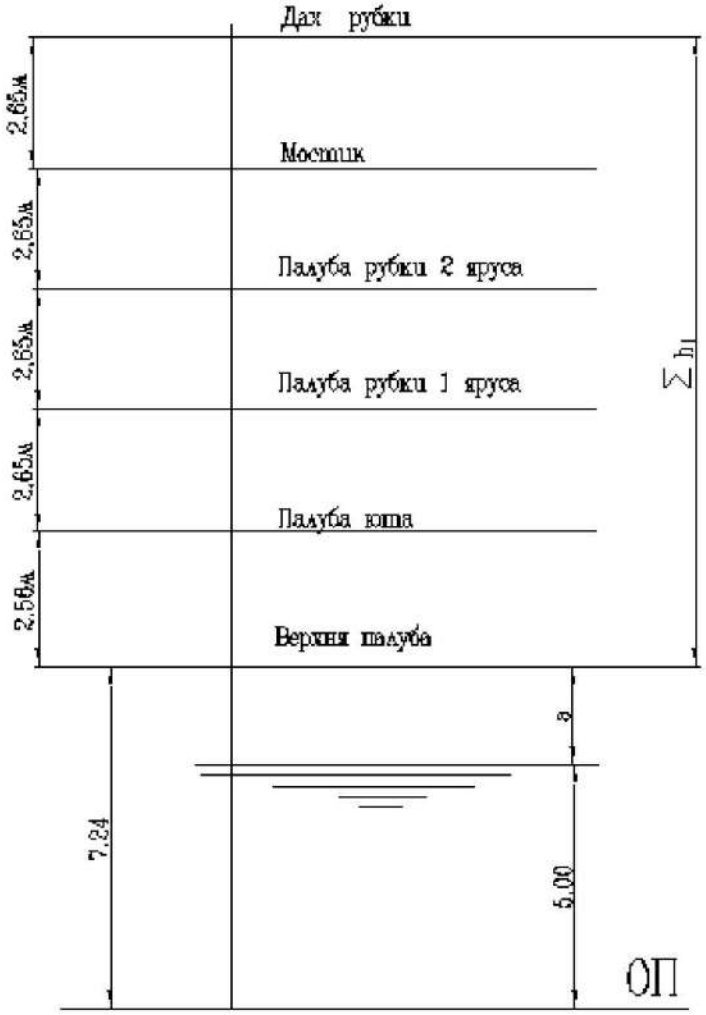

Рисунок 5.1 – Схема висот (розрахункова)

Ця висота h, м, розраховується за наступною формулою

$$h = a + \sum h_i,$$

де

a — відстань від ЛГВЛ (море) до верхньої кромки настилу ВП у борта на міделі, м:

$$a = H - T = 7{,}24 - 5{,}00 = 2{,}24\,м,$$

h_i — висота в діаметральній площині кожного ярусу надбудови чи рубки, що має ширину більшу, ніж 0,25В, м;

$$\sum h_i = 2{,}56 + 2{,}65 + 2{,}65 + 2{,}65 + 2{,}65 = 13{,}16 \text{ м.}$$

Тоді

$$h = 2{,}24 + 13{,}16 = 15{,}8 \text{ м.}$$

А - площа парусності в межах довжини судна L, розраховуючи від літньої вантажної ватерлінії в морі.

При визначенні А враховується площа парусності лише корпуса, надбудови шириною більш ніж 0,25В і комінгси люків (висота більше 1,5 м):

$$A = S_{корп} + S_{надстр} + S_{люк}.$$

Контейнери і інші вантажі, що перевозяться на палубі і на закритті вантажних люків, щогли, такелаж, леєрне обгороджування і ін. конструкції при визначенні А не враховуються.

Площа парусності корпусу

$$S_{корп} = S_{ЛГВ} - S_{ВП} + S_{БАК} + S_{ЮТ} = 1{,}9 \cdot 121{,}76 + 2{,}9 \cdot 13{,}5 + 2{,}56 \cdot 17{,}5 =$$

$$= 231{,}344 + 39{,}15 + 44{,}8 = 315{,}294 \text{ м}^2.$$

Площа парусності надбудови

$$S_{надстр} = S_{ЮТ} - I_{ЯР} + SI_{ЯР} - 2ЯР + S2ЯР - .Мостик + S_{Мостик} - Кр_Р =$$

$$= 2{,}65 \cdot 7{,}6 + 2{,}65 \cdot 7{,}6 + 2{,}65 \cdot 7{,}6 + 2{,}65 \cdot 7{,}6 =$$

$$= 18{,}55 + 18{,}55 + 18{,}55 + 18{,}55 = 74{,}2 \text{ м}^2.$$

Площа парусності комінгсів люків

$$S_{ЛЮК} = 2{,}85 \cdot 89{,}412 = 254{,}82 \text{ м}^2.$$

Разом, площа парусності судна складе

$$A = 315{,}294 + 74{,}2 + 254{,}82 = 644{,}314 \text{ м}^2.$$

Характеристика постачання, м,

$$N_c = 8134{,}236^{2/3} + 2 \cdot 16{,}4 \cdot 13{,}16 + 0{,}1 \cdot 644{,}314 = 900{,}542.$$

5.2 Визначення елементів якірного і швартово-буксирного пристроїв

5.2.1. Параметри елементів якірного і швартово-буксирного пристроїв визначені по таблиці постачання 3.1.3-1, приведено в “Правилах класифікації та побудови морських суден”, розділ 3.

для $N_c = 840 \ldots 910$

Число станових якорів — 3 штуки.

Маса кожного якоря — 2640 кг.

Ланцюги для станових якорів:

– сумарна довжина обох ланцюгів — 467,5 м;

– калібр ланцюга:

категорія 1 — 52 мм;

категорія 2 — 46 мм;

категорія 3 — 40.

Буксирний трос:

– довжина — 190 м;

Мінімальна міцність на розрив — 518 кН.

Швартовні троси:

– кількість — 4 шт;

– довжина кожного троса — 170 м;

Мінімальна міцність на розрив — 201 кН.

5.2.2. По найближчим типорядам прийнято:

5.2.2.1. Якорі Холу в кількості 2-х штук масою по 3000 кг кожен.

(см. разділ 3 п.3.3.1. "Правил…")

5.2.2.2. Ланцюги якірні в кількості 2-х штук.

Довжина ланцюгів: по 250 м кожна. Якірні ланцюги із сталі категорії 3 (особливо високій міцності) калібром 40 мм.

5.2.2.3. Як якірний механізм прийнятий якірно-швартовий брашпиль з електроприводом з двома барабанами і двома турачками.

5.2.2.4. Для кожного станового якірного ланцюга передбачений стопор, призначений для стоянки судна на якорі і розрахований на зусилля в ланцюзі, рівне 0,8 її розривного навантаження, а також що забезпечує утримання станового якоря в клюзі по-похідному.

У ланцюгових ящиках будуть встановлені пристрої для кріплення і віддачі корінного кінця якірного ланцюга і розраховані на зусилля в ланцюзі, рівне 0,6 її розривного навантаження.

5.2.3. Для забезпечення плавання в гирлах річок на судні в кормі додатково

передбачається один кормовий якір Холлу масою 1500 кг. Він обладнаний якірною змичкою із сталі категорії 3 калібром 30мм і якірним канатом діаметром 39,5 мм довжиною 100м.

5.2.3.1. Як якірний механізм передбачена одна якірно-швартова тросова лебідка з барабаном і двома турачками, з тримаючим зусиллям стрічкового гальма якірного барабана 0,8 розривного зусилля троса.

5.2.4. У відповідність с п. 4.1.3 розділу 4 частини III Регістра перевіряємо необхідність збільшення кількості швартових тросів в порівнянні з наказаним в таблиці 3.1.3-1 залежно від відношення

$$\frac{A}{N_c} = \frac{644{,}314}{907{,}046} = 0{,}7103$$

оскільки відношення $\frac{A}{N_C} < 0{,}9$ немає необхідності збільшувати кількість тросів. У відповідність с п. 4.1.6 розділу 4 частини III Регістра визначаємо розривне зусилля швартового троса з синтетичного волокна

$$F_c = 0{,}0742 \cdot \delta_{\text{ср}} \cdot F_T^{8/9},$$

де

$\delta_{\text{ср}} = 35\%$ — середнє відносне подовження при розриві троса з синтетичного волокна (поліпропиленовий канат);

$F_{\text{т}} = 201$ кН — розривне зусилля швартового троса, регламентоване таблицею. 3.1.3-1;

$$F_c = 0{,}0742 \cdot 35 \cdot 201^{8/9} = 289{,}57\ кН.$$

У швартове постачання судна прийнято:

5.2.4.1. Поліпропіленові 8-мипрядні плетені швартові канати

в кількості 4 шт., діаметром 56 мм, завдовжки 170 м кожен, розривним зусиллям не менше 300 кН.

5.2.4.2. Як швартові механізми будуть використані:

– у носовій частині судна(якірно-швартовий брашпиль з електроприводом з двома швартовими барабанами і двома турачками. Тягове зусилля на барабані

і турачке 80 кН) ;

– в кормовій частині судна (якірний – швартова лебідка з електроприводом, з двома турачками. Тягове зусилля на турачке 50 кН)

5.2.4.3. Для проводки і кріплення швартових канатів у відповідності

з діаметром і розривним зусиллям каната будуть передбачені необхідні клюзи, кнехти і направляючі роульси.

5.2.5. У буксирне постачання судна прийнято:

5.2.5.1. Буксирний сталевий трос діаметром 38мм, завдовжки 190 м, розривним зусиллям не менше 559 кН - 1 шт.

5.2.5.2. Для проводки і кріплення буксирного троса вибрані необхідні буксирні клюзи і швартові кнехти.

5.3 Визначення розмірів ланцюгового ящика

Розрахунок виконаний відповідно до рекомендацій стандарту ОСТ 5.1015- 80 "Ящики ланцюгови. Норми і правила проєктування".

З метою забезпечення рівномірного самоукладки якірного ланцюга внутрішній діаметр циліндрового ланцюгового ящика рекомендується приймати рівним

$$D = (30 \dots 35) \cdot d \cdot 10^{-3} \text{ м},$$

де

$d = 40$ мм — калібр якірного ланцюга.

Приймаємо діаметр ланцюгового ящика рівним $D = 1{,}3$ м.

Об'єм ланцюгового ящика визначається за формулою

$$V = kd^2 \frac{L - L_k}{100}, \text{ м}^3,$$

де

$k = 0{,}0009$ — постійний коефіцієнт;

$L = 250$ м — довжина якірного ланцюга, поміщеного в ланцюговий ящик;

L_k — довжина ланцюга, утворюючого конус при самоукладці

$$L_k = \frac{1{,}6 \cdot 10^4 \cdot D^3}{d^2} = \frac{1{,}6 \cdot 10^4 \cdot 1{,}3^3}{40^2} = 21{,}92 \text{ м}.$$

Тоді

$$V = 0{,}0009 \cdot 40^2 \cdot \frac{250 - 21{,}92}{100} = 3{,}28 \text{ м}^3.$$

Висота ланцюгового ящика

$$H = 1{,}27 \frac{V}{D^2} + h_k + h_з,$$

де

$h_k = 0{,}6 \cdot D = 0{,}6 \cdot 1{,}3 = 0{,}78$ м — висота конуса, утвореного якірним ланцюгом при самоукладці у верхній частині ящика.

$h_з$ — запас висоти ланцюгового ящика:

$$h_з = 2{,}5 \cdot l_{зв} = 2{,}5 \cdot 0{,}248 = 0{,}62 \text{ м}.$$

$l_{зв} = 0{,}248$ м — довжина ланки якірного ланцюга калібру 40 мм;

Висота ланцюгового ящика укладці

$$H = 1{,}27 \cdot \frac{3{,}28}{1{,}3^2} + 0{,}78 + 0{,}62 = 4{,}24 \text{ м}.$$

Підп. і дата	
Інв. № дубл.	
Взам. інв. №	
Підп. і дата	
Інв. № ориг.	

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
Студент		Пернатьев В.С.		
Консульт.		Зайцев В.В.		
Керівник		Зайцев В.В.		
Зав.каф.		Зайцев В.В.		

12.КР.135.4 117ст.10.ПЗ.06

Розрахунок міцності якоря

Літ.	Арк.	Аркушів
	80	11

НУК
ім. адм. Макарова

6 РОЗРАХУНОК МІЦНОСТІ ЯКОРЯ

Схема випробувань якоря Холла пробним навантаженням і зусилля, що виникають в деталях якоря, показані на рис. 6.1.

Оскільки кути розташування деталей якоря при випробуванні є цілком певними, то сили, що діють на елементи якоря, будуть:

$$\left.\begin{aligned} &P_1 = R \cdot sin\,19° = 0{,}326R; \quad P_2 = R \cdot cos\,19° = 0{,}946R; \\ &P_3 = \frac{P_1 \cdot L_1}{l_0}; \qquad P_4 = R \cdot sin\,64° = 0{,}438R; \\ &P_5 = R \cdot sin\,64° = 0{,}899R; \qquad P_1 = P_1 + P_3. \end{aligned}\right\} \tag{6.1}$$

Напруження в лапах якоря визначають безпосередньо в самих лапах, а також в середньому перерізі голови лап. Лапи розглядають як консольну балку з вильотом l_1 і небезпечним перетином прямокутного профілю bh (ширина кожної лапи $0{,}5b$), навантажену силами P_4 і P_5. Сила P_4 стискає перетин лап, а сила P_5 згинає лапи.

Сумарні напруження від вигину і стиснення визначаються у вигляді

$$\sigma_{max} = \frac{M}{W} + \frac{P_4}{F} = \frac{R}{b \cdot h} \cdot \left(5{,}39 \cdot \frac{l_1}{h} + 0{,}44\right). \tag{6.2}$$

Допустимі напруження для лап якоря, як і для інших його елементів, при розрахунку на пробне навантаження приймають

$$\sigma_{доп} = 0{,}8 \cdot \sigma_m = 0{,}8 \cdot 650 = 520 \text{ МПа},$$

де σ_m – межа плинності материалу элементів якорю.

Небезпечний перетин середньої частини голови лап з невеликою похибкою можна замінити прямокутним перетином $B \times H$.

Середню частини голови розглядають як балку з двома защемленими кінцями, довжиною прольоту l_2, навантажену по середині довжини силою P_7 в двох взаємно перпендикулярних площинах. Сили P_7 знаходять розкладанням сили P_6, тобто

$$P_7 = P_6 \cdot sin\,4\,5° = 0{,}707 \cdot P_6. \tag{6.3}$$

Сумарне напруження з урахуванням формули та з урахуванням (6.3)

$$\sigma_{max} = \sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2} = 0{,}53 \cdot \frac{P_6 l_2}{B^2 H^2} \sqrt{B^2 + H^2}. \qquad (6.4).$$

Причому згинальний момент

$$M = \frac{P_7 \cdot l_2}{8},$$

а якщо виразити P_6 через залежності (8.1), то

$$\sigma_{max} = 0{,}173 \cdot \frac{R \cdot l_2}{B^2 H^2} \cdot \left(1 + \frac{L_1}{l_0}\right) \cdot \sqrt{B^2 + H^2}. \qquad (6.5)$$

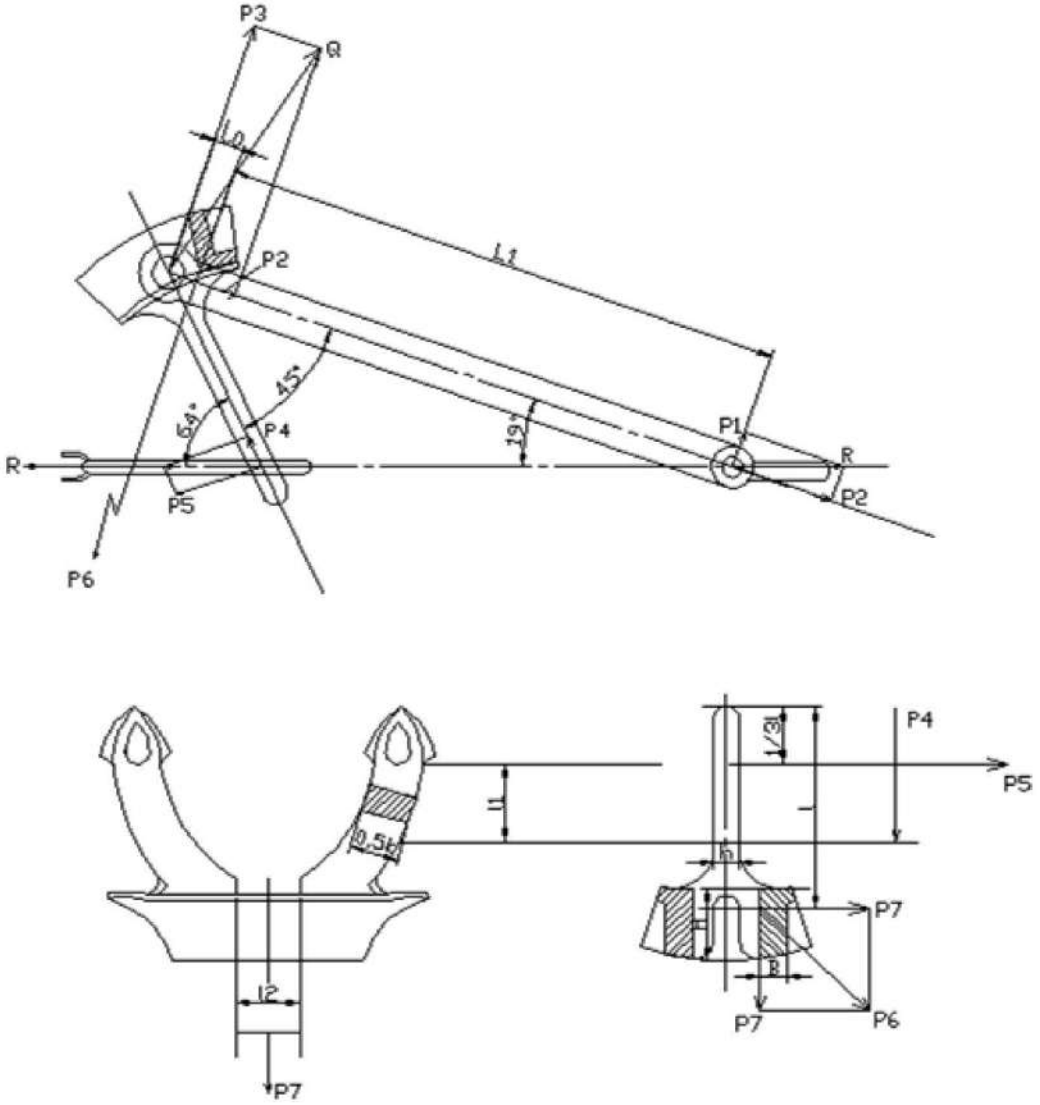

Рисунок 6.1 – Схема зусиль для розрахунку якоря Хола

Веретено якоря розраховують як балку, яку защемлено одним кінцем (у середній частині голови лап якоря), на вільний кінець якої діють сили P_1 і P_2 (рис. 8.2).

Внаслідок змінюється форми і площі перетинів по довжині веретена, напруження слід визначати в декількох перетинах на сумарну дію вигину і розтягування. Позначаючи довжину від кінця балки до перетину L_i, площа перетину F_i і момент опору W_i перерізу, отримаємо сумарне напруження у i -му перетені веретена у вигляді

$$\sigma_{max} = R \cdot \left(0{,}326 \cdot \frac{L_i}{W_i} + \frac{0{,}946}{F_i}\right). \tag{6.6}$$

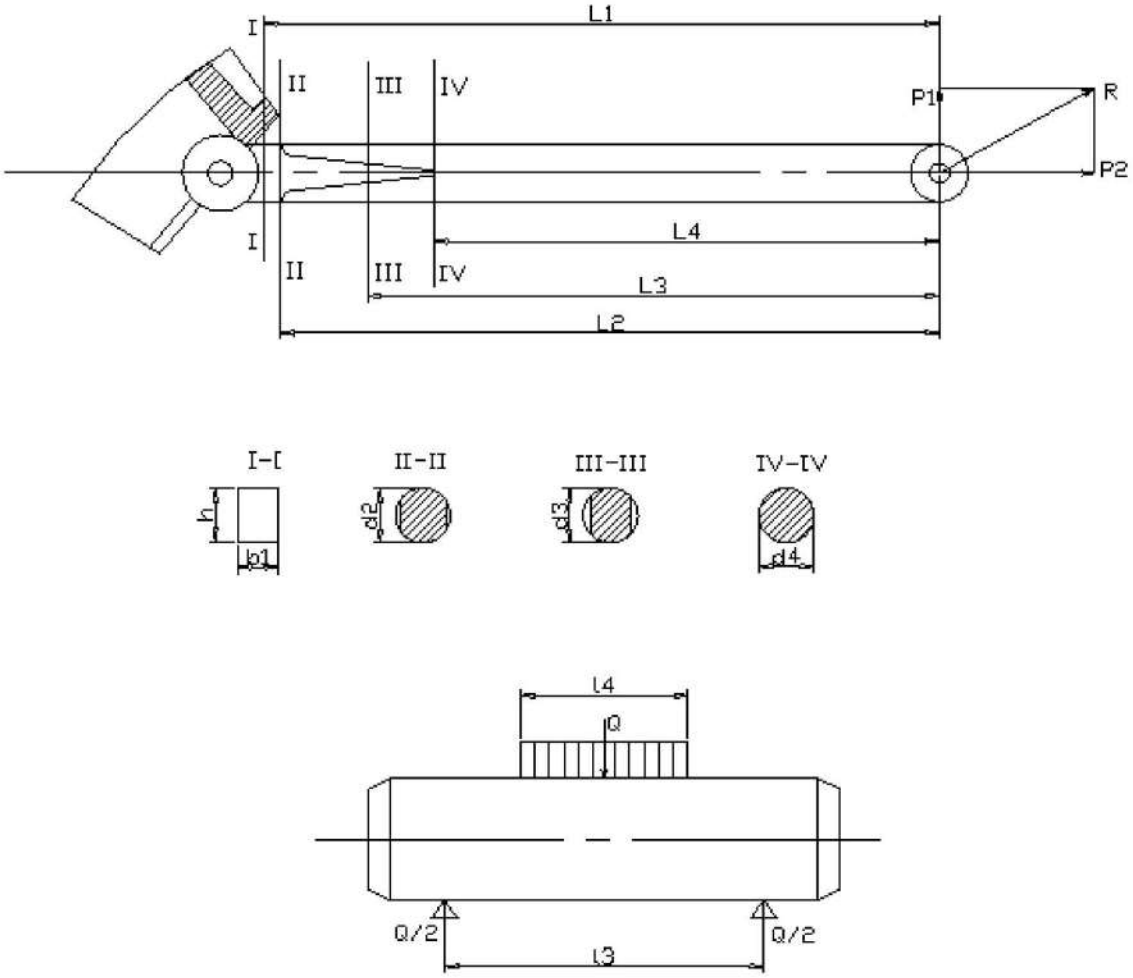

Рисунок 6.2 – До розрахунку веретена якоря

Валик кріплення веретена до голови якоря розраховують як вільно оперту балку, навантажену рівномірно розподіленим навантаженням Q на довжині l_4. Навантаження Q є рівнодіюча сил P_2 і P_3.

$$Q = 0{,}326 \cdot \frac{R}{l_0} \cdot \sqrt{8{,}45 \cdot l_0^2 + L_1^2}.$$

Згинальний момент в небезпечному перерізі визначають за формулою

$$M = \frac{Q}{2} \cdot \left(\frac{l_3}{2} - \frac{l_4}{4}\right),$$

а напруження у валику

$$\sigma = 0{,}81 \times \frac{R}{l_0 \times d^3} \times (l_3 - 0{,}5 \times l_4) \times \sqrt{8{,}45 \times l_0^2 + L_1^2}; \qquad (6.7),$$

де d – діаметр валика.

Умова міцності має вигляд

$$\sigma \leq [\sigma],$$

де σ – напруження у розрахункових перетинах елементів.

Для перевірки умови міцності необхідно розрахувати величини напружень σ при відповідних зусиллях в залежності від швидкості течії води і швидкості вітру. Такі розрахунки виконано з використанням формул (6.1) - (6.7) і представлено в таблицях 6.1 – 6.6.

Таблиця 6.1 – Результат діючих сил на елементи якоря, коли швидкість течії води $V_T = 0$ вуз.

V_B, м/с	20	22	24	26	28	30
R, кН	1871,831	2021,616	2215,558	2432,220	2626,149	2723,539
P_1, кН	610,217	659,047	722,272	792,904	856,124	887,874
P_2, кН	1770,752	1912,449	2095,918	2300,880	2484,337	2576,467
P_3, кН	2414,901	2608,143	2858,353	3137,874	3388,067	3513,712
P_4, кН	819,862	885,468	970,414	1065,312	1150,253	1192,910
P_5, кН	1682,776	1817,433	1991,787	2186,565	2360,908	2448,461
P_6, кН	3025,118	3267,190	3580,625	3930,777	4244,192	4401,586
σ_{max} (8.3), МПа	25,379	27,410	30,039	32,977	35,607	36,927
P_7, кН	2138,758	2309,903	2531,502	2779,060	3000,643	3111,921
σ_{max} (8.4), МПа	28,739	31,039	34,017	37,344	40,321	41,816
M , кН·м	116,830	126,178	138,283	151,806	163,910	169,989
σ_{max} (8.5), МПа	28,776	31,078	34,060	37,391	40,372	41,869
$\sigma_{max.I}$, МПа	12,959	13,996	15,339	16,839	18,182	18,856
$\sigma_{max.II}$, МПа	30,074	32,480	35,596	39,07561	42,193	43,758
$\sigma_{max.III}$, МПа	25,649	27,702.459	30,360	33,329	35,986	37,320
$\sigma_{max.IV}$, МПа	16,394	17,706	19,405	21,303	23,001	23,854
Q, кН	2996,369	3236,141	3546,597	3893,422	4203,858	4359,756
M, кН·м	582,419	629,025	689,370	756,784	817,125	847,428
σ, МПа	18,666	20,160	22,094	24,255	26,189	27,160

Таблиця 6.2 – Результат діючих сил на елементи якоря, коли швидкість течії води $V_T = 1$ вуз.

V_B, м/с	20	22	24	26	28	30
R, кН	2197,228	2347,013	2540,955	2757,617	2951,546	3048,936
P_1, кН	716,296	765,126	828,351	898,983	962,204	993,953
P_2, кН	2078,578	2220,274	2403,743	2608,705	2792,162	2884,293
P_3, кН	2834,704	3027,947	3278,156	3557,677	3807,871	3933,516
P_4, кН	962,386	1027,992	1112,938	1207,836	1292,777	1335,434
P_5, кН	1975,308	2109,965	2284,319	2479,097	2653,440	2740,993
P_6, кН	3551,001	3793,073	4106,508	4456,660	4770,075	4927,469
σ_{max} (8.3), МПа	29,791	31,822	34,452	37,389	40,019	41,339
P_7, кН	2510,558	2681,703	2903,301	3150,859	3372,443	3483,721
σ_{max} (8.4), МПа	33,736	36,036	39,013	42,340	45,317	46,813
M , кН·м	137,139	146,488	158,593	172,116	184,220	190,298
σ_{max} (8.5), МПа	33,779	36,081	39,063	42,394	45,375	46,872
$\sigma_{max.I}$, МПа	15,213	16,250	17,593	19,093	20,435	21,110
$\sigma_{max.II}$, МПа	35,302	37,709	40,825	44,306	47,421	48,986
$\sigma_{max.III}$,МПа	30,109	32,161	34,819	37,788	40,445	41,780
$\sigma_{max.IV}$,МПа	19,245	20,557	22,256	24,153	25,852	26,705
Q, кН	3517,254	3757,026	4067,482	4414,307	4724,743	4880,642
M, кН·м	683,666	730,272	790,617	858,031	918,372	948,675
σ, МПа	21,912	23,406	25,340	27,500	29,434	30,405

Таблиця 6.3 – Результат діючих сил на елементи якоря, коли швидкість течії води $V_T = 2$ вуз.

V_B, м/с	20	22	24	26	28	30
R, кН	3173,419	3323,204	3517,146	3733,808	3927,737	4025,127
P_1, кН	1034,535	1083,365	1146,590	1217,221	1280,442	1312,191
P_2, кН	3002,054	3143,751	3327,220	3532,182	3715,639	3807,770
P_3, кН	4094,115	4287,358	4537,567	4817,088	5067,282	5192,927
P_4, кН	1389,957	1455,563	1540,510	1635,408	1720,349	1763,005
P_5, кН	2852,904	2987,561	3161,914	3356,693	3531,035	3618,589
P_6, кН	5128,650	5370,722	5684,157	6034,310	6347,724	6505,118
σ_{max} (8.3), МПа	43,027	45,058	47,688	50,625	53,255	54,575
P_7, кН	3625,956	3797,101	4018,699	4266,257	4487,841	4599,119
σ_{max} (8.4), МПа	48,724	51,024	54,001	57,328	60,306	61,801
M , кН·м	198,068	207,417	219,521	233,044	245,148	251,227
σ_{max} (8.5), МПа	48,786	51,089	54,070	57,401	60,382	61,880
$\sigma_{max.I}$, МПа	21,971	23,009	24,351	25,851	27,194	27,868
$\sigma_{max.II}$, МПа	50,986	53,393	56,509	59,990	63,105	64,670
$\sigma_{max.III}$,МПа	43,486	45,538	48,196	51,165	53,822	55,157
$\sigma_{max.IV}$,МПа	27,795	29,107	30,806	32,703	34,402	35,255
Q, кН	5079,911	5319,682	5630,139	5976,964	6287,399	6443,298
M, кН·м	987,408	1034,013	1094,358	1161,772	1222,113	1252,416
σ, МПа	31,647	33,141	35,075	37,235	39,169	40,140

Таблиця 6.4 – Результат діючих сил на елементи якоря, коли швидкість течії води $V_T = 3$ вуз.

V_B, м/с	40	42	44	46	48	50
R, кН	21821,093	22656,734	23296,397	23971,846	24968,320	26171,483
P_1, кН	7113,676	7386,095	7594,625	7814,822	8139,672	8531,903
P_2, кН	20642,754	21433,271	22038,391	22677,366	23620,030	24758,223
P_3, кН	28151,995	29230,080	30055,326	30926,741	32212,320	33764,554
P_4, кН	9557,639	9923,650	10203,822	10499,668	10936,124	11463,110
P_5, кН	19617,162	20368,404	20943,461	21550,689	22446,519	23528,163
P_6, кН	35265,671	36616,175	37649,951	38741,563	40351,992	42296,458
σ_{max} (8.3), МПа	295,863	307,194	315,867	325,025	338,535	354,849
P_7, кН	24932,830	25887,636	26618,516	27390,285	28528,858	29903,596
σ_{max} (8.4), МПа	335,036	347,867	357,688	368,059	383,358	401,831
M, кН·м	1361,956	1414,112	1454,036	1496,194	1558,389	1633,484
σ_{max} (8.5), МПа	335,463	348,310	358,143	368,527	383,846	402,343
$\sigma_{max.I}$, МПа	151,081	156,866	161,295	165,971	172,871	181,201
$\sigma_{max.II}$, МПа	350,591	364,017	374,294	385,147	401,157	420,487
$\sigma_{max.III}$,МПа	299,017	310,468	319,233	328,489	342,144	358,631
$\sigma_{max.IV}$,МПа	191,125	198,444	204,047	209,963	218,691	229,229
Q, кН	34930,530	36268,199	37292,151	38373,389	39968,513	41894,500
M, кН·м	6789,622	7049,631	7248,662	7458,827	7768,880	8143,244
σ, МПа	217,610	225,944	232,323	239,059	248,996	260,994

Таблиця 6.5 – Результат діючих сил на елементи якоря, коли швидкість течії води $V_T = 4$ вуз.

V_B, м/с	40	42	44	46	48	50
R, кН	24098,873	24934,514	25574,177	26249,626	27246,100	28449,263
P_1, кН	7856,232	8128,652	8337,182	8557,378	8882,228	9274,460
P_2, кН	22797,534	23588,050	24193,171	24832,146	25774,810	26913,003
P_3, кН	31090,622	32168,707	32993,953	33865,368	35150,947	36703,181
P_4, кН	10555,306	10921,317	11201,489	11497,336	11933,792	12460,777
P_5, кН	21664,887	22416,128	22991,185	23598,413	24494,244	25575,888
P_6, кН	38946,855	40297,358	41331,135	42422,746	44033,175	45977,641
σ_{max} (8.3), МПа	326,747	338,077	346,750	355,908	369,419	385,732
P_7, кН	27535,426	28490,232	29221,112	29992,881	31131,455	32506,192
σ_{max} (8.4), МПа	370,009	382,839	392,660	403,031	418,331	436,804
M , кН·м	1504,123	1556,279	1596,203	1638.,361	1700,556	1775,651
σ_{max} (8.5), МПа	370,480	383,327	393,160	403,544	418,863	437,360
$\sigma_{max.I}$, МПа	166,851	172,637	177,065	181,742	188,641	196,971
$\sigma_{max.II}$, МПа	387,188	400,613	410,891	421,743	437,753	457,084
$\sigma_{max.III}$,МПа	330,230	341,681	350,446	359,702	373,357	389,844
$\sigma_{max.IV}$,МПа	211,076	218,395	223,998	229,914	238,642	249,180
Q, кН	38576,730	39914,399	40938,351	42019,588	43614,713	45540,700
M, кН·м	7498,352	7758,361	7957,392	8167,557	8477,610	8851,974
σ, МПа	240,325	248,659	255,038	261,774	271,711	283,709

Таблиця 6.6 – Результат діючих сил на елементи якоря, коли швидкість течії води $V_T = 5$ вуз.

V_B, м/с	40	42	44	46	48	50
R, кН	27027,448	27863,089	28502,752	29178,201	30174,675	31377,838
P_1, кН	8810,948	9083,367	9291,897	9512,093	9836,944	10229,175
P_2, кН	25567,965	26358,482	26963,603	27602,578	28545,242	29683,435
P_3, кН	34868,858	35946,942	36772,189	37643,604	38929,182	40481,417
P_4, кН	11838,022	12204,033	12484,205	12780,052	13216,507	13743,493
P_5, кН	24297,675	25048,917	25623,974	26231,202	27127,032	28208,676
P_6, кН	43679,806	45030,309	46064,086	47155,697	48766,126	50710,592
σ_{max} (8.3), МПа	366,454	377,784	386,457	395,616	409,126	425,440
P_7, кН	30881,623	31836,429	32567,309	33339,078	34477,651	35852,389
σ_{max} (8.4), МПа	414,974	427,804	437,625	447,996	463,295	481,769
M, кН·м	1686,909	1739,065	1778,989	1821,147	1883,342	1958,437
σ_{max} (8.5), МПа	415,502	428,349	438,182	448,566	463,885	482,382
$\sigma_{max.I}$, МПа	187,127	192,913	197,342	202,018	208,917	217,248
$\sigma_{max.II}$, МПа	434,240	447,666	457,943	468,795	484,805	504,136
$\sigma_{max.III}$,МПа	370,360	381,811	390,577	399,833	413,487	429,974
$\sigma_{max.IV}$,МПа	236,726	244,046	249,648	255,564	264,292	274,830
Q, кН	43264,702	44602,371	45626,323	46707,561	48302,685	50228,672
M, кН·м	8409,576	8669,586	8868,617	9078,782	9388,834	9763,198
σ, МПа	269,530	277,864	284,243	290,979	300,916	312,915

Як випливає з таблиць максимальні напруження не перевищують рівня допустимих напружень $[\sigma] = 520$ МПа.

Таким чином, умови міцності для елементів якоря виконуються.

ВИСНОВОК

Результатом дипломного проєктування є проєкт CNG-газовозу змішаного плавання, який відповідає по своїм головним розмірам та технічним даним завданню до кваліфікаційної роботи, яке було видано кафедрою морських технологій та океанотехніки.

Характеристики судна

Довжина найбільша	124,8 м
Довжина між перпендикулярами	120 м
Ширина	16,4 м
Висота борту	7,24 м
Осадка(ріка/море)	3,6/5,00 м
Дальність плавання	2000 миль
Водотоннажність	5927,4/8427,4т
Вантажопідйомність (ріка/море)	2700 /5200 т
Швидкість (ріка/море)	14,5/14 вуз.

За своїми характеристиками спроєктоване судно повністю відповідає вимогам "Правил класифікації та побудови морських суден" Регістру судноплавства України.

Обрано два середньоборотних дизелів марки MAN - "B&W 7L27/38" з потужністю $N_e = 2380$ кВт кожен.

Набір конструктивного мідель-шпангоута виконано за "Правилами класифікації та побудови морських суден". Обрана марка матеріалу для виготовлення конструкцій корпусу судна. Перевірена загальна поздовжня міцність судна.

Розглянуто три можливих маршрути експлуатації судна.

В цілому розроблений проєкт задовольняє вимогам завдання у частині

забезпечення вантажомісткості та швидкості, дальності та району плавання, вимогам Регістру судноплавства та вимогам нормативних документів.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Зайцев В.В., Коробанов Ю.М. Судна-газовози. –К.:, 1990. – 304с., ил.

2. Особливості проектування морських транспортних суден: Навчальний посібник. Частина 1/ О.В. Бондаренко, О.І. Кротов, Л.О. Матвєєв, С.О.Прокудін – Миколаїв: УДМТУ, 2004. – 73 с.

3. Сорокін В.І. Проєктування контейнеровозів контейнеровозів. Навчальний посібник. Миколаїв, МКІ, 1982. 54с.

4. Правила класифікації та побудови морських суден. Регістр судноплавства . – К., 2020. – Т.1., Т.2., Т.3. – 362 с.

5. Сорокін В.І. Вплив палубних контейнерів на остійність на контейнеровозів. Праці МКІ, вип. 116, Миколаїв: МКІ, 1976, с.62-66.

6. Проєктування конструктивного мідель-шпангоута суховантажних суден: Методичні вказівки / В.Г. Матвєєв, А.І. Кузнєцов, Б.М. Мартинець, О.М. Михайлов, О.М. Узлов, М.О. Цибенко, Г.В.Шарун. – Миколаїв: УДМТУ, 2002. – 76 с.

7. Проєктування морських транспортних суден: Навчальний посібник/ О.І.Кротов, В.І Голіков, О.Ю. Єганов, О.В. Бондаренко – Миколаїв: УДМТУ, 2003. – 156 с.

8. Зайцев В.В., Єганов А.Ю., Коробанов Ю.М., Толишев Е.В., Зайцев Вал.В. Проєктування загальносуднових пристроїв. – Миколаїв, «Іліон», 2004. – 267 с.

13. Зайцев В.В., Єганов А.Ю., Толишев Е.В. Техніко-економічні питання проєктування та будівництва систем систем морського транспортування газів: Навчальний посібник. – Миколаїв: УДМТУ, 2002. –150 с.

14. Зайцев В.В. Класифікація суден-газовозів. Зб. наук. праць УДМТУ. – Миколаїв: УДМТУ, 1998. – №8 (356). – С. 50-56.

15. Кохановский К.В., Ларкін Ю.М. Проєктування газовозів: Навчальний посібник. – Одеса, 1981. –28 с.

16. Коробанов Ю.М., Зайцев В.В., Мартинец Б.М. Вузли та конструкції суден-газовозів: Навчальний посібник. – Миколаїв. МКІ, 1982. 39 с.

17. Казаков Н.Н. Технічне нормування і аналіз показників роботи транспортного флоту: Навчально-методичний посібник з дипломного і курсового проєктування 2008 р. –Одеса, 2008. – 106 с.