

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Херсонський навчально-науковий інститут
Національного університету кораблебудування
імені адмірала Макарова

Кафедра Суднобудування та ремонту суден

«Допущений до захисту»
Завідувач кафедри



О.В. Щедролосєв

«08» червня 2023 р.

Кваліфікаційна робота
на здобуття ступеня вищої освіти «бакалавр»

на тему: Проект наливного судна з розробкою технологічного процесу
виготовлення поперечної гофрованої переборки

Виконав: студент 4111 групи



Федак В.О.

Керівник роботи:
викладач



Соценко В.В.

Херсон – 2023 р.

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ КОРАБЛЕБУДУВАННЯ
ІМЕНІ АДМІРАЛА МАКАРОВА
ХЕРСОНСЬКИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ**

Кафедра Суднобудування та ремонту суден

Спеціальність 135 «Суднобудування»

Освітня програма «Суднокорпусобудування»

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Гарант освітньої програми



О.В. Щедролоєв

«16» червня 2023 р.

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ
на здобуття ступеня вищої освіти «бакалавр»**

Федак Валентина Олександрівна

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Проект наливного судна з розробкою технологічного процесу виготовлення поперечної гофрованої переборки

Керівник роботи викладач Соценко В.В.

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

Затверджені наказом по ХННІ НУК № 04 від «16» березня 2023 року

2. Строк подання студентом роботи 02.06.2023 року

3. Вихідні дані до роботи:

3.1. Вантажопідйомність (вантажомісткість) 41000 т

3.2. Вид вантажу (питома завантажувальна кубатура) вантаж густиною 0,95 т/м³

3.3. Швидкість експлуатаційна 15,0 вузлів

3.4. Клас судна за Правилами РСУ для морських суден: КМ  AUT1 Bunkering vessel

3.5. Дальність та район плавання 10000 миль, необмежений

3.6. Додаткові вимоги Забезпечити каюти екіпажу – одномісні, практикантів – двомісні

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити):

4.1. Визначення водотоннажності та головних розмірювань судна.

4.2. Розробка теоретичного креслення.

4.3. Набір корпусу за Правилами Регістру.

4.4. Технологія виготовлення секції зовнішнього борту.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) / Перелік презентаційних матеріалів:

5.1. Теоретичне креслення.

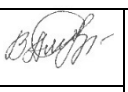
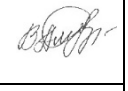
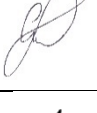
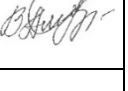
5.2. Креслення загального розташування: боковий вид та план верхньої палуби.

5.3. Конструктивний мідель-шпангоут судна.

5.4. Технологія виготовлення секції зовнішнього борту.

5.5. Демонстраційна таблиця.

6. Консультанти розділів роботи

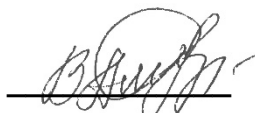
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата			
		завдання видав		завдання прийняв	
проектування судна	викладач Соценко В.В.		16.03. 2023		16.03. 2023
побудова теоретичного креслення	викладач Соценко В.В.				
конструкція корпусу	викладач Соценко В.В.				
технологічна частина	професор Щедролоєв О.В.				

7. Дата видачі завдання 16.03.2023 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Номер	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1.	Визначення основних елементів і характеристик судна-проекту.	17.03.2023	
2.	Побудова теоретичного креслення.	31.03.2023	
3.	Перевірка вимог класифікаційного товариства до остійності судна. Діаграми остійності судна.	14.04.2023	
4.	Набір корпусу за Правилами класифікаційного товариства. Конструктивний мідель-шпангоут.	21.04.2023	
5.	Технологічна частина проекту. Креслення з технологічної частини проекту.	05.05.2023	
6.	Демонстраційна таблиця	26.05.2023	
7.	Оформлення пояснювальної записки та завершення оформлення кваліфікаційної роботи й презентацій.	02.06.2023	

Студент



В.О. Федак

Керівник



В.В. Соценко

ЗМІСТ

Анотація	5
Вступ.....	7
1. Визначення водотоннажності та головних розмірів.....	12
2. Розробка теоретичного креслення.....	22
3. Проектування конструктивного мідель-шпангоута	29
4. Проектування технологічного процесу виготовлення секції гофрованої переборки	46
Висновки	52
Список використаної літератури.....	53

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

АНОТАЦІЯ

Відповідно до завдання на дипломну роботу бакалавра, виданого кафедрою суднобудування та ремонту суден Херсонського навчально-наукового інституту НУК, спроектовано наливне судно вантажопідйомністю 41000 тон.

У розрахунковій частині проєкту виконане наступне:

- визначені водотоннажність судна та головні розміри:
довжина судна між перпендикулярами $L = 197,3$ м;
ширина судна $B = 25,40$ м;
висота борту $D = 17,30$ м;
осадка на міделі $d = 11,60$ м;
- розроблене теоретичне креслення корпусу судна;
- спроектовано конструктивний мідель–шпангоут судна згідно Правил Регістру судноплавства України;
- в технологічній частині роботи спроектовано технологічний процес виготовлення секції поперечної гофрованої перебірки.

В дипломній роботі для проведення розрахунків та виконання графічної частини використовувались спеціалізовані комп'ютерні програми (автоматичні графічні системи): «FreeShip+», AutoCAD 2017.

Спроектоване судно задовольняє завданню на дипломне проєктування, вимогам Правил Регістру та іншим нормативним документам.

Ключові слова: водотоннажність, гофрована перебірка, проєктування, суднобудування, наливне судно, теоретичне креслення.

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

ANNOTATION

In accordance with the terms of reference for the bachelor's thesis issued by Department of Shipbuilding and Ship Repair of the Kherson Educational-Scientific Institute of Admiral Makarov National University of Shipbuilding, a bulk carrier with a deadweight tonnage of 41,000 tonnes has been designed.

The following was done in the design calculation part of the project:

- determination of the ship's displacement and main dimensions:

length between perpendiculars $L = 197,3$ m;

beam $B = 25,40$ m;

height $D = 17,30$ m;

draft on the midship $d = 11,60$ m;

- development of the theoretical drawing of the ship's hull;

- the structural model of the ship's frame has been designed in accordance with the Rules of the Ukrainian Register of Shipping;

- in the technological part of the work, the technological process of manufacturing the section of the transverse corrugated bulkhead was designed.

Specialized computer programs (automatic graphic systems): «FreeShip+», AutoCAD 2017 were used for calculations and graphic design in the thesis.

The designed ship meets the task of the diploma project, the requirements of the Classification Society's Rules, and other regulatory documents.

Keywords: displacement, corrugated bulkhead, design, shipbuilding, bulk carrier, theoretical drawing.

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

					ДРБ.135.4111.03.ПЗ							
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата								
Студент		Федак			Вступ				Літ.	Арк.	Акрушів	
Консульт.		Соценко									7	
Керівник		Соценко							ХННІ НУК			
Зав. кафедр.		Щедролосєв										

ВСТУП

Танкери – це спеціалізовані судна, які перевозять великі об'єми рідкого вантажу, такого як нафта, перероблені нафтопродукти, хімічні речовини та зріджений природний газ, по всіх океанам світу. Ці судна спроектовані та побудовані для забезпечення безпеки та ефективності перевезення небезпечних та цінних вантажів у складних умовах морського середовища. Танкери відіграють критичну роль у світовій економіці, забезпечуючи переміщення життєво важливих товарів, таких як нафта та газ, які забезпечують енергетичні потреби нашого суспільства. Без цих спеціалізованих суден, сучасний світ, яким ми його знаємо, зупинився би.

Історія танкерів починається з кінця XIX століття, коли попит на нафту як джерело палива швидко зростає. До появи танкерів нафту перевозили у бочках на вітрильних судах. Однак цей метод був повільним та неефективним, а бочки були схильні до протікання та розливання, що призводило до забруднення довкілля.

У 1886 році в Німеччині був побудований перший сучасний танкер – Gluckauf. Це було пароплав з вантажопідйомністю 1750 тонн, який використовували для перевезення сирих нафтових нафт з Баку (нині Азербайджан) до Батумі (нині Грузія). Це було початком сучасної промисловості танкерів, і попит на ці судна стрімко зріс, оскільки використання нафти розширювалося по всьому світу.

На початку XX століття танкери стали більшими та спеціалізованими, а їх дизайн еволюціонував, щоб задовольнити потреби зростаючої нафтової промисловості. Під час Другої світової війни танкери відіграли критичну роль у постачанні союзних військ паливом та іншими необхідними запасами. Після війни танкерна промисловість продовжила зростати, підштовхувана зростаючим попитом на нафту та газ та потребою перевозити ці товари ефективно та безпечно через океани світу.

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

Танкери відіграють критичну роль у глобальній економіці, забезпечуючи перевезення важливих товарів, таких як нафта та газ, з виробничих регіонів до споживних. Ці товари є ключовими для забезпечення потреб сучасного світу і використовуються в усьому, від транспорту до виробництва та опалення будинків та підприємств. Згідно з Міжнародним агентством з енергетики (МАЕ), попит на нафту в світі очікується зрости з 99,7 мільйонів барелей на день у 2020 році до 104,1 мільйонів барелей на день у 2026 році.

Цей ріст попиту потребуватиме продовження використання танкерів для транспортування сирової нафти з виробничих регіонів, таких як Близький Схід та Північна Америка, до споживних регіонів, таких як Азія та Європа. Танкери також мають важливе значення для перевезення рідкого природного газу (LNG), який стає все більш важливим джерелом енергії у всьому світі. LNG є більш екологічно чистим паливом, ніж вугілля або нафта, і очікується, що його використання значно зросте в найближчі роки, оскільки країни намагаються зменшити свої викиди парникових газів.

Танкери розробляють та будують для транспортування рідинних вантажів безпечно та ефективно через океани світу. Ці судна є високоспеціалізованими та потребують унікального поєднання міцності, стабільності та маневреності, щоб працювати ефективно.

Дизайн танкерів обумовлений різними факторами, такими як тип вантажу, маршрут перевезення та регулювання, з якими вони повинні відповідати. Танкери існують у різних розмірах, від невеликих прибережних суден до величезних супертанкерів, що можуть перевозити понад 2 мільйони барелів сирої нафти.

Ще одним ключовим викликом для операторів танкерів є дотримання міжнародних та місцевих екологічних регуляцій. Танкери відповідальні за перевезення широкого спектру продуктів, багато з яких можуть бути

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

небезпечними для довкілля, якщо їх пролити. У результаті цієї ситуації, галузь розробила низку заходів для зменшення ризику проливів, включаючи подвійний корпус, складне обладнання для роботи з вантажем та комплексні плани реагування на проливи. Крім того, танкери повинні дотримуватися регуляцій щодо викидів, утилізації відходів та управління баластними водами.

Однією з найбільш важливих екологічних регулятив, з яким стикається танкерна промисловість, є Міжнародна конвенція з запобігання забруднення суден (MARPOL). Ця конвенція встановлює обмеження на забруднення повітря та води від суден, а також вимагає встановлювати на борту системи для запобігання та реагування на нафтові проливи. MARPOL підтримується рядом міжнародних та регіональних угод, включаючи Міжнародну конвенцію Міжнародної морської організації (IMO) щодо підготовки, реагування та співпраці у випадку нафтових забруднень (OPRC), яка вимагає, щоб країни мали ефективні плани надзвичайних ситуацій для реагування на нафтові проливи.

Крім міжнародних регуляцій, оператори танкерів також повинні дотримуватися місцевих екологічних правил в портах та водних шляхах, на яких вони працюють. Наприклад, Сполучені Штати прийняли Закон про забруднення нафтою (OPA), який вимагає, щоб танкери, які працюють на території США, мали комплексний план реагування на проливи, зберігали страхові поліси та сплачували в Національний фонд відповідальності за нафтові проливи. Невиконання цих правил може призвести до значних штрафів та юридичних наслідків.

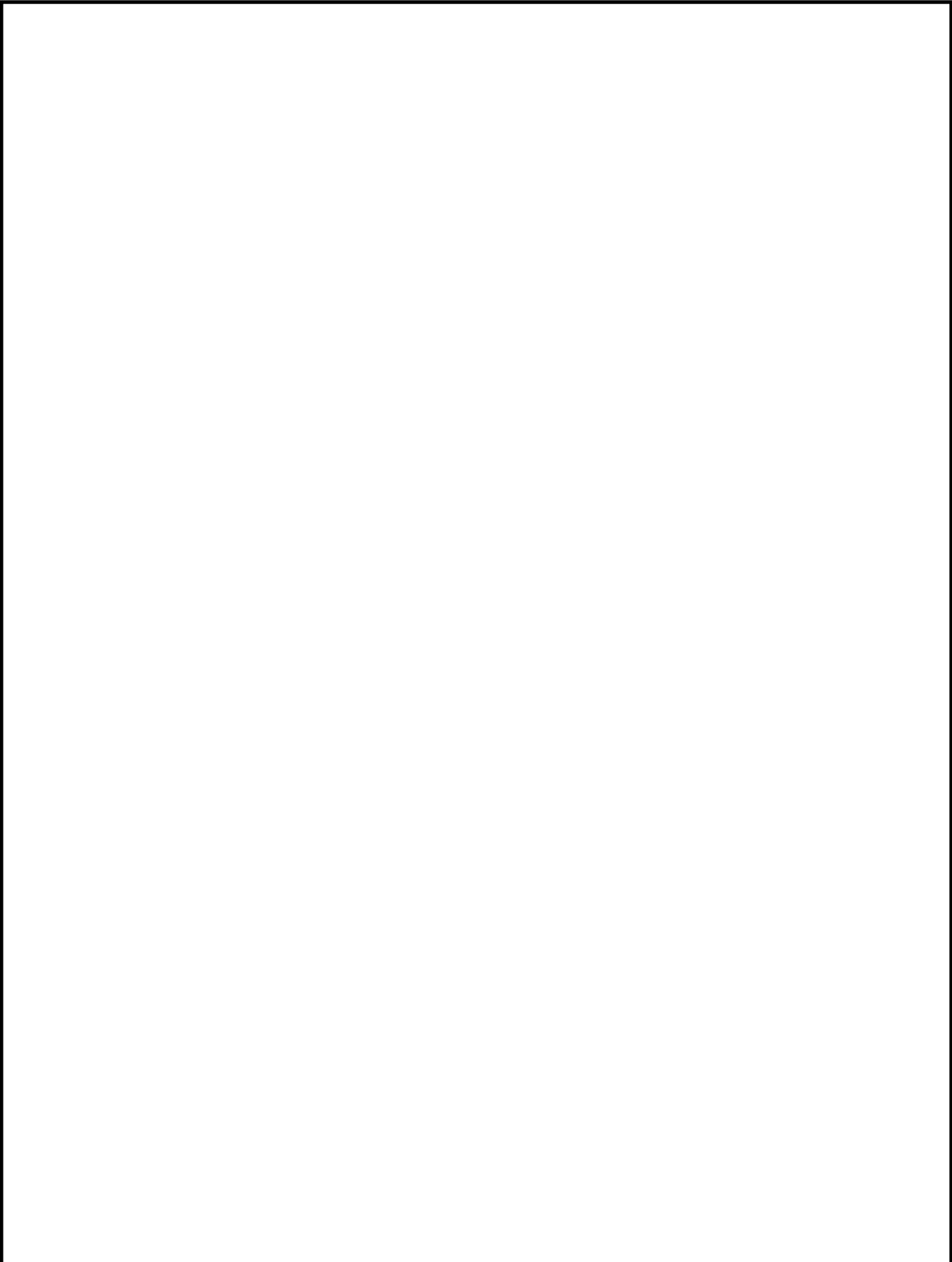
Незважаючи на виклики та регуляції, що стикається танкерна індустрія, танкери продовжують відігравати ключову роль у задоволенні потреб світу в енергії та хімічних речовинах. Прогрес у технологіях та стандартах безпеки зробив транспортування рідинних вантажів безпечнішим та ефективнішим, ніж коли-небудь раніше, а нові джерела енергії, такі як рідкий природний газ (LNG) та відновлювані палива, відкривають нові можливості для цієї галузі.

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

За тим, як світ продовжує залежати від танкерного транспортування, важливо, щоб галузь зберігала свою увагу на безпеці, ефективності та відповідальності перед природою.

На завершення слід зазначити, що танкери є невід'ємною складовою глобального ланцюжка постачання енергії та хімічних продуктів. Ці спеціалізовані судна розроблені з урахуванням безпеки та ефективності, і повинні дотримуватися ряду регулятивних стандартів, щоб забезпечити безпечну та відповідальну експлуатацію. Незважаючи на виклики, які стоять перед цією галуззю, оператори танкерів продовжують вдосконалювати свою роботу та адаптуватися до змінних ринкових умов. За тим, як світові потреби в енергії та хімічних продуктах продовжують зростати, важливість танкерного транспорту буде лише збільшуватися.

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



					ДРБ.135.4111.03.ПЗ.01							
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата								
Студент		Федак			Визначення водотоннажності та головних розмірів				Літ.		Арк.	Акрушів
Консульт.		Соценко									12	
Керівник		Соценко							ХННІ НУК			
Зав. кафед.		Щедролосєв										

1 ВИЗНАЧЕННЯ ВОДОТОННАЖНОСТІ ТА ГОЛОВНИХ РОЗМІРІВ

Короткі відомості про судно прототип

Для судна, що проектується, вантажопідйомністю 41000 т, в якості прототипу використовуємо технічні данні нафтоналивного судна (танкера), основні характеристики наведені в табл. 1.

Таблиця 1 – Основні характеристики судна прототипу

Назва елементу	Позн.	Одиниця виміру	Числове значення
Довжина між перпендикулярами	$L_{\perp\perp}$	м	165,00
Довжина найбільша	L	м	167,20
Ширина	B	м	21,17
Висота борту	H	м	14,47
Осадка по КВЛ	T	м	9,67
Коеф. загальної повноти	C_b	-	0,812
Коеф. повноти міделя	C_m	-	0,994
Коеф. повноти КВЛ	C_w	-	0,852
Швидкість експлуатаційна	V_s	вуз.	15
Вантажопідйомність	Δ	т	37800
Дальність плавання		миль	10000
Екіпаж		осіб	22

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

1.1. Визначення водотоннажності та головних елементів проекту у першому наближенні

Водотоннажність у першому наближенні Δ_0 визначається за формулою:

$$\Delta_0 = \frac{P_{\Gamma}}{\eta_{\Gamma}},$$

де $P_{\Gamma}=60800$ - задана вантажопідйомність судна, т,

$\eta_{\Gamma}=0,76$ – коефіцієнт утилізації водотоннажності за чистою вантажопідйомністю:

$$\Delta_0 = \frac{41000}{0,760} = 53947 \text{ т.}$$

1.2. У першому наближенні потужність головних двигунів визначається за формулою адміралтейських коефіцієнтів:

$$N_0 = \Delta_0^{1/2} \cdot V_S^{5/2} / 27,2 \text{ кВт},$$

где V_S – швидкість ходу на випробуваннях, вуз

$$V_S = V_{\text{э}} \cdot 1,05 = 15,00 \cdot 1,05 = 15,75 \text{ вуз}$$

$$N_0 = 53947^{1/2} \cdot 15,75^{5/2} / 27,2 = 8406 \text{ кВт.}$$

Отримане значення потужності говорить про те , що в якості головного двигуна на проектуваному танкері може бути застосований малооборотний або середньооборотний двигун.

1.3. Визначення водотоннажності у першому наближенні

Точніші значення водотоннажності і інших елементів судна можуть бути отримані шляхом складання і рішення рівняння мас , яке має вигляд :

$$m\Delta - n\Delta^{2/3} - p\Delta^{1/2} = P_{\Gamma}$$

где P_{Γ} - - задана вантажопідйомність судна, т.

Коефіцієнти рівняння m , n і p визначаються за такими формулами:

$$m = 1 - a_{\kappa} - a_{\text{эк}} - a_{\text{зв}},$$

$$n = a_y + a_{\text{ел}} + a_{\text{жсг}} + a_{\text{сн}},$$

$$p = a_{\text{эу}} + a_m,$$

где a_{κ} – вимірювач маси металевго корпусу,

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

$a_{\text{ЭК}}$ – вимірювач маси команди,
 $a_{\text{ЗВ}}$ – вимірювач маси запасу водотоннажності,
 $a_{\text{У}}$ – вимірювач маси суднових пристроїв і систем,
 $a_{\text{ЭЛ}}$ – вимірювач маси електрообладнання,
 $a_{\text{ЖГ}}$ – Вимірювач маси рідких вантажів,
 $a_{\text{СН}}$ – вимірювач маси постачання,
 $a_{\text{ЭУ}}$ – вимірювач маси енергетичної установки,
 $a_{\text{Т}}$ – вимірювач маси палива.

1.3.1. Определение измерителей масс

Вимірювач маси по розділу « Установка энергетична » визначається за формулою:

$$a_{\text{ЭУ}} = \frac{q_{\text{ЭУ}} \cdot V_S^{5/2}}{27,2},$$

Для дизельних установок величина $q_{\text{ЭУ}}$ визначається за формулою:

$$q_{\text{ЭУ}} = 600/N^{1/4} = 600/8406^{1/4} = 62,66 \text{ кг/кВт},$$

$$a_{\text{ЭУ}} = \frac{62,66 \cdot 15,75^{5/2}}{27,2} = 2,27$$

Вимірювач маси по розділу « Запасы палива , воды , масла » визначається за формулою :

$$a_m = P_m / \Delta_0^{1/2},$$

$$\text{де } P_m = K_m \cdot q_m \frac{\Delta_0^{1/2} \cdot V_S^{3/2}}{27,2} \cdot R,$$

где $K_m = 1,15$ – коефіцієнт морського запасу,

R – дальність плавання , миль ,

$q_{\text{Т}}$ – питома витрата енергетичних запасів на всю СЕУ.

$$q_m = q'_m \cdot (1 + a''_m + a'''_m) \cdot K_c,$$

де q'_m – питома витрата палива , г / кВт год ,

$a''_{\text{Т}} = 0,03$ – коефіцієнт витрати масла для ДВЗ,

$a'''_{\text{Т}} = 0,03$ – коефіцієнт витрати води,

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

$K_c = 1,25$ – коефіцієнт що враховує витрати палива на загальносуднову потреби.

$$q_m = 185 \cdot (1 + 0,03 + 0,03) \cdot 1,25 = 265 \text{ г/ кВт г},$$

$$P_m = 1,15 \cdot 265 \cdot 10^{-6} \frac{80000^{1/2} \cdot 13,65^{3/2}}{27,2} \cdot 10000 = 1107,3 \text{ т.}$$

$$a_m = 154/1107,3^{1/2} = 7,00$$

Вимірник маси по розділу «Запас водотоннажності» визначається за формулою [2]:

$$a_{3.6} = a'_{3.6}(1 - \eta_B),$$

де $a_{3.6} = 0,035$ - коефіцієнт запасу водотоннажності [1];

$\eta_B = 0,76$ – коефіцієнт утилізації водотоннажності за вантажем [1];

тоді

$$a_{3.6} = a'_{3.6}(1 - \eta_B) = 0,035(1 - 0,76) = 0,0084$$

Інші вимірники мас приймаємо за статистичними даними [1].

Всі вимірники мас зведено в таблицю 1.1.

Всі вимірювачі мас зведені в таблицю 1.1 :

Таблиця 1.1. Вимірювач мас

Розділ навантаження		Залежність від Δ	Вимірювач a_i	Прим.
01	Корпус	$a_K \cdot \Delta$	0,22	[2]
02	Судові пристрої	$a_y \cdot \Delta^{2/3}$	0,031	[2]
03	Системи	$a_c \cdot \Delta^{2/3}$	0,21	[2]
04	Енергетична установка	$a_{\text{эу}} \cdot \Delta^{1/2}$	2,27	розр.
05	Електрообладнання	$a_{\text{эл}} \cdot \Delta^{2/3}$	0,08	[2]
11	запас водотоннажності	$a_{3.6} \cdot \Delta$	0,084	розр.
12	Рідкі вантажі	$a_{\text{жг}} \cdot \Delta^{2/3}$	0,007	[2]
13	Постачання, майно	$a_{\text{сн}} \cdot \Delta$	0,004	[2]

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

14	Екіпаж, провізія, вода	$a_{\text{эк}} \cdot \Delta$	0,009	[2]
16	Запас палива, масла, води	$a_m \cdot \Delta^{1/2}$	7,00	розр.

1.3.2. Складання рівняння мас.

Підставляючи вимірювачі з таблиці 1.1 в формули отримуємо коефіцієнти рівняння мас :

$$\begin{aligned}
 m &= 1 - a_{\text{к}} - a_{\text{эк}} - a_{\text{зв}}, \\
 n &= a_{\text{у}} + a_{\text{ел}} + a_{\text{жг}} + a_{\text{сн}}, \\
 p &= a_{\text{эу}} + a_{\text{т}}, \\
 m &= 1 - 0,22 - 0,009 = 0,771, \\
 n &= 0,031 + 0,08 + 0,007 + 0,004 = 0,122, \\
 p &= 2,27 + 7,00 = 9,27.
 \end{aligned}$$

Таким чином , рівняння мас має вигляд:

$$\begin{aligned}
 m\Delta - n\Delta^{2/3} - p\Delta^{1/2} &= P_{\Gamma} \\
 0,771\Delta - 0,122\Delta^{2/3} - 9,27\Delta^{1/2} &= 41000
 \end{aligned}$$

1.3.3. Рішення рівняння мас.

Рівняння мас вирішуємо методом Ньютона.

$$x_{n+1} = x_n - \frac{f(x_n)}{f'(x_n)}$$

де $f(x_n)$ – значення функції , що виражає рівняння,
 $f'(x_n)$ – значення першої похідної від цієї функції.

За початкове значення кореня рівняння мас приймається водотоннажність в нульовому наближенні :

$$\begin{aligned}
 f(\Delta_0) &= m\Delta_0 - n\Delta_0^{2/3} - p\Delta_0^{1/2} - P_{\Gamma} \\
 f(80000) &= 0,771 \cdot 53947 - 0,122 \cdot 53947^{2/3} - 9,27 \cdot 53947^{1/2} - 41000 \\
 f'(\Delta_0) &= m - \frac{2}{3}n\Delta_0^{-1/3} - \frac{1}{2}p\Delta_0^{-1/2} \\
 f'(8000) &= 0,771 - \frac{2}{3}0,122 \cdot 53947^{-1/3} - \frac{1}{2}9,27 \cdot 53947^{-1/2} \\
 \Delta_1 &= 56261 \text{ т.}
 \end{aligned}$$

Перевіримо правильність знайденого значення:

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДРБ.135.4111.03.ПЗ.01

Арк.

$$0,771 \cdot 56261 - 0,122 \cdot 56261^{2/3} - 4,37 \cdot 56261^{1/2} - 41000 = 0.$$

Таким чином , водотоннажність судна в першому наближенні :

$$\Delta_1 = 56261 \text{ т.}$$

Складаємо зведену таблицю розрахунку вагового навантаження в першому наближенні .

Таблиця 1.2. Вагове навантаження в першому наближенні

Розділ навантаження		Залежність від Δ	Маса P_i , т
01	Корпус	$a_k \cdot \Delta$	12377,6
02	Судові пристрої	$a_y \cdot \Delta^{2/3}$	45,6
03	Системи	$a_c \cdot \Delta^{2/3}$	308,3
04	Енергетична установка	$a_{\text{эу}} \cdot \Delta^{1/2}$	538,4
05	Електрообладнання	$a_{\text{эл}} \cdot \Delta^{2/3}$	117,5
11	запас водотоннажності	$a_{\text{зв}} \cdot \Delta$	4726,0
12	Рідкі вантажі	$a_{\text{жсг}} \cdot \Delta^{2/3}$	10,3
13	Постачання , майно	$a_{\text{сн}} \cdot \Delta$	225,0
водотоннажність порожнем			18348,7
14	Екіпаж , провізія , вода	$a_{\text{эк}} \cdot \Delta$	506,4
15	Вантаж		31000,0
16	Запас палива, масла, води	$a_m \cdot \Delta^{1/2}$	1660,4
Дедвейт			33166,7
Повна водотоннажність			51515,4

Приймаємо $\Delta_1 = 51515,4 \text{ т.}$

1.4. Розрахунок головних розмірювань у першому наближенні.

1.4.1. Відносна довжина першого наближення визначається за емпіричною формулою:

$$l_1 = \left(2 + \frac{2}{\sqrt[3]{4_1}}\right) V_S^{1/3} = \left(2 + \frac{2}{\sqrt[3]{51515,4}}\right) 15,75^{1/3} = 5,15.$$

Довжина між перпендикулярами може бути визначена:

$$L_1 = l \Delta_1^{1/3} = 5,15 \cdot 51515,4^{\frac{1}{3}} = 191,6 \text{ м}$$

Для цього виразимо ширину і осадку в першому наближенні через довжину судна і раніш знайдені відношення (L/B) і (B/d);

$$B_1 = L_1/(L/B), d_1 = B_1/(B/d).$$

$$B_1 = 191,6/7,79 = 24,63 \text{ м};$$

$$d_1 = 24,63/2,18 = 11,25 \text{ м};$$

$$D_1 = d_1 \cdot (D/d) = 11,25 \cdot 1,49 = 16,84 \text{ м}$$

1.4.2. Визначаємо число Фруда:

$$Fr = \frac{0,514 V_S}{\sqrt{g L_1}} = \frac{0,514 \cdot 15,75}{\sqrt{9,81 \cdot 191,6}} = 0,187.$$

1.4.3. Визначаємо коефіцієнти повноти.

Кф. загальної повноти: $C_v = \delta = 1,09 - 1,68 \cdot Fr = 0,776$

Кф. повздовжньої повноти: $C_p = \varphi = 0,04 + 0,96 \delta = 0,785$

Кф. повноти ватерлінії: $C_w = \alpha = 0,8780 \varphi + 0,1733 = 0,863$

Кф. повноти мідель-шпангоута: $C_m = \beta = \delta / \varphi = 0,988$

1.4.4. Головні розмірювання судна в другому наближенні знаходяться за методом геометричної подібності. Коефіцієнти повноти у другому наближенні вважаються рівними коефіцієнтам повноти у першому наближенні:

$$C_{B_2} = C_{B_1} = 0,776;$$

$$C_{M_2} = C_{M_1} = 0,785;$$

$$C_{W_2} = C_{W_1} = 0,863.$$

Коефіцієнт подібності визначається за формулою

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

$$\lambda = \sqrt[3]{\frac{\Delta_2}{\Delta_1}} = \sqrt[3]{\frac{56261}{51515}} = 1,029;$$

$$L_2 = L_1 \cdot \lambda = 191,6 \cdot 1,029 = 197,3 \text{ м};$$

$$B_2 = B_1 \cdot \lambda = 24,63 \cdot 1,029 = 25,4 \text{ м};$$

$$D_2 = D_1 \cdot \lambda = 16,84 \cdot 1,029 = 17,3 \text{ м};$$

$$d_2 = d_1 \cdot \lambda = 11,25 \cdot 1,029 = 11,6 \text{ м};$$

$$\Delta_2 = K_{\text{вч}} \cdot \gamma \cdot C_{B_2} \cdot L_2 \cdot B_2 \cdot d_2 = 1,01 \cdot 1,025 \cdot 0,776 \cdot 197,3 \cdot 25,4 \cdot 11,6 = 52100 \text{ т.}$$

Повинна виконуватися умова $\left| \frac{\Delta_2 - \Delta_1}{\Delta_2} \right| \leq 0,03;$

$$\left| \frac{52100 - 51515}{52100} \right| = 0,011 \leq 0,03.$$

Так як умова виконується і різниця між значеннями водотоннажності у першому і другому наближеннях незначна (не більше 1 %), то немає необхідності виконувати третє наближення.

1.4.5 Таблиця 1.3 – Головні елементи судна в 1-му наближенні

Назва елемента	Позн.	Одиниця виміру	Числове значення
Довжина між перпендикулярами	$L_{\perp\perp}$	м	191,6
Ширина	B	м	24,63
Висота борту	D	м	16,84
Осадка по ВВЛ	d	м	11,25
Коеф. загальної повноти	C_B	-	0,776
Коеф. повноти міделя	C_M	-	0,785
Коеф. повноти ВВЛ	C_W	-	0,863
Коеф. поздовжньої повноти	C_P	-	0,998
Вагова водотоннажність	Δ	т	56261

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

Таблиця 1.3 – Головні елементи судна у другому наближенні

Назва елементу	Позначення	Одиниця виміру	Числове значення
Довжина між перпендикулярами	$L_{\perp\perp}$	м	197,3
Ширина	B	м	25,4
Висота борту	D	м	17,3
Осадка по ВВЛ	d	м	11,6
Коеф. загальної повноти	C_b	-	0,776
Коеф. повноти міделя	C_m	-	0,785
Коеф. повноти ВВЛ	C_w	-	0,863
Коеф. повздовжньої повноти	φ	-	0,998
Вагова водотоннажність	Δ	т	52100

1.5 Поділ судна на відсіки

Для розрахунку мас по інших розділах навантаження, що входять до складу водотоннажності порожньому і координат їх центрів ваги необхідно визначити розташування і довжину МВ, бака та інші конструктивні особливості судна. Для отримання цих даних необхідно зробити розподіл судна на відсіки.

1.5.6. Шпація в середній частині судна визначається за формулою Морського Регістру:

$$a_0 = 0,002 \cdot L + 0,48 = 0,002 \cdot 197,3 + 0,48 = 0,875 \text{ м.}$$

Приймаємо $a_0 = 850$ мм.

Шпацию в районі ахтерпика и форпика приймаємо 600 мм.

– відстань від форпикової перегородки до носового перпендикуляра повинна бути не менш

$$L_{\text{фор}} = 0,05 \cdot L = 0,05 \cdot 197,3 = 9,865 \text{ м;}$$

– відстань від кормового перпендикуляра до ахтерпикової перегородки знаходимо за прототипом:

$$L_{\text{ахт}} = 0,04 \cdot L = 7,892 \text{ м.}$$

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

					ДРБ.135.4111.03.ПЗ.02			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Студент	Федак				Ліп.		Арк.	Акрушів
Консульт.	Соценко						12	
Керівник	Соценко				Розробка теоретичного креслення			
Зав. кафедр.	Щедролосєв				ХННІ НУК			

2 РОЗРОБКА ТЕОРЕТИЧНОГО КРЕСЛЕННЯ

2.1 Розрахунок теоретичного креслення

2.1.1 Розрахунок ординат теоретичного креслення

В основі проектування теоретичного креслення лежить інтерполяційний метод. Сутність нього методу полягає в тому, що ординати теоретичного креслення визначаються інтерполяцією між двома прототипами з різними коефіцієнтами загальної повноти за програмою Dialog-Statik. В банк даних цієї програми закладені ординати судів з декількома значеннями коефіцієнтів загальної повноти. Результати розрахунків виводяться до друку у вигляді таблиці, яка містить ординати для 21-го теоретичного (табл. 2.1)

За одержаними значеннями ординат (табл. 2.1) будується теоретичне креслення.

2.1.2 Побудова обводів форштевня та ахтерштевня

Обраємо носову кінцевість з бульбом. Кут нахилу надводної частини форштевня до носового перпендикуляра $\alpha = 50^\circ$.

Характеристиками носового бульба є:

– відстань від носового перпендикуляра судна до передньої точки бульба розраховується за формулою:

$$L_{\text{нб}} = L_{\text{пп}} \cdot l_{\text{нб}},$$

$l_{\text{нб}}$ – відносна довжина бульба:

$$l_{\text{нб}} = 0,051 - 0,115 \cdot Fr \pm 0,006$$

де $Fr = 0,187$

$$l_{\text{нб}} = 0,051 - 0,115 \cdot 0,187 \pm 0,006 = 0,035 \text{ м},$$

$$L_{\text{нб}} = 197,3 \cdot 0,035 = 6,91 \text{ м};$$

– найбільша ширина бульба:

$$B_{\text{нб}} = B \cdot v_{\text{нб}},$$

де: $v_{\text{нб}} = 0,145 \pm 0,025$; приймаємо $v_{\text{нб}} = 0,17$, тоді:

$$B_{\text{нб}} = 25,4 \cdot 0,17 = 4,32 \text{ м};$$

– найбільша висота шпангоута найбільшої площі бульба:

$$H_{\text{нб}} = 0,93 \cdot d = 0,93 \cdot 11,6 = 10,79 \text{ м};$$

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

- висота передньої точки бульба від основної площини:

$$H_{\text{нбп}} = h_{\text{нб}} \cdot d;$$

де: $h_{\text{нб}} = 0,6$ тоді:

$$H_{\text{нбп}} = 0,6 \cdot 11,6 = 6,96 \text{ м};$$

- кут підйому нижньої кромки бульба над ОП, виміряний в районі носового перпендикуляра:

$$\psi_{\text{нб}} = 34 - 105 \cdot Fr;$$

$$\psi_{\text{нб}} = 34 - 105 \cdot 0,187 = 14 \text{ град.}$$

Корма судна, що проектується, транцева згідно ОСТ 5.1082-76.

2.2 Розрахунок мінімального літнього надводного борту

Розрахунок мінімальної висоти надводного борту виконується за Правилами про вантажну марку морських суден.

Згідно Правил прийняті наступні позначення:

$D_p = 17,30$ м – висота борту;

$B_p = 25,40$ м – ширина судна;

$d_p = 0,85D = 0,85 \cdot 17,30 = 14,70$ м – розрахункова осадка;

Розрахункову довжину визначено, як:

$$L_p = \max \begin{cases} L_{p_1}; \\ L_{p_2} \end{cases};$$

де: $L_{p_1} = L + \Delta l_n$;

$L_{p_2} = 0,96(L + \Delta l_n + \Delta l_k)$;

$\Delta l_n = 1,98$ м – приріст довжини судна в носовому краю за рахунок збільшення осадки;

$\Delta l_k = 5,2$ м – приріст довжини судна в кормовому краю за рахунок збільшення осадки;

$$L_{p_1} = 197,3 + 1,98 = 199,28 \text{ м};$$

$$L_{p_2} = 0,96(197,3 + 1,98 + 5,2) = 196,30 \text{ м};$$

$$L_p = \max \begin{cases} 199,28 \\ 196,30 \end{cases} = 199,28 \text{ м.}$$

Коефіцієнт загальної повноти розраховано, як:

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

$$C_{Bp} = \frac{V_p}{L_p \cdot B_p \cdot d_p},$$

де V_p – об’ємна водотоннажність без урахування виступаючих частин при розрахунковій осадці d_p , м³, яка визначається за формулою:

$$V_p = V_{BVL} \cdot \left(\frac{d_p}{d} \right)^{C_w/C_B}$$

де: V_{BVL} – об’ємна водотоннажність до ВВЛ, м³;

$$V_{BVL} = \frac{\Delta}{K \cdot \gamma}$$

$$V_{BVL} = \frac{52100}{1,01 \cdot 1,025} = 50338$$

Тоді:

$$V_p = 50338 \left(\frac{14,70}{11,6} \right)^{0,863/0,776} = 65632 \text{ м}^3.$$

$$C_{Bp} = \frac{65632}{199,28 \cdot 25,40 \cdot 14,70} = 0,882$$

Мінімальний надводний борт знаходиться за формулою:

$$F_{\min} = (F_0) \cdot X_g + \Delta_1 - \Delta_2 + \Delta_3 + \Delta_4, \text{ мм.}$$

де: F_0 - базисний надводний борт для розрахункової довжини;

визначається за таблицею 4.1.3.2 []:

$$F_0 = 2612 \text{ мм};$$

$$X_g = \frac{C_{Bp} + 0,68}{1,36} = \frac{0,882 + 0,68}{1,36} = 1,14$$

Δ_1 – поправка на висоту борта, мм

$$\Delta_1 = \left(D - \frac{L_p}{15} \right) R,$$

$R = 250$ м, при довжині судна 120 та більше;

$$\Delta_1 = \left(17,3 - \frac{197,3}{15} \right) 250 = 1036 \text{ мм.}$$

$\Delta_2 = 0$ – поправка на положення палубної лінії;

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

Δ_2 – відрахування на надбудови і ящики; вводиться для суден різного типу; $\Delta_2 = 1070$ мм для суден довжиною 120 м і більше;

Якщо судно має розрахункову довжину надбудов і ящиків менше ніж $1,0L_p$, тоді відрахування Δ_2 помножується на коефіцієнт K_H ;

$$K_H = f(E/L_p);$$

Приймаємо $K_H = 0,196$, тоді:

$$\Delta_2 = 1070 \cdot 0,196 = 210 \text{ мм}$$

Δ_3 – поправка, враховуюча відхилення від стандартного профілю сідлуватості; ординати стандартного профілю стандартної сідлуватості та коефіцієнтів f_i , розраховується в табл. 2.1

Таблиця 2.1 Розрахунок профілю стандартної сідлуватості.

Положення ординати		Ордината Z_i , мм	f	$Z_i \cdot f$
Кормова половина	Кормовий перпендикуляр	$25(L_p/3+10)=1925$	1	1925
	1/6 L від КП	$11,1(L_p/3+10)=854$	3	2564
	1/3 L від КП	$2,8(L_p/3+10)=215$	3	645
	Середина довжини судна	0	1	0
Носова половина	Середина довжини судна	0	1	0
	1/3 L від НП	$5,6(L_p/3+10)=431$	3	1293
	1/6 L від НП	$22,2(L_p/3+10)=1709$	3	5128
	Носовий перпендикуляр	$50(L_p/3+10)=3850$	1	3850

Судно що проектується, не має сідлуватості. Таким чином профіль сідлуватості відрізняється від стандартного, у зв'язку з чим визначається недолік сідлуватості для носової і кормової половини судна за формулами:

– недолік сідлуватості в носу:

$$\Delta C_K = \frac{\sum Z_{icm}^k \cdot f_i}{8} = \frac{(1925 + 2564 + 645)}{8} = 642$$

– недолік сідлуватості в кормі:

$$\Delta C_H = \frac{\sum Z_{icm}^k \cdot f_i}{8} = \frac{(1293 + 5128 + 3850)}{8} = 1283$$

– недолік сідлуватості по судну взагалі:

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

$$\Delta C = \frac{\Delta C_H + \Delta C_K}{2}, \text{ мм}$$

$$\Delta C = \frac{642 + 1283}{2} = 962 \text{ мм}$$

Поправка Δ_3 визначається за формулою:

$$\Delta_3 = \Delta C \left(0,75 - \frac{S}{2 \cdot L} \right),$$

де: $S = 52,00$ м – сумарна довжина закритих надбудов;

$$\Delta_3 = 962 \left(0,75 - \frac{52,00}{2 \cdot 197,3} \right) = 594 \text{ мм}$$

Δ_4 – поправка на положення палубної лінії, мм; $\Delta_4 = 0$ мм.

Таким чином мінімальний надводний борт буде дорівнювати:

$$F_{min} = 2612 \cdot 1,14 + 1036 - 210 + 594 = 4397 \text{ мм.}$$

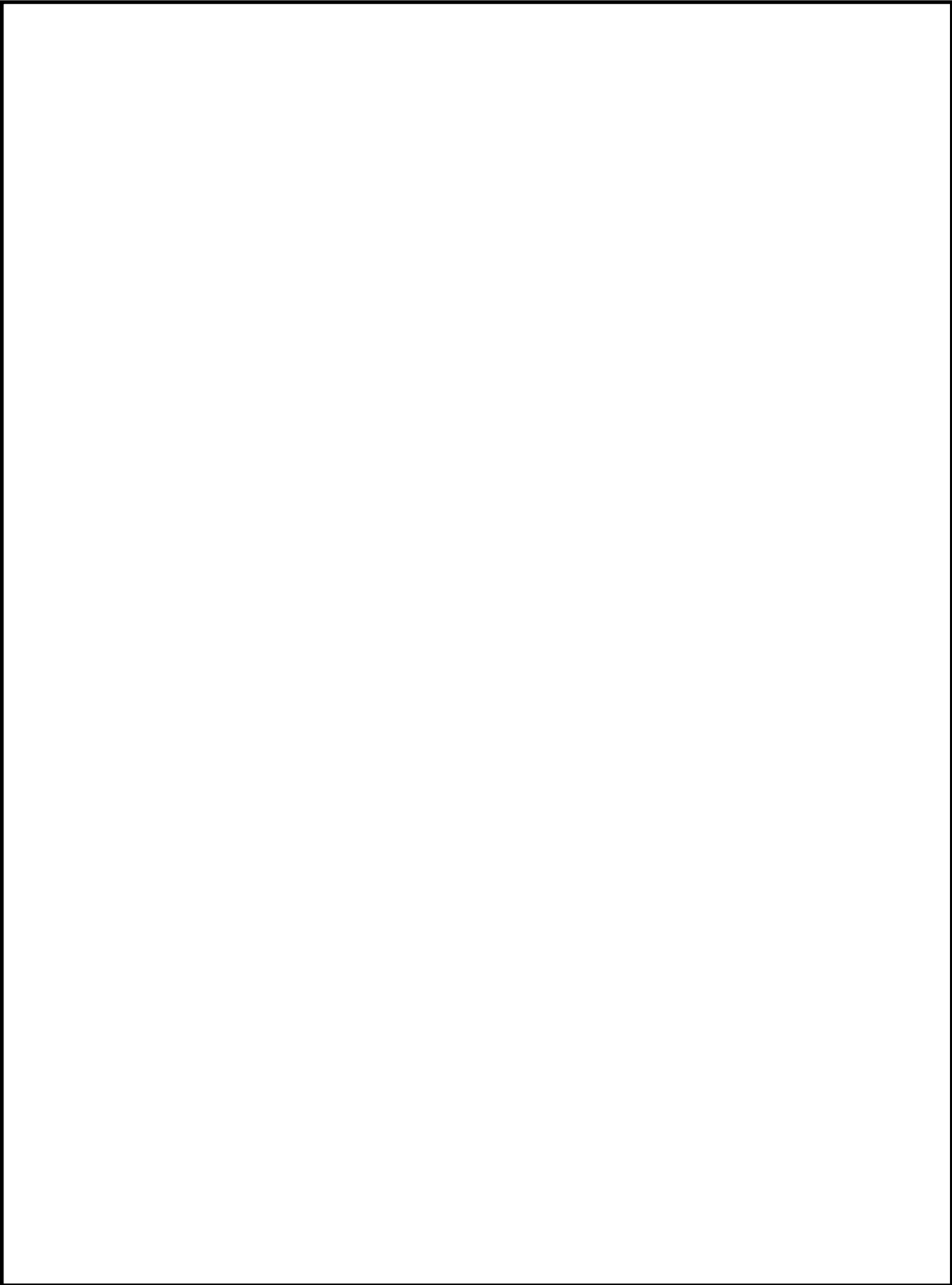
Максимально допустима осадка визначається за формулою:

$$d_{max} = D_p - F_{min}, \text{ м}$$

$$d_{max} = 17,30 - 4,40 = 12,90 \text{ м}$$

Таким чином $d_{max} \geq d_{ВВЛ}$, значить судно, що проектується, задовольняє вимогам Правил Регістру про мінімальний надводний борт морських суден.

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



					ДРБ.135.4111.03.ПЗ.03		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Федак			Проектування конструктивного мідель- шпангоута	Літ.	Арк.
Консульт.		Соценко					38
Керівник		Соценко				ХННІ НУК	
Зав. кафедр.		Щедролосєв					

3 ПРОЄКТУВАННЯ КОНСТРУКТИВНОГО МІДЕЛЬ-ШПАНГОУТА

3.1 Загальні відомості про судно, що проектується

3.1.1 Опис архітектурно-конструктивного типу судна

Судно призначене для перевезення наливних вантажів, зерна і інших укрупнених уніфікованих вантажів, з кормовим розташуванням машинного відділення, коротким баком, носовою кінцевістю з бульбом, транцевою кормою. Судно має надлишковий надводний борт, однопалубне, з подвійним дном і подвійними бортами. Палубні перекриття, подвійні борти і подвійне дно мають повздовжню систему набору.

Набір корпусу судна виконуємо за Правилами Регістру судноплавства України.

3.1.2 Вибір шпациї

Нормальна шпация в середній частині судна визначається за формулою:

$$a_0 = 0,002 \cdot L + 0,48, \text{ м}$$

де $L = 141,8$ м – довжина судна між перпендикулярами,

$$a_0 = 0,002 \cdot 197,3 + 0,48 = 0,736 \text{ м}$$

Правилами [] дозволяється відхилення взятої шпациї від нормальної в межах 25%. Розраховану величину округлюємо до значення стандартної шпациї і приймаємо

$$a_0 = 0,9 \text{ м.}$$

Ширина горизонтального кіля визначається за формулою:

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

$$b_k = 800 + 5 \cdot 197,3 = 1400,5 \text{ мм;}$$

приймаємо $b_k = 1800$ мм;

Ширину ширстрека приймаємо 1800 мм;

Ширина палубного стрингера визначається за формулою:

$$b_c = 800 + 5L \leq 1800 \text{ мм;}$$

Приймаємо ширину палубного стрингера $b_c = 1400$ мм

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

Висота вертикального кіля (подвійного дна) повинна бути не менш

$$h_{BK} = \frac{L - 40}{570} + 0,04 \cdot B + 3,5 \cdot \frac{d}{L} \text{ м}; \quad (9.1)$$

$$h_{BK} = \frac{197,3 - 40}{570} + 0,04 \cdot 25,4 + 3,5 \cdot \frac{11,6}{197,3} = 1,0 \text{ м},$$

приймаємо $h_{BK} = 1,0 \text{ м}$;

3.1.3 Вибір марки матеріалу

Для виготовлення корпусу судна за рекомендацією Правил, а також у залежності від рівня відповідальності, умов роботи і з міркувань економічності для конструкцій верхньої палуби, комінгсу люків, ширстреку і верхнього поясу обшивки внутрішнього борту вибираємо суднобудівну сталь підвищеної міцності категорії A36, для інших конструкцій – суднобудівну сталь нормальної міцності категорії A. Характеристики цих сталей приведені в табл. 4.1.

Таблиця 3.1 Механічні властивості суднобудівних сталей

Категорія (марка) сталі	Межа міцності σ_B , МПа	Межа плинності R_{EH} , МПа	Відносне подовження δ , %	Нижня температура, $^{\circ}\text{C}$	Коефіцієнт використання механічних властивостей, η
A36(10Г2С1)	490-620	355	21	-60	0,72

За розрахункові характеристики матеріалу конструкцій корпусу приймаємо верхню межу плинності і розрахункові нормативні межі плинності за нормальними і дотичними напруженнями, визначаємо за формулами:

$$\sigma_H = \frac{235}{\eta}, \quad \tau_H = 0,57 \cdot \sigma_H, \text{ МПа:}$$

$$\text{для категорії A} \quad \sigma_H = \frac{235}{1} = 235 \text{ МПа}, \quad \tau_H = 0,57 \cdot 235 = 134 \text{ МПа};$$

$$\text{для категорії A36} \quad \sigma_H = \frac{235}{0,72} = 326 \text{ МПа}, \quad \tau_H = 0,57 \cdot 326 = 186 \text{ МПа}.$$

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

3.2 Основні положення по визначенню розмірів в'язів

3.2.1 Вимоги до розмірів елементів конструкцій корпусу

Момент опору, см^3 , площі поперечного перерізу, за вимогами Правил Регістру [] для складених балок, визначається за формулою:

$$W = W' + \Delta W, \quad (9.2)$$

$$W' = \frac{Q \cdot l \cdot 10^3}{m \cdot k_\sigma \cdot \sigma_H},$$

де W – момент опору балки без урахування запасу на знос і корозію, см^3 ;

$Q = Pal$ – поперечне навантаження на балку, кН ;

P – розрахунковий тиск на обшивку (настил), кПа ;

a – відстань між балками, м ;

l – прогін балки, м ;

m, k_σ – коефіцієнти згинаючого моменту і допустимих напружень, що визначаються у відповідних розділах Правил Регістру;

ΔW – доповнення частини моменту опору на знос та корозію, см^3 ;

σ_H – нормативна межа плинності за нормальними напруженнями, МПа

Момент опору площі поперечного перерізу балки штабового профілю з ребром жорсткості, що враховується як вільний поясок при призначених значеннях висоти і товщини стінки балки і ребра жорсткості визначається за формулою:

$$W = h \left[F_1 + \frac{F}{6} \left(2 - \frac{2F_1 + F}{2F_2 + F} \right) \right], \text{см}^3, \quad (9.3)$$

де h – відстань ребра жорсткості від основи балки, см ;

$F = h_c S_c$ – площа перетину стінки балки, см^2 ;

$F = b_{III} S_{III}$ – площа приєднаного пояску, см^2 ;

b_{III}, S_{III} – товщина й ширина приєднаного пояску відповідно, см ;

$b_{III} = l/6$ – для балок основного набору, $b_{III} = kc$ – для балок рамного набору,

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

де k визначається за табл. 1.6.3.4[], c – відстань між балками, м;

$F_1 = b_{PЖ} S_{PЖ}$ – площа перетину ребра жорсткості, см^2 .

Момент інерції площі поперечного перерізу балки штабового профілю з ребром жорсткості визначається за формулою:

$$i = \frac{h_c^2}{1 + \frac{2F_1 + F}{2F_2 + F}} \cdot \left[F_1 + \frac{F}{6} \left(2 - \frac{2F_1 + F}{2F_2 + F} \right) \right], \text{см}^4$$

Товщина обшивки або настилу визначається за формулою:

$$S = m \cdot a \cdot k \cdot \sqrt{\frac{P}{k_\sigma \sigma_H}} + \Delta S \text{ мм},$$

де m, k_σ – коефіцієнти згинаючого моменту і допустимих напружень, що визначаються у відповідних розділах Правил Регістру;

a – відстань (шпация) між розглядуваними балками, м;

P – розрахунковий тиск на обшивку (настил), кПа ;

$k = 1,2 - 0,5 (a/b) \leq 1$;

a, b – менший і більший розміри сторін опорного контуру листового елемента, м;

σ_H – нормативна межа плинності за нормальними напруженнями, МПа (див. п. 9.1.3.)

ΔS – запас на знос і корозію, мм;

3.2.2 Мінімальні товщини елементів корпусу

Будівельні товщини елементів корпусу, що визначаються з умови міцності і стійкості, у всіх випадках повинні бути не менш наступних мінімальних значень:

- для зовнішньої обшивки днища і бортів:

$$S_{\min} = (5,5 + 0,04 \cdot L) \sqrt{\eta} = (5,5 + 0,04 \cdot 128,2) \sqrt{1} = 10,6 \text{ мм};$$

- для горизонтального кіля:

$$S_{\min} = (5,5 + 0,04 \cdot L) \sqrt{\eta} + 2 = (5,5 + 0,04 \cdot 128,2) \sqrt{1} + 2 = 12,6 \text{ мм};$$

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

- для настилу верхньої палуби:

$$S_{\min} = (7 + 0,02 \cdot L) \sqrt{\eta} = (7 + 0,02 \cdot 128,2) \sqrt{1} = 9,5 \text{ мм};$$

- для настилу другого дна:

$$S_{\min} = (5 + 0,035 \cdot L) \sqrt{\eta} + 2 = (5 + 0,035 \cdot 128,2) \sqrt{1} + 2 = 7,9 \text{ мм};$$

- для вертикального кіля:

$$S_{\min} = 0,025 \cdot L + 7 = 0,025 \cdot 128,2 + 7 = 10,2 \text{ мм};$$

- для суцільних флорів і днищових стрингерів:

$$S_{\min} = 0,035 \cdot L + 6 = 0,035 \cdot 128,2 + 6 = 10,4 \text{ мм};$$

- для елементів конструкції усередині другого дна (включаючи балки основного набору, ребра жорсткості, книці і т.п.):

$$S_{\min} = 0,025 \cdot L + 5,5 = 0,025 \cdot 128,2 + 5,5 = 8,7 \text{ мм};$$

- для діафрагм і платформ подвійних бортів:

$$S_{\min} = 0,018 \cdot L + 6,2 = 0,018 \cdot 128,2 + 6,2 = 8,5 \text{ мм};$$

- для елементів конструкцій бортового набору в цистернах для прийому водяного баласту й обшивки внутрішнього борту:

$$S_{\min} = 0,02 \cdot L + 6,7 = 0,02 \cdot 128,2 + 6,7 = 9,2 \text{ мм}.$$

Мінімальна товщина будь-яких в'язів корпусу повинна бути не менш 4 мм.

3.2.3 Урахування зносу і корозії в'язів корпусу

Урахування впливу зносу й корозії на розміри в'язів корпусу заснований на нормуванні міцності до середини терміну експлуатації конструкції. Необхідна за Правилами Регістру товщина для листових конструкцій визначається за формулою:

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

S' – товщина листа, мм, що відповідає середині терміну служби судна;

ΔS – запас на знос і корозію, мм;

u – середньорічне зменшення товщини в'язі, мм/рік, унаслідок корозійного зносу або стирання;

T – планований термін служби конструкції, роки;

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

приймаємо $T = 24$ роки.

Значення u відповідно до Правил Регістру і розрахункове значення ΔS приведені в табл. 4.2.

Таблиця 3.2 Урахування зносу й корозії листових конструкцій

Номер пункту Правил	Елементи конструкції корпусу	u , мм/рік	ΔS , мм
1.1	Настил верхньої палуби	0,1	1,2
2.3.1.2	Бортова обшивка в районі надводного борту	0,21	2,52
2.3.2.2	Бортова обшивка в районі змінних ватерліній	0,21	2,52
2.3.3.2	Бортова обшивка нижче району змінних ватерліній	0,18	2,16
3.2.3	Днищова обшивка	0,2	2,4
4.1.2	Настил другого дна у вантажному трюмі	0,15	1,8
4.2.2	Міждонний лист	0,2	2,4
5.5.3	Обшивка внутрішнього борту	0,16	1,92
6.1.6	Повздовжні палубні балки	0,18	2,16
6.2.6	Рамні бімси палуб та платформ	0,21	2,52
6.3	Комінгс вантажних люків	0,1	1,2
9.1.6	Повздовжні балки, рамні шпангоути та стрингери бортів	0,21	2,52
8.2.3	Вертикальний кіль, днищові стрингера, флори та повздовжні балки днища та другого дна	0,2	2,4

Для складених зварних балок: ΔW – доповнення моменту опору, см^3 , розраховане збільшенням товщини елементів профілю на величину :

$$\Delta W = 0,1h_c \Delta S \left[b + \frac{h_c}{6} \left(2 - \frac{2b + h_c}{2b_{\text{III}} + h_c} \right) \right], \quad (9.6)$$

де h_c – висота стінки балки, см;

ΔS – запас на знос і корозію, мм (див. табл. 9.2);

b, b_{III} – ширина вільного і приєднаного поясків балки, см.

3.2.4 Стійкість елементів конструкції корпусу

Стійкість конструкції вважається забезпеченою, якщо виконується умова:

$$k\sigma_c \leq \sigma_{cr}; \tau_c \leq \tau_{cr},$$

де σ_c, τ_c – нормальні стискаючі та дотичні напруження, МПа; k – коефіцієнт запасу за умовою стійкості; σ_{cr}, τ_{cr} – критичні напруження, МПа.

Ейлерові напруження для повздовжніх балок основного набору визначаються за формулою:

$$\sigma_e = (206 \cdot i) / (f \cdot l^2), \text{ МПа}$$

де i – момент інерції балки з приєднаним пояском, см⁴, розрахований за формулою (9.4) при $F_1 = 0$ для товщини, зменшеної на величину ΔS (див. табл. 1.6.5.5-2, []); $f = F + F_2$, см² – площа поперечного перерізу балки з приєднаним пояском розрахована для товщини, зменшеної на величину ΔS ; l – прогін балки, м.

3.3 Розрахункові навантаження

3.3.1 Зовнішні навантаження на корпус судна

Розрахункові навантаження на корпус судна зі сторони моря визначаються статичним P_{st} та хвильовим P_w тиском води. Статичний тиск для точок, розміщених нижче вантажної ватерлінії (ВВЛ), визначається за формулою:

$$P_{st} = 10z_i, \text{ кПа},$$

де z_i – відстань точки прикладання навантажень від вантажної ватерлінії, м.

Розрахунковий тиск для точок прикладання навантажень нижче ВВЛ:

$$P = P_w + P_{st}, \text{ кПа};$$

Хвильовий тиск:

для точок прикладання навантажень нижче ВВЛ:

$$P_w = P_{w0} - 1,5C_w z_i / d, \text{ кПа} \quad \text{для точок прикладання навантажень вище ВВЛ:}$$

$$P_w = P_{w0} - 9,5a_x z_i, \text{ кПа}$$

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

де $d = 5,16$ м – осадка судна по ВВЛ;

P_{w0} – хвильовий напір на рівні ВВЛ, кПа, що визначається за формулою:

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

C_w – хвильовий коефіцієнт, що визначається за формулою:

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

$$\text{для } L = 128,2 \text{ м} \quad C_w = 10,75 - \left(\frac{300 - 128,2}{100} \right)^{3/2} = 9,0;$$

$$a_v = 0,8V_0(L/10^3 + 0,4)/\sqrt{L} + 1,5; \quad a_x = k_x(1 - 2x_1/L) \geq 0,269,$$

$V_0=12$ вуз – специфікаційна швидкість судна;

$k_x=0,8$ – для поперечного перерізу в ніс від міделя;

x_1 – відстань розглянутого поперечного перерізу від найближчого (носового чи кормового) перпендикуляра, м;

приймаємо $x_1 = L/2 = 64,1$ м. Отже

$$a_v = 0,8 \cdot 12 \cdot (128,2/10^3 + 0,4)/\sqrt{128,2} + 1,5 = 1,94;$$

$$a_x = 0,8 \cdot (1 - 2 \cdot 64,1/128,2) = 0;$$

приймаємо $a_x = 0,269$;

$$a_v \cdot a_x = 1,94 \cdot 0,269 = 0,518,$$

приймаємо $a_v \cdot a_x = 0,52$;

$$P_{w0} = 5 \cdot 9 \cdot 0,52 = 23,4 \text{ кПа.}$$

Тиск P_w вище ВВЛ повинний бути не менш P_{min} , кПа, що визначається за формулою:

$$P_{min} = 0,03L + 5 = 0,03 \cdot 128,2 + 5 = 8,8 \text{ кПа.}$$

3.3.2 Навантаження від перевозимого вантажу і баласту

Максимально припустимий тиск від вантажу, що діє на конструкції трюму у вертикальній площині, приймається такий же як і у прототипу:

$$P_{rz} = 98,5 \text{ кПа.}$$

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

Розрахунковий тиск від вантажу, що діє на конструкції трюму в горизонтально-поперечному напрямку, визначається за формулою:

$$P_{ry} = (F_1 + F_2 + F_3 + F_4)/h_k,$$

де $F_1 = F_3 = 225$ кПа, $F_2 = F_4 = 225$ кН – навантаження від контейнерів на одиницю довжини трюму, що розподіляється по його висоті, у місцях кріплення контейнерів один з одним, прийняте за прототипом;

$h_k = 8.1$ м – висота укладання контейнерів;

$$P_{ry} = (225 + 225 + 225 + 225)/8.1 = 111 \text{ кПа.}$$

Розрахунковий тиск від вантажу, що перевозиться на кришках вантажних люків, приймається за прототипом $P = 1$ кПа.

Розрахунковий тиск на конструкції, що обмежують баластні цистерни (у подвійному дні і бортах) визначається за формулою:

$$P_{bl} = \rho_o g z_i + p_k, \text{ кПа}$$

де $\rho_o = 1,025$ т/м³ – щільність водяного баласту;

$g = 9,81$ м/с² – прискорення вільного падіння;

z_i – відстань розглянутої в'язі від рівня верхньої палуби, вимірювана у діаметральній площині, м;

$p_k = 15$ кПа – тиск запобіжного клапану.

Розрахунковий тиск на конструкції діафрагм визначається за формулою:

$$P = 9,5 z_n, \text{ кПа}$$

де z_n – відстань від точки прикладання навантаження до верхньої палуби, м.

3.3.3 Розрахункові навантаження на елементи конструкції корпусу

3.3.3.1 Зовнішній тиск на обшивку днища і борту визначаємо за формулами (9.9) – (9.13) для шести точок

1) на рівні днища $z_1 = d = 5,16$ м,

2) $P_{st} = 10 \cdot 5,16 = 51,6$ кПа,

$$P_w = 23,4 - 1,5 \cdot 9 \cdot 5,16 / 5,16 = 9,9 \text{ кПа,}$$

$$P_1 = 9,9 + 51,6 = 61,5 \text{ кПа,}$$

3) на рівні другого дна $z_2 = 5,16 - (1,0 + 0,2) = 3,96$ м,

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

$$4) \quad P_{st} = 10 \cdot 3,96 = 39,6 \text{ кПа},$$

$$P_w = 23,4 - 1,5 \cdot 9 \cdot 3,96 / 5,16 = 13 \text{ кПа},$$

$$P_2 = 13 + 39,6 = 52,6 \text{ кПа},$$

$$3) \text{ на рівні } 0,4D \text{ від ОП } z_3 = 5,16 - 0,4 \cdot 8,1 = 1,92 \text{ м},$$

$$P_{st} = 10 \cdot 1,92 = 19,2 \text{ кПа},$$

$$P_w = 23,4 - 1,5 \cdot 9 \cdot 1,92 / 5,16 = 18,39 \text{ кПа},$$

$$P_3 = 18,39 + 19,2 = 39,59 \text{ кПа},$$

$$4) \text{ на рівні } 0,5D \text{ від ОП } z_4 = 5,16 - 0,5 \cdot 8,1 = 1,11 \text{ м},$$

$$P_{st} = 10 \cdot 1,11 = 11,1 \text{ кПа},$$

$$P_w = 23,4 - 1,5 \cdot 9 \cdot 1,11 / 5,16 = 20,4 \text{ кПа},$$

$$P_4 = 20,4 + 11,1 = 31,5 \text{ кПа},$$

$$5) \text{ на рівні ВВЛ } z_5 = 0, \quad P_{st} = 0,$$

$$P_5 = P_{w0} = 23,4 \text{ кПа},$$

$$6) \text{ на рівні верхньої палуби } z_6 = D - d = 8,1 - 5,16 = 2,94 \text{ м},$$

$$P_w = 23,4 - 9,5 \cdot 0,269 \cdot 2,94 = 19,5 \text{ кПа},$$

$$P_6 = 19,5 \text{ кПа}.$$

3.5 Проектування елементів конструкції корпусу судна за Правилами Регістру

3.5.1 Проектування зовнішньої обшивки корпусу

Товщина зовнішньої обшивки з умови міцності визначається за формулою ,
де $m = 15,8$; k_σ – визначається в залежності від висоти поясу обшивки:

$k_\sigma = 0,6$ – для обшивки дна при подовжній системі набору,

$k_\sigma = 0,6$ – для обшивки борту на рівні $(0,4 \dots 0,5) D$ від основної площини,

$k_\sigma = 0,6$ – для обшивки борту на рівні верхньої палуби;

P – більше зі значень внутрішнього чи зовнішнього розрахункових тисків для розрахункових точок ,кПа;

$\sigma_n = 235 \text{ МПа}$; для ширстрека $\sigma_n = 326 \text{ МПа}$;

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

менший розмір пластини (поперечна шпация) приймаємо для днища $a=0,65$ м, для борту $a = 0,9$ м, у районі ширстреку $a = 0,6$ м.

$$b = 2a_0 = 1,3 \text{ м}; \Delta S$$

Розрахункові стискаючі напруги визначаються за формулою:

$$\sigma_c = \frac{M_T}{I} z_i \cdot 10^5 \text{ Мпа},$$

де M_T – розрахунковий згинаючий момент

що викликає перегин судна $M_T = 935 \cdot 10^3$ кН·м,

виникаючий прогин судна $M_T = 944 \cdot 10^3$ кН·м.

Таблиця 3.3 Розрахунок товщини зовнішньої обшивки на міцність

Розрахункові величини та позначення	Обшивка днища	пояс Надскуловий обшивки борта	Обшивка борта в межах 0,4D	Обшивка борта в межах 0,5D	Обшивка борта на рівні ВВЛ	Обшивка борта на рівні верхньої палуби
	Розрахункові точки					
	1	2	3	4	5	6
Менший розмір пластини a , м	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
Більший розмір пластини b , м	1,3	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4
Відношення a/b	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Коефіцієнт $k = 1,2 - 0,5a/b$	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95
Розрахункове навантаження P , кПа	61,5	52,6	39,59	31,5	23,4	19,5
Коефіцієнт k_σ	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
$S' = 15,8 \cdot a \cdot k \cdot \sqrt{\frac{P}{k_\sigma \cdot \sigma_n}}$, мм	11,9	10,98	9,39	8,92	9,4	2,98
Додаток до товщини ΔS , мм	2,4	2,52	2,52	2,52	2,52	2,52

Товщина пластини $S = S' + \Delta S$, мм	14,1	13,3	11,91	11,24	9,92	5,5
---	------	------	-------	-------	------	-----

3.5.2 Проектування конструкцій набору подвійного дна

Набір подвійного дна розташований між настилом другого дна і зовнішньою обшивкою. Опорним контуром днищового перекриття є два борти і дві суміжні водонепроникні перегородки.

проектується за повздовжньою системою набору. Основний набір перекриття – це повздовжні балки днища і другого дна, розташовані через одну шпацию $a = 0,8$ м. Суцільні флори розташовуються через кожні дві шпациї $a_0 = 1,6$ м, водонепроникні флори – під кожною поперечною перебіркою. У діаметральній площині судна (ДП) розташований вертикальний кіль. Висота суцільного флора дорівнює висоті вертикального кіля $h_{фл} = 1,0$ м.

Згідно розрахункам набору корпусу побудовано креслення мідель– шпангоут.

Висновок

За результатами розрахунків елементів корпусу судна - листових конструкцій з урахуванням вимог міцності та стійкості, спроектовано мідель – шпангоут, який задовольняє вимогам Регістру.

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

					ДРБ.135.4111.03.ПЗ.04		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.	Федак				Технологічний процес виготовлення поперечної гофрованої переборки	Літ.	Арк.
Консульт.	Щедролосєв						38
Керівник	Соценко					ХННІ НУК	
Зав. кафедр.	Щедролосєв						

4 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС ВИГОТОВЛЕННЯ ПОПЕРЕЧНОЇ ГОФРОВАНОЇ ПЕРЕБІРКИ

4.1 Конструктивні особливості секції

4.1.1 Тип секції: поперечна гофрована перебірка.

4.1.2 Район розташування: 82 шпангоут.

4.1.3 Маса секції: 10738 кг.

4.1.4 Система набору: поздовжня.

4.1.5 Крок між гофрами: 530 мм.

4.1.6 Характеристика секції: перебірка складається з 3-х листів трапецієподібного гофра. Кожний лист складається з 21 звареного гофра. Габаритні розміри секції: ширина – 11,1 м, висота – 7,2 м.

4.1.7 Категорія матеріалу. Секція складається зі сталі категорії D32.

Таблиця 4.1 – Хімічний склад сталі категорії D32 [17]

Хімічний елемент	Кількість, %
Кремній, Si	0,15 – 0,37
Марганець, Mn	0,6 – 1,4
Сірка, S	до 0,04
Фосфор, P	до 0,04
Вуглець, C	до 0,21
Алюміній, Al	0,015 – 0,06

4.2 Зварні з'єднання і припуски

Таблиця 4.2 – Схема зварних з'єднань

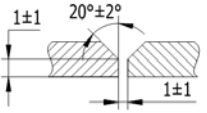
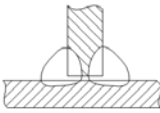
№28			ГОСТ 14771-76-С21-УП
№63			ГОСТ 14771-76-Т3-УП-Д5
№64			ГОСТ 14771-76-Т3-УП-Д6

Схема припусків наведена на рисунку 4.1

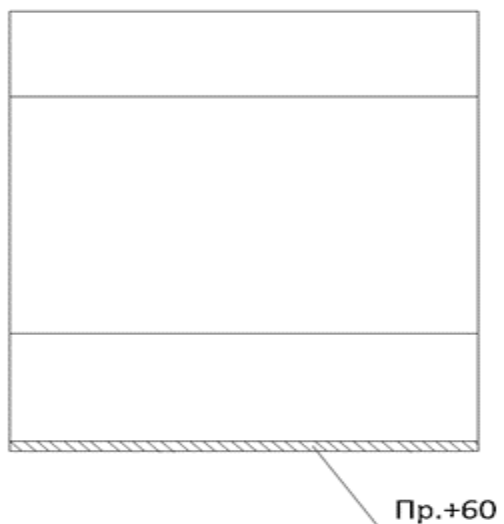


Рис. 4.1 – Схема припусків

4.3 Технологія виготовлення вузлів

Таблиця 4.3 Вузли секції

№ вузла	Ескіз	Деталі, які входять у вузол
1		Гофр
2	 1 2 19 20	Трапецієподібний профіль
3	 1 2 19 20	Трапецієподібний профіль

4.4 Гнуття елементів гофра на гідравлічному пресі з використанням універсального штампу

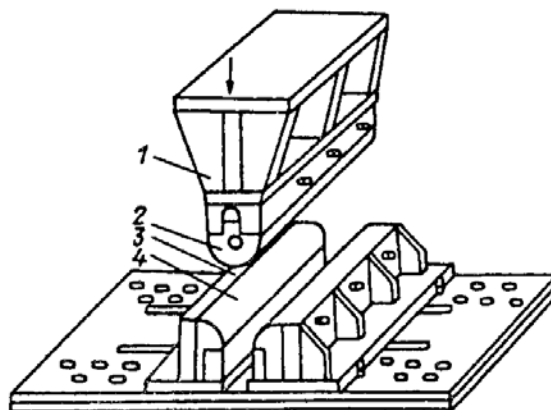


Рис. 4.2 - Універсальний штамп для гнуття листових деталей [11]

1 – тримач пуансона; 2 - змінний пуансон; 3 - тримач матриці; 4- змінні матриці

4.4.1 В штамп встановлюють матриці та пуансон відповідної форми.

4.4.2 На листі металу наносять лінії гнуття відповідно до розрахункової технологічної схеми (рис. 7.3).

4.4.3 На матрицю вкладають лист.

4.4.4 Натисненням пуансона на 1-у лінію згинають ділянку листа.

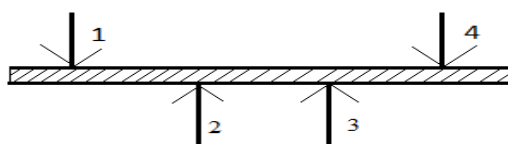


Рисунок 4.3 - Напрямки гнуття

4.4.5 Перевіряють вигин кутовим шаблоном.

4.4.6 За допомогою крану лист перевертають.

4.4.7 Натисненням пуансона на 2-у лінію згинають наступну ділянку листа.

4.4.8 Перевіряють вигин кутовим шаблоном.

4.4.9 Натисненням пуансона згинають лист по лінії 3.

4.4.10 Перевіряють вигин кутовим шаблоном.

4.4.11 За допомогою крану лист перевертають.

4.4.12 Натисненням пуансона на 4-у лінію згинають останню ділянку листа.

					ДРБ.135.4111.03.ПЗ.04	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4.4.13 Перевіряють вигин кутовим шаблоном.

4.4.14 Перевіряють вигин шаблоном в 3-х місцях гофра (початок, середина та кінець гофрованого листа).

4.4.15 За допомогою крану знімають готовий гофрований лист з матриці.

4.4.16 Гнуття всіх інших гофрованих листів полотна виконується за п.п. 4.4.1 - 4.4.15.

4.5 Технологічний процес виготовлення вузла №2 на стенді

4.5.1 Підготувати стенд.

4.5.2 Видалити тимчасові кріплення на стенді, зачистити місця їх приварювання, перевірити стенд на горизонтальність і прямолінійність згідно ОСТУ 5.9324-79.

4.5.3 Краном встановити на стенд лекала та закріпити, перевіряючи збіг ліній на лекалах з установними лініями на стенді; положення лекал по горизонту, вертикалі, збіг ліній вісей та пазів гофрів (за допомогою натягнутої струни).

4.5.4 Краном подати деталь №1.

4.5.5 Краном подати деталь №2.

4.5.6 Зістикувати деталі між собою згідно креслення.

4.5.7 Закріпити елементи гофра за допомогою електромагнітів.

4.5.8 Здати конструкцію під зварювання.

4.5.9 Виконати зварювання згідно з ГОСТ 1477-76-С21-УП.

4.5.10 Виконати складання та зварювання наступних листів вузла (3-20) згідно з п.п. 4.4.2 – 4.4.9.

4.5.11 Виконати контроль якості зварних з'єднань згідно з ОСТ 5.1093-78.

4.5.12 Виправити дефекти зварних з'єднань згідно з ОСТ 5.1078-76.

4.5.13 Здати вузол на комплектність і якість.

4.5.14 Маркувати вузол.

4.6 Технологічний процес виготовлення вузлів №3 і №4 на стенді

Технологічний процес виготовлення вузлів №3 та №4 виконується відповідно до технологічного процесу виготовлення вузла №2.

					ДРБ.135.4111.03.ПЗ.04	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4.7 Обґрунтування вибору та розрахунок засобів оснащення

Так як секція має габарити: $L = 11,1$ м та $B = 7,2$ м, обираємо наступний тип оснащення [7, 11]:

- залізобетонний стенд: $L_{ст}$ — довжина стенда; $B_{ст}$ — ширина стенда; якщо довжина секції $L = 11,1$ м, то довжина стенда повинна бути

$$L_{ст} = 1,5L = 1,5 \cdot 11,1 = 16,7 \text{ м.}$$

До ширини стенда пред'являються аналогічні умови:

$$B_{ст} = 1,5B = 1,5 \cdot 7,2 = 10,8 \text{ м; приймаємо } B_{ст} = 11 \text{ м.}$$

- металеві лекала, які мають форму гофри;
- сталеві тумби для встановлення секції в горизонт після кантування.

4.8 Технологічний процес виготовлення гофрованої перебірки

4.8.1 Підготувати площинний стенд для складання та зварювання секції: видалити тимчасові кріплення на стенді, зачистити місця їх приварювання; перевірити стенд на горизонтальність та прямолінійність за допомогою шлангового рівня.

4.8.2 Нанести на стенді установні лінії:

- лінію верхнього монтажного пазу;
- лінії місць встановлення лекал згідно креслення.

Допустимі відхилення ($\pm$) 1 мм. Лінії накернити. Здати відділу технічного контролю (ВТК).

4.8.3 Перевірити наявність контрольних ліній на лекалах. Краном встановити на стенд лекала та закріпити, перевіряючи: збіг ліній на лекалах з установними лініями на стенді; положення лекал по горизонту, по вертикалі, збіг ліній вісей та пазів гофрів (за допомогою натягнутої струни). Відхилення повинне бути не більше 1 мм. Встановлення лекал здати ВТК.

4.8.4 Краном укласти гофровані деталі на лекала, попередньо видаливши газовим різакон фіксуєчі планки. Перевірити прилягання деталей до лекал. Категорично забороняється ставити електроприхвачування на робочі кромки

					ДРБ.135.4111.03.ПЗ.04	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

лекал. Деталі гофрованого полотна обтиснути вантажами та кріпити за допомогою планок до лекал (на 100 мм нижче контрольної лінії на лекалі). Неприлягання гофрованого полотна до лекал в районі монтажного стику допускається не більше 3 мм і не більше 10 мм в районі проміжних лекал.

4.8.5 Перенести з лекал на гофровані деталі осьові лінії гофрів та накренити їх. Допускається не закріплювати полотно гофрів до проміжних лекал за допомогою планок. Складання полотна здати ВТК. Особливо ретельно перевірити прилягання гофрів до лекал та збіг осьових ліній гофрів на полотні з такими ж лініями на лекалах. Допустиме відхилення осьових ліній на гофрах та лекалах ($\pm$)1 мм. Зазори по пазах повинні бути не більше 3 мм.

4.8.6 Заварити полотно напівавтоматом за прохід. Зварювання виконати у відповідності з ГОСТ 14771-76-С21-УП. Здати ВТК.

4.8.7 Встановити обухи та жорсткості згідно схеми кантування та транспортування секції. Здати ВТК.

4.8.8 Приварити обухи та жорсткості. Здати зварювання ВТК.

4.8.9 Звільнити секцію від кріплень до лекал. Перевірити габарити секції, загальний згин у поздовжньому та поперечному напрямках. Перевірити секцію на скручування за допомогою ниток, натягнутих по діагоналях секції. Допустиме відхилення ниток у точці перетину повинне бути не більше 10 мм. Згин по висоті гофрів та вільним кромкам - 20 мм. Здати ВТК.

4.8.10 Перекантувати секцію. Краном зняти секцію з лекал та встановити у горизонт.

4.8.11 Нанести та накренити осьові лінії гофрів з іншого боку секції. Секцію встановити на тумби та закріпити до тумб за допомогою планок. Тумби мають бути приварені до стенду. Встановлення секції здати ВТК.

4.8.12 Виконати підварювання зварних з'єднань гофрованого полотна.

4.8.13 Перевірити зварні з'єднання на непроникність.

4.8.14 Зрізати кантувальні обухи, зачистити місця їх встановлення турбінкою.

					ДРБ.135.4111.03.ПЗ.04	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4.8.15 Виконати контурування секції зі сторони верхньої палуби та у районі з'єднання зі скулою. Обрізати контурувальний припуск. Здати ВТК.

4.8.16 Здати секцію на комплектність та якість.

4.8.17 Виконати ґрунтування секції.

4.8.18 Для встановлення секції на судно необхідно виготовити додатковий вузол для стикування верхньої кромки гофрованої секції з верхньою палубою.

4.9 Контурувальні та перевірочні роботи [8]

4.9.1 Контрування за плазовими ескізами. Цей вид контрування застосовується для площинних секцій. Порядок виконання робіт наступний.

- 1) Готову секцію укладають на рівний майданчик.
- 2) Згідно з ескізом на полотнищі секції будують взаємно перпендикулярні контрольні лінії, від них - контур полотнища, а потім лінії контуру секції (по набору).
- 3) На відстані 50 - 100 мм всередину від контуру секції будують контрольні лінії контуру.
- 4) Отримані точки з'єднують за допомогою нитки або гнучкої рейки і накернюють.
- 5) Секцію маркують: вибивають номери замовлення, секції, креслення, написи шпангоутів і розташування секції на судні «Ніс», «Корма», «Верх», «Низ» і т. д.
- 6) Виконують написи на контрольних лініях, вказуючи розмір від базових ліній на судні. Маркування секції обводять і дублюють фарбою.
- 7) Після закінчення складальних і зварювальних робіт та перевірки контуру секції виконують контрування її кромek з урахуванням монтажного припуску, якщо він передбачений.
- 8) Після перекантовування секції контрольні лінії переносять на зовнішню сторону секції, наносять положення теоретичних ліній середнього і крайніх шпангоутів, а також базові лінії (ДП, Мідель і т. д.).

					ДРБ.135.4111.03.ПЗ.04	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4.9.2 Перевірочні роботи при виготовленні секції гофрованої перебірки включають:

- перевірку розмірів і положення складального оснащення (стендів і постелей);
- розмітку полотен, перевірку розмірів і форми вузлів і секцій в процесі їх виготовлення, контурування секцій і нанесення контрольних ліній на готових конструкціях.

Таблиця 4.4 – Параметри, що перевіряються. Відхилення, що допускаються, методичні вказівки з перевірки складально-зварювального оснащення й устаткування для складання секцій [8]

Тип складально-зварювального оснащення	Параметр, що перевіряється	Відхилення, що допускаються, мм	Короткі методичні вказівки
Стенди	Горизонтальність	8 мм	15 м - ширина стенду. Горизонтальність перевіряти за допомогою шлангового рівня, теодолітом або нівеліром
	Площинність робочої поверхні	6 мм	Площинність на базі до 3 м перевіряти шергенем або ниткою. На базі більше 3 м - шланговим рівнем або теодолітом

Таблиця 4.5 - Параметри, що перевіряються. Відхилення, що допускаються, методика перевірки основних типів вузлів і секції з монтажними припусками [8]

Типова конструкція	Параметр, що перевіряється	Відхилення, що допускаються, мм	Короткі методичні вказівки
Площинні полотна	Прямо-лінійність «чистих» кромek	±2	Перевіряються після контурування та видалення припуску від контрольної лінії, яка розташована на відстані 50-100 мм від кромки
	Форма «чистих» прямолінійних кромek	4	Перевіряти як і форми днищового і рамного наборів
Площинні полотна	Довжина (ширина) секції, м: більше 10	±12	Довжину і ширину секцій перевіряють після зварювання не менше чим в 3-х точках, що співпадають з середньою і крайніми балками набору, монтажним пазом і кромками
Площинні секції	Різниця діагоналей	5	Перевірку діагоналей виконувати при розмітці контуру секції

4.10 Розрахунок трудомісткості виготовлення секції [10]

Технічне нормування встановлює норми часу, які виконують відповідальну функцію встановлення міри та системи оплати праці. Норма, як міра праці, є важливою частиною механізму управління працею та регулюванням заробітної платні. В нормуванні праці зацікавлений кожний робітник, так як при цьому виконується принцип оплати за виконану роботу. Технічне нормування повинно встановлювати розрахункові норми часу, які ґрунтуються на виявленні можливостей та використанні досягнень техніки, раціональної технології, передового досвіду та основ наукової організації праці. Воно повинно також сприяти всебічному виявленню та використанню резервів робочого часу.

Розрахунок трудомісткості виготовлення секції гофрованої перебірки наведено у таблиці 4.6.

Таблиця 4.6 – Розрахунок трудомісткості виготовлення секції [10]

№ технологічної операції	Розрахункова залежність	Числове значення	Числове значення, н – год
1. Згинання деталей листового прокату на гідравлічному пресі	$T = 0,0000027 \cdot B^{0,513} \cdot S^{0,52} \cdot L^{0,9947}$	S=10 мм – товщина листів; B=530 мм – ширина деталі; L=2182; 3985; 1000 - довжина деталі, мм	49,3
2. Складання полотнищ з листів гофрів на стенді (вуз 2)	$T=[0,0035(S-6)+0,32]L$	L=2182 мм- довжина зварного з'єднання	1,12
3. Складання полотнищ з листів гофрів на стенді (вуз 3)	$T=[0,0035(S-6)+0,32]L$	L=3985 мм- довжина зварного з'єднання	2,21
4. Складання полотнищ з листів гофрів на стенді (вуз 4)	$T=[0,0035 \times (S-6) + 0,32]L$	L=1000 мм- довжина зварного з'єднання	0,334

№ технологічної операції	Розрахункова залежність	Числове значення	Числове значення, н –год
5. Зварювання гофрованих листів між собою (вузли 2,3,4)	$T=(F \cdot J/I \cdot a_n)L$ на 1 м зварного з'єднання	$F = 99 \text{ мм}^2$ - площа перерізу шва; $J=7,8 \text{ г/см}^3$ - густина наплавленого металу; $I= 450 \text{ А}$ - сила струму; $a_n= 17 \text{ г/(А} \cdot \text{год)}$ - к-т наплавлення; $L=(3985+2182+1000) \times 19 = 136173 \text{ мм}$ - довжина зварного з'єднання	20,18
6. Складання секції із гофрованих полотнищ на стенді	$T=[0,0035 \times (S-6)+0,32]L$	$L=11130 \text{ мм}$ - довжина зварного з'єднання	6,18
7. Зварювання вузлів 2, 3, 4 між собою	$T=(F \cdot J/I \cdot a_n)L$ на 1 м зварного з'єднання	$F =99 \text{ мм}^2$ - площа поперечного перерізу шва; $J=7,8 \text{ г/см}^3$ - густина наплавленого металу; $I= 450 \text{ А}$ - сила струму; $a_n= 17 \text{ г/(А} \cdot \text{год)}$ - к-т наплавлення; $L=11130 \times 2=22260 \text{ мм}$ - довжина зварного з'єднання	3,3

Сумарна трудомісткість виготовлення секції гофрованої перебірки складатиме – 137 н-год.

					ДРБ.135.4111.03.ПЗ.04	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

Спроектоване наливне судно є одногвинтовим, однопалубним теплоходом з кормовим розташуванням машинного відділення та надбудови, а також з підрулюючим пристроєм у носовій частині. Форштевень – бульбоподібний, корма – транцева.

У розрахунковій частині проекту була визначена водотоннажність судна та головні розміри: водотоннажність $\Delta = 45000$ т; довжина судна між перпендикулярами $L_{пп} = 197,3$ м; ширина судна $B = 25,40$ м; висота борту $D = 17,30$ м; осадка на міделі $d = 11,60$ м.

За допомогою комп'ютерної програми отримано ординати та розроблено теоретичне креслення корпусу судна.

Був розроблений технологічний процес виготовлення поперечної гофрованої перебірки, а також проведений розрахунок трудомісткості її складання і зварювання.

Взагалі, спроектоване судно повністю відповідає завданню та вимогам Правил Регістра судноплавства України та іншим нормативним документам.

					ДРБ.135.4111.01.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

СПИСОК ВИКОРАСТОННОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Регістр судноплавства України. Правила класифікації та побудови морських суден. Т. 2. Київ : Регістр судноплавства України, 2020. 792 с.
2. Регістр судноплавства України. Правила класифікації та побудови морських суден. Т. 3. Київ : Регістр судноплавства України, 2020. 632 с.
3. Регістр судноплавства України. Правила класифікації та побудови морських суден. Т. 4. Київ : Регістр судноплавства України, 2020. 560 с.
4. Регістр судноплавства України. Правила про вантажну марку морських суден. Київ : Регістр судноплавства України, 2020. 81 с.
5. Babicz J. Ship Systems and Machinery : Introduction to Marine Engineering. Gdansk : Baobab Naval Consultancy, 2015. 172 p.
6. Бондаренко О. В., Кротов О. І., Матвєєв Л. Г., Прокудин С. О. Особливості проектування морських транспортних суден: навчальний посібник. Миколаїв : НУК, 2004. Ч. 2. 80 с.
7. Бондаренко О. В., Кротов О. І., Сорокін В. І. Методичні вказівки до практичних занять з дисципліни «Основи проектування суден». Миколаїв : НУК, 2005. 48 с.
8. Жигуліна С. І., Рашковський О. С., Фаріонов А. М. Технічне нормування праці в суднобудуванні. Методичні вказівки. Миколаїв : УДМТУ, 2003. 68 с.
9. Зайцев В. В., Еганов А.Е., Коробанов Ю. Н., Толышев Э. В., Зайцев Вал.В. Проектирование общесудовых устройств : Учебное пособие. Николаев : ЧП «Илион», 2004. 305 с.
10. Коростильов Л. І., Щедролосєв О. В. Міцність суднового корпусу і його елементів при побудові, спуску та докуванні : навчальний посібник / за ред. д-ра техн. наук, проф. Л. І. Коростильова. Миколаїв : НУК, 2019. 68 с.

					ДРБ.135.4111.01.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

11. Кротов О. І., Голюков В. І., Еганов О. Ю., Бондаренко О. В. Проектування морських транспортних суден: навчальний посібник. Миколаїв : УДМТУ, 2003. 156 с.

12. Кротов О. І., Ільїн С. Ф., Клева Я. А. Курсове і дипломне проектування транспортних суден: Ч 1. Методика і загальні вимоги. Методичні вказівки. Миколаїв : НУК, 2009. 52 с.

13. Матвеев В. Г., Кузнецов А. І., Мартинець Б. М., Михайлов Б. М., Узлов О.М., Цибенко М.О., Шарун Г. В. Проектування конструктивного мідел-шпангоута суховантажних суден. Методичні вказівки. Миколаїв : УДМТУ, 2002. 74 с.

14. Некрасов В. О., Кротов О. І., Шестопад В. П., Потай І. Ю. Розрахунки статички судна. Частина І. Плавуцість та початкова остійність : навчальний посібник. Миколаїв :УДМТУ, 2002. 56 с.

15. Петропавлов Ю. В. Разработка теоретического чертежа судна : методические указания. Херсон : ХФ НУК, 2012. 60 с.

16. Петропавлов Ю. В., Узлов А. Н. Удифферентовка морских грузовых судов: методические указания. Николаев : УГМТУ, 2003. 40 с.

17. Петропавлов Ю. В., Коршиков Р. Ю. Расчет парусности судна: методические указания. Херсон : ХФ НУК, 2012. 14 с.

18. Технологія виготовлення конструкцій корпусу судна: Підручник / О. С. Рашковський, В. М. Перов, С. М. Сліжевський, Н. В. Цикало; за заг. ред. проф. О.С. Рашковського (Рекомендовано Вченою радою НУК імені адмірала Макарова як підручник, протокол № 10 від 28.10.2016 р.). Миколаїв : НУК, 2017. 304 с.

19. Технологія виготовлення деталей корпусу судна: Навчальний посібник / О.С. Рашковський, С.І. Жигуліна, В.М. Перов, С.М. Сліжевський; Під заг. ред. проф. О.С. Рашковського. Миколаїв : НУК, 2009. 136 с.

20. Технологія корпусобудівних робіт: Підручник / Рашковський О.С., Щедролосєв О.В., Фаріонов А.М., Цикало Н.В., Перов В.М., Сліжевський С.М.; за

					ДРБ.135.4111.01.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

заг. ред. проф. О.С. Рашковського (Рекомендовано Вченою радою НУК, протокол № 13 від 29.12.2017 р.). Миколаїв : НУК, 2018. 516 с.

21. Яглицький Ю. К. Підготовка виробництва в суднобудуванні з використанням інформаційних технологій: навчальний посібник. Миколаїв : НУК, 2018. 300 с.

					ДРБ.135.4111.01.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		