

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. Щедролоєв

«14» червня 2024 р.

Кваліфікаційна робота
на здобуття ступеня вищої освіти «бакалавр»

на тему: Проєкт суховантажного судна з розробкою
технологічного процесу виготовлення секції
борту судна

Виконав: студент 2111ст групи


(підпис)

П'яних О.Д.

Керівник роботи:
старший викладач


(підпис)

Соценко В.В.

Херсон – 2024 р.

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

Кафедра Суднобудування та ремонту суден
Спеціальність 135 «Суднобудування»
Освітня програма «Суднокорпусобудування»

«ЗАТВЕРДЖУЮ»
Гарант освітньої програми



Щедролосєв О.В.
«04» березня 2024 року

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

П'яних Олександр Денісович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи **Проект суховантажного судна з розробкою технологічного процесу виготовлення секції борту судна**

Керівник роботи старший викладач Соценко В.В.

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

Затверджені наказом по ХННІ НУК № 01 від « 04 » березня 2024 року

2. Строк подання студентом роботи 07.06.2024 року

3. Вихідні дані до роботи:

3.1. Вантажопідйомність (вантажомісткість)

8900 т

3.2. Вид вантажу (питома завантажувальна кубатура) рідкий вантаж густиною 2,60 т/м³

3.3. Швидкість експлуатаційна 12,5 вузлів

3.4. Клас судна за Правилами РСУ для морських суден: KM⁺1 AUT1 general cargo ship

3.5. Дальність та район плавання 6000 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.

4.2. Набір корпусу за Правилами Регістру.

4.3. 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	
проєктування судна	старший викладач Соценко В.В.		04.03. 2024		04.03. 2024
побудова теоретичного креслення	старший викладач Соценко В.В.				
конструкція корпусу	старший викладач Соценко В.В.				
технологічна частина	професор Щедролосєв О.В.				

7. Дата видачі завдання 04.03.2024 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Номер	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1.	Визначення основних елементів і характеристик судна-проєкту.	15.03.2024	
2.	Побудова теоретичного креслення.	12.04.2024	
3.	Набір корпусу за Правилами класифікаційного товариства. Конструктивний мідель-шпангоут.	19.04.2024	
4.	Технологічна частина проєкту. Креслення з технологічної частини проєкту.	17.05.2024	
5.	Демонстраційна таблиця	24.05.2024	
6.	Оформлення пояснювальної записки та завершення оформлення кваліфікаційної роботи й презентацій.	07.06.2024	

Студент



О.Д. П'яних

Керівник



В.В. Соценко

ЗМІСТ

Анотація	5
Вступ	7
1. Визначення водотоннажності та головних розмірів	8
2. Розробка теоретичного креслення	19
3. Проектування конструктивного мідель-шпангоута	26
4. Проектування технологічного процесу виготовлення секції борту судна...	39
Висновки.....	61
Список використаної літератури.....	62

					ДРБ.135.2111ст.06.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

АНОТАЦІЯ

Відповідно до завдання на дипломну роботу бакалавра, виданого кафедрою суднобудування та ремонту суден Херсонського навчально-наукового інституту НУК, спроектовано суховантажне судно вантажопідйомністю 8900 тон.

У розрахунковій частині проєкту виконане наступне:

- визначені водотоннажність судна та головні розміри:

довжина судна між перпендикулярами $L = 126,3$ м;

ширина судна $B = 16,44$ м;

висота борту $D = 7,55$ м;

осадка на міделі $d = 3,52$ м;

- розроблено теоретичне креслення корпусу судна;

- спроектовано конструктивний мідель–шпангоут судна згідно Правил Регістру судноплавства України;

- в технологічній частині роботи спроектовано технологічний процес виготовлення секції борту судна.

В дипломній роботі для проведення розрахунків та виконання графічної частини використовувались спеціалізовані комп'ютерні програми (автоматичні графічні системи): «FreeShip+», AutoCAD 2016.

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

Ключові слова: водотоннажність, секція борту, суднобудування, спеціалізовані комп'ютерні програми, суховантажне судно, теоретичне креслення.

					ДРБ.135.2111ст.06.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 general cargo ship is projected by a carrying capacity a 8900 tone.

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

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

length between perpendiculars $L = 126,3$ m;

beam $B = 16,44$ m;

height $D = 7,55$ m;

draft on the midship $d = 3,52$ m;

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

- design of the structural keel-beam system of the ship according with the of Rules Ukrainian Shipping Register;

- in the technological part of the work, the technological process of manufacturing the section of the board was designed.

Specialized computer programs (automatic graphic systems): «FreeShip+», AutoCAD 2016 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, hull section, shipbuilding, specialised computer software, dry cargo ship, theoretical drawing.

					ДРБ.135.2111ст.06.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

					ДРБ.135.2111ст.06.ПЗ				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					
Студент		П'яних			Вступ	Літ.	Арк.	Акрушів	
Консульт.		Соценко							
Керівник		Соценко				ХННІ НУК			
Зав. кафедр.		Щедролосєв							

ВСТУП

Суднобудування є однією з ключових галузей промисловості, яка забезпечує розвиток морської торгівлі, транспортування вантажів та пасажирів, а також сприяє економічному зростанню. З постійним зростанням вимог до суден виникає необхідність підвищення їх технічних характеристик, ефективності експлуатації та безпеки.

Суховантажні судна відіграють важливу роль у глобальній економіці, забезпечуючи перевезення різноманітних вантажів, включаючи сировину, напівфабрикати та готову продукцію. Вони характеризуються універсальністю та здатністю транспортувати великі обсяги товарів на великі відстані. Проектування суховантажних суден вимагає особливої уваги до їх вантажопідйомності, стійкості та маневреності, а також до ефективності використання паливно-енергетичних ресурсів.

Сучасні суховантажні судна повинні відповідати ряду вимог, таких як безпека, надійність, економічність та екологічність. Їх конструкція повинна забезпечувати оптимальне використання внутрішнього простору для зберігання вантажів різних типів. Крім того, важливим аспектом є дотримання міжнародних стандартів і регламентів, що стосуються охорони навколишнього середовища і безпеки мореплавства.

					ДРБ.135.2111ст.06.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

					ДРБ.135.2111ст.06.ПЗ.01							
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата								
Студент		П'яних			Визначення водотоннажності та головних розмірів			Літ.		Арк.	Акрушіє	
Консульт.		Соценко										
Керівник		Соценко						ХННІ НУК				
Зав. кафед.		Щедролосєв										

1 ВИЗНАЧЕННЯ ВОДОТОННАЖНОСТІ ТА ГОЛОВНИХ РОЗМІРІВ

Короткі відомості про судно прототип

Для судна, що проектується, вантажопідйомністю 9000 т, в якості прототипу використовуємо технічні данні суховантажного судна, 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	128,20
Довжина найбільша	L	м	133,10
Ширина	B	м	17,60
Висота борту	H	м	8,10
Осадка по КВЛ	T	м	5,16
Коеф. загальної повноти	C_b	-	0,837
Коеф. повноти міделя	C_m	-	0,995
Коеф. повноти КВЛ	C_w	-	0,933
Швидкість експлуатаційна	V_s	вуз.	12,05
Вантажопідйомність	Δ	т	8675
Дальність плавання		миль	6000
Екіпаж		осіб	12

					ДРБ.135.2111ст.06.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

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 $P_{\Gamma}=9000$ - задана вантажопідйомність судна, т,

$\eta_{\Gamma}=0,69$ – коефіцієнт утилізації водотоннажності за чистою вантажопідйомністю:

$$\Delta_0 = \frac{9000}{0,69} = 13043 \text{ т}$$

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

$$V_S = V_{\Sigma} \cdot 1,05 = 12,00 \cdot 1,05 = 12,60 \text{ вуз}$$

$$N_0 = 13043^{1/2} \cdot 12,60^{5/2} / 27,2 = 2366 \text{ кВт}.$$

Отримане значення потужності говорить про те , що в якості головного двигуна на проектуваному танкері може бути застосований малообортний 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 :

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

					ДРБ.135.2111ст.06.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

$$m = 1 - a_k - a_{эк} - a_{зв},$$

$$n = a_y + a_{ел} + a_{жг} + a_{сн},$$

$$p = a_{эу} + a_m,$$

где a_k – вимірювач маси металевого корпусу,

$a_{эк}$ – вимірювач маси команди,

$a_{зв}$ – вимірювач маси запасу водотоннажності,

a_y – вимірювач маси суднових пристроїв і систем,

$a_{ел}$ – вимірювач маси електрообладнання,

$a_{жг}$ – Вимірювач маси рідких вантажів,

$a_{сн}$ – вимірювач маси постачання,

$a_{эу}$ – вимірювач маси енергетичної установки,

a_m – вимірювач маси палива.

1.3.1. Определение измерителей масс

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

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

Для дизельних установок величина $q_{эу}$ визначається за формулою:

$$q_{эу} = 600/N^{1/4} = 600/2366^{1/4} = 86,02 \text{ кг/кВт},$$

Вимірювач маси по розділу « Запаси палива , води , масла » визначається за формулою :

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

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

					ДРБ.135.2111ст.06.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

R – дальність плавання, миль,

q_T – 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,

$a''_T = 0,03$ – коефіцієнт витрати масла для ДВЗ,

$a'''_T = 0,03$ – коефіцієнт витрати води,

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

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

$$P_m = 1,15 \cdot 265 \cdot 10^{-6} \frac{13043^{1/2} \cdot 12,60^{3/2}}{27,2} \cdot 6000 = 343 \text{ т}.$$

$$a_m = 343/13043^{1/2} = 3,01.$$

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

$$a_{3,6} = a'_{3,6}(1 - \eta_B),$$

де $a_{3,6} = 0,03$ - коефіцієнт запасу водотоннажності [1];

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

тоді

$$a_{3,6} = a'_{3,6}(1 - \eta_B) = 0,03(1 - 0,69) = 0,0093$$

Інші вимірники мас приймаємо за статистичними даними [1].

Всі вимірювачі мас зведені в таблицю 1.1 :

					ДРБ.135.2111ст.06.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 1.1. Вимірювач мас

Розділ навантаження		Залежність від Δ	Вимірювач a_i	Прим.
1	Корпус		0,234	[2]
2	Судові пристрої		0,021	[2]
3	Системи		0,25	[2]
4	Енергетична установка		3,98	розр.
5	Електрообладнання		0,07	[2]
1	запас водотоннажності		0,0093	розр.
2	Рідкі вантажі	$a_{жсг} \cdot \Delta^{2/3}$	0,008	[2]
3	Постачання , майно		0,0115	[2]
4	Екіпаж , провізія , вода		0,0236	[2]
6	Запас палива , масла , води		3,01	розр.

1.3.2. Складання рівняння мас.

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

					ДРБ.135.2111ст.06.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$m = 1 - a_{\text{к}} - a_{\text{ЭК}} - a_{\text{ЗВ}},$$

$$n = a_{\text{у}} + a_{\text{єл}} + a_{\text{жг}} + a_{\text{сн}},$$

$$p = a_{\text{эу}} + a_{\text{т}},$$

$$n = 0,021 + 0,07 + 0,008 + 0,0115 = 0,110,$$

$$p = 3,98 + 3,01 = 6,99.$$

Таким чином , рівняння мас має вигляд:

1.3.3. Рішення рівняння мас.

Рівняння мас вирішуємо методом Ньютона.

где $f(x_n)$ – 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 :

$$f(\Delta_0) = m\Delta_0 - n\Delta_0^{2/3} - p\Delta_0^{1/2} - P_{\text{Г}}$$

$$f(8000) = 0,686 \cdot 13043 - 0,110 \cdot 13043^{2/3} - 6,99 \cdot 13043^{1/2} - 9000$$

$$f'(\Delta_0) = m - \frac{2}{3}n\Delta_0^{-1/3} - \frac{1}{2}p\Delta_0^{-1/2}$$

$$f'(8000) = 0,686 - \frac{2}{3}0,110 \cdot 13043^{-1/3} - \frac{1}{2}6,99 \cdot 13043^{-1/2}$$

$$\Delta_1 = 8921,37 \text{ т.}$$

					ДРБ.135.2111ст.06.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Перевіримо правильність знайденого значення:

$$0,684 \cdot 8921,37 - 0,111 \cdot 8921,37^{1/3} - 6,99 \cdot 8921,37^{1/2} - 9000 = 0.$$

Таким чином , водотоннажність судна в першому наближенні :
 $\Delta_1 = 8900 \text{ т.}$

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		2087,6
02	Судові пристрої		9,03
03	Системи		107,53
04	Енергетична установка		375,92
05	Електрообладнання		30,11
11	запас водотоннажності		82,96
12	Рідкі вантажі		3,4
13	Постачання , майно		102,5
водотоннажність порожньою			2799,05
14	Екіпаж , провізія , вода		210,5
15	Груз		9000
16	Запас палива , масла , води	$a_m \cdot \Delta^{1/2}$	257,3
Дедвейт			9550,8
Повна водотонажність			12349

Приймаємо $\Delta_1 = 12349 \text{ т.}$

					ДРБ.135.2111ст.06.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.4. Розрахунок головних розмірювань у першому наближенні.

1.4.1. Відносна довжина першого наближення визначається за емпіричною формулою:

$$l_1 = \left(2 + \frac{2}{\sqrt[3]{\Delta_1}}\right) V_S^{1/3} = \left(2 + \frac{2}{\sqrt[3]{12349}}\right) 12,60^{1/3} = 4,84.$$

Довжина між перпендикулярами може бути визначена:

$$L_1 = l \Delta_1^{\frac{1}{3}} = 4,84 \cdot 12349^{\frac{1}{3}} = 111,64 \text{ м}$$

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

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

$$B_1 = 111,64/7,56 = 14,76 \text{ м};$$

$$d_1 = 14,76/3,41 = 4,32 \text{ м};$$

$$D_1 = d_1 \cdot (D/d) = 4,32 \cdot 1,57 = 6,78 \text{ м}$$

1.4.2. Визначаємо число Фруда:

$$Fr = \frac{0,514 V_S}{\sqrt{g L_1}} = \frac{0,514 \cdot 12,50}{\sqrt{9,81 \cdot 111,64}} = 0,194.$$

1.4.3. Визначаємо коефіцієнти повноти.

$$\text{Кф. загальної повноти: } C_v = \delta = 1,09 - 1,68 \cdot Fr = 0,77$$

$$\text{Кф. повздовжньої повноти: } C_p = \varphi = 0,04 + 0,96 \delta = 0,81$$

$$\text{Кф. повноти ватерлінії: } C_w = \alpha = 0,8780 \varphi + 0,1733 = 0,884$$

$$\text{Кф. повноти мідель-шпангоута: } C_m = \beta = \delta / \varphi = 0,95$$

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:

$$C_{B_2} = C_{B_1} = 0,77;$$

					ДРБ.135.2111ст.06.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Коефіцієнт подібності визначається за формулою

$$L_2 = L_1 \cdot \lambda = 111,64 \cdot 1,114 = 124,36 \text{ м};$$

$$B_2 = B_1 \cdot \lambda = 14,76 \cdot 1,114 = 16,44 \text{ м};$$

$$D_2 = D_1 \cdot \lambda = 6,78 \cdot 1,114 = 7,55 \text{ м};$$

$$d_2 = d_1 \cdot \lambda = 4,32 \cdot 1,114 = 4,81 \text{ м};$$

$$\Delta_2 = K_{\text{сч}} \cdot \gamma \cdot C_{B_2} \cdot L_2 \cdot B_2 \cdot d_2 = 1,01 \cdot 1,025 \cdot 0,77 \cdot 124,36 \cdot 16,44 \cdot 4,81 = 7839$$

т.

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

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 елементу	Позн.	Одиниця виміру	Числове значення
Довжина між перпендикулярами	$L_{\perp}$	м	111,6
Ширина	В	м	14,76

					ДРБ.135.2111ст.06.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Висота борту	D	м	7,55
Осадка по ВВЛ	d	м	4,81
Коеф. загальної повноти	C_B	-	0,77
Коеф. повноти міделя	C_m	-	0,95
Коеф. повноти ВВЛ	C_w	-	0,884
Коеф. поздовжньої повноти	φ	-	0,81
Вагова водотоннажність	Δ	т	12349

Таблиця 1.3 – Головні елементи судна у другому наближенні

Назва елементу	Позначення	Одиниця виміру	Числове значення
Довжина між перпендикулярами	$L_{\perp\perp}$	м	124,36
Ширина	B	м	16,44
Висота борту	D	м	7,55
Осадка по ВВЛ	d	м	4,81
Коеф. загальної повноти	C_B	-	0,77
Коеф. повноти міделя	C_m	-	0,95
Коеф. повноти ВВЛ	C_w	-	0,884
Коеф. поздовжньої повноти	φ	-	0,81
Вагова водотоннажність	Δ	т	8900

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

					ДРБ.135.2111ст.06.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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:

$$a_0 = 0,002 \cdot L + 0,48 = 0,002 \cdot 124,36 + 0,48 = 0,728 \text{ м.}$$

Приймаємо $a_0 = 750 \text{ мм.}$

Шпацию в районі ахтерпика і форпика приймаємо 600 мм.

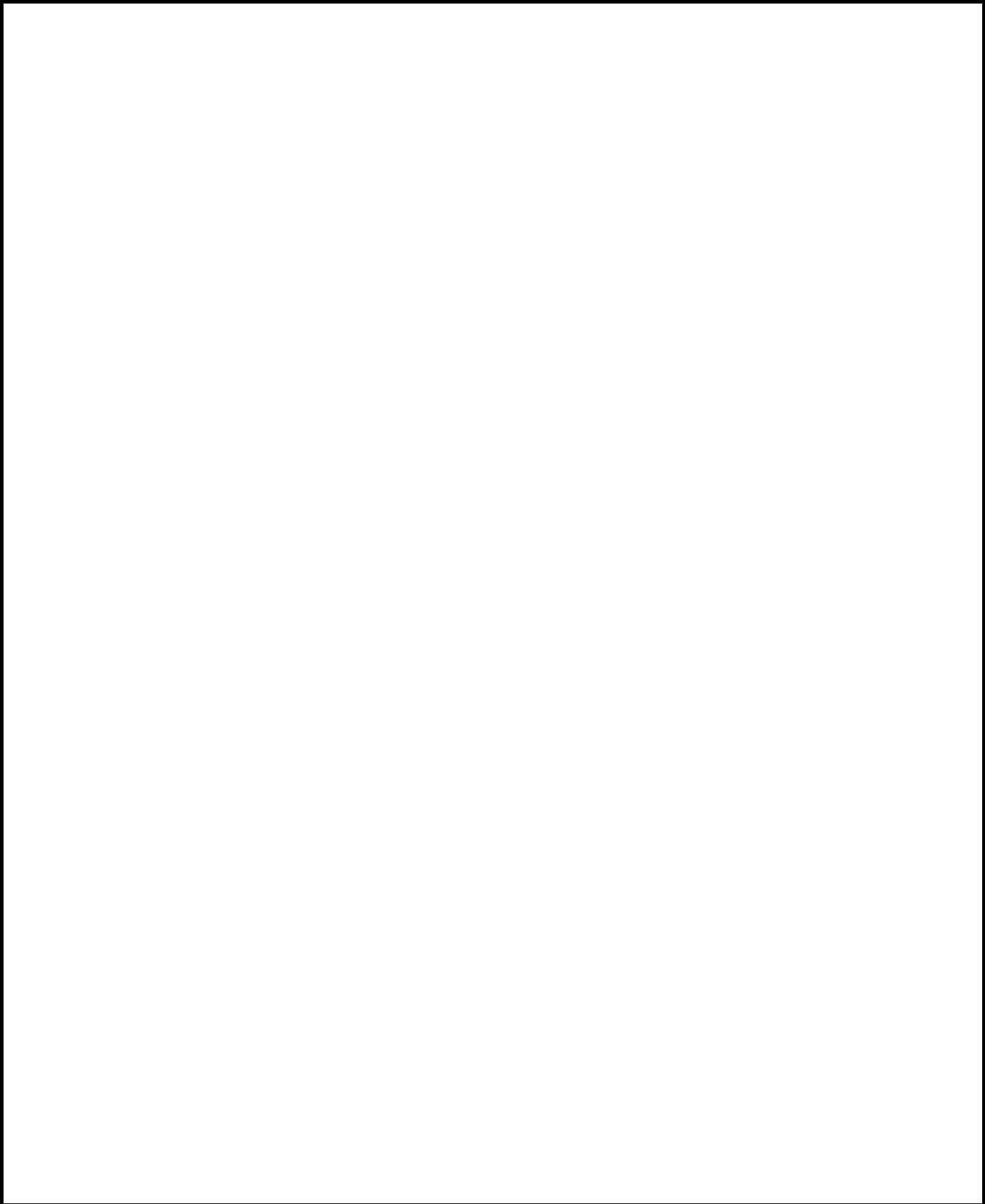
– відстань від форпикової перегородки до носового перпендикуляра повинна бути не менш

$$L_{\text{фор}} = 0,05 \cdot L = 0,05 \cdot 124,36 = 6,21 \text{ м;}$$

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

$$L_{\text{ахт}} = 0,04 \cdot L = 4,97 \text{ м;}$$

					ДРБ.135.2111ст.06.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



					ДРБ.135.2111ст.06.ПЗ.02			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Студент	П'яних				Розробка теоретичного креслення	Літ.	Арк.	Акрушіє
Консульт.	Соценко							
Керівник	Соценко					ХННІ НУК		
Зав. кафедр.	Щедролосєв							

2 ПРОЕКТУВАННЯ ТЕОРЕТИЧНОГО КРЕСЛЕННЯ

2.1 Розрахунок теоретичного креслення

2.1.1 Розрахунок ординат теоретичного креслення

Проектування теоретичного креслення базується на методі інтерполяції, який використовується для визначення ординат. Цей метод передбачає використання інтерполяції між двома прототипами, що відрізняються коефіцієнтами загальної повноти. Програма FreeShip містить дані про ординати судів з різними значеннями цього коефіцієнта, що дозволяє побудувати теоретичне креслення. 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 $Fr = 0,229$

$$l_{\text{нб}} = 0,051 - 0,115 \cdot 0,191 \pm 0,006 = 0,023 \text{ м},$$

$$L_{\text{нб}} = 124,36 \cdot 0,023 = 2,86 \text{ м};$$

					ДРБ.135.2111ст.06.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

- найбільша ширина бульба:

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

- найбільша висота шпангоута найбільшої площі бульба:

- висота передньої точки бульба від основної площини:

де: $h_{нб} = 0,6$ тоді:

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

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:

$D_p = 7.55$ м – висота борту;

$B_p = 16.44$ м – ширина судна;

$d_p = 0,85D = 0,85 \cdot 7.55 = 6.41$ м – розрахункова осадка;

Розрахункову довжину визначено, як:

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

де: $L_{p_1} = L + \Delta l_n$;

					ДРБ.135.2111ст.06.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

$\Delta l_n = 1,98$ 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;

Коефіцієнт загальної повноти розраховано, як:

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

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

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

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

$$V_{ВВЛ} = \frac{8900}{1,01 \cdot 1,025} = 8596$$

Тоді:

$$V_p = 8596 \left(\frac{6,41}{4,81} \right)^{0,884/0,77} = 11862 \text{ м}^3.$$

$$C_{Bp} = \frac{11862}{126,3 \cdot 16,44 \cdot 6,41} = 0,89$$

Мінімальний надводний борт знаходиться за формулою:

					ДРБ.135.2111ст.06.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

де: F_0 - базисний надводний борт для розрахункової довжини;
визначається за таблицею 4.1.3.2 []:

$$F_0 = 383 \text{ мм;}$$

Δ_1 — поправка на висоту борта, мм

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

$R = 250 \text{ мм}$, при довжині судна 120 та більше;

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

Δ_2 — відрахування на надбудови і ящики; вводиться для суден різного типу; $\Delta_2 = 1070 \text{ мм}$ 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 ;

Приймаємо $K_H = 0,178$, тоді:

$$\Delta_2 = 1070 \cdot 0,178 = 190 \text{ мм}$$

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

					ДРБ.135.2111ст.06.ПЗ		Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

Таблиця 2.1 Розрахунок профілю стандартної сідлуватості.

Кормова половина	Кормовий перпендикуляр	$25(L_p/3+10)=242,8$	1	242,8
	1/6 L від КП	$11,1(L_p/3+10)=107,8$	3	323,52
	1/3 L від КП	$2,8(L_p/3+10)=27,2$	3	69,6
	Середина довжини судна	0		0
Носова половина	Середина довжини судна	0		0
	1/3 L від НП	$5,6(L_p/3+10)=54,4$	3	163,2
	1/6 L від НП	$22,2(L_p/3+10)=215,6$	3	647,04
	Носовий перпендикуляр	$50(L_p/3+10)=485,76$	1	485,76

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:
- недолік сідлуватості в кормі:
- недолік сідлуватості по судну взагалі:

Поправка Δ_3 визначається за формулою:

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

					ДРБ.135.2111ст.06.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де: $S = 28,00$ м – сумарна довжина закритих надбудов;

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

Таким чином мінімальний надводний борт буде дорівнювати:

$$F_{min} = 383 \cdot 1,15 + 217,5 - 190 + 77,17 = 545,12 \text{ мм.}$$

Максимально допустима осадка визначається за формулою:

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

$$d_{max} = 7,55 - 0,54 = 7,01 \text{ м}$$

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

Висота надводного борту в носу визначається як відстань по вертикалі на носовому перпендикулярі між ватерлінією, яка відповідає призначеному літньому надводному борту і верхній кромці відкритої палуби у борта, і повинна бути не менше визначеної за формулою:

Фактична висота борта, на носовому перпендикулярі від ГВЛ до верхньої палуби :

$$F_{min \text{ н}} = \left(6075 \left(\frac{L}{100} \right) - 1875 \left(\frac{L}{100} \right)^2 + 200 \left(\frac{L}{100} \right)^3 \right) \left(2,08 + 0,609C_B - 1,603C_W - 0,0129 \frac{L}{d} \right) \text{ мм.}$$

					ДРБ.135.2111ст.06.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Необхідна висота в носу досягається за рахунок бака. Бак повинен бути продовжений в корму від НП не менше 0,07L

$$l_{\phi} \geq 0,07L$$

$$l_{\phi} \geq 0,07 \cdot 126,3 = 8,84$$

$$\text{Висота бака } h_{\phi} = 2,5\text{м}$$

$$H_{\phi} = D - d + h_{\phi}$$

$$H_{\phi} = 7,55 - 4,81 + 2,5 = 5,24 \text{ м}$$

Максимально дозволена осадка судна

$$d_{max} = D - F_{min}$$

$$d_{max} = 7,55 - 4,03 = 3,52 \text{ м}$$

За отриманими результатами будуємо теоретичне креслення

					ДРБ.135.2111ст.06.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.1 Проектування конструктивного мідель-шпангоута

3.2 Загальні відомості про судно, що проектується

3.2.1 Опис архітектурно-конструктивного типу судна

Судно призначене для перевезення генеральних 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 Морського Регістру Судноплавства.

3.2.2 Вибір шпациї

Нормальна шпация в середній частині судна визначається за формулою:

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

де $L = 126,3$ м – довжина судна між перпендикулярами,

$$a_0 = 0,002 \cdot 126,3 + 0,48 = 0,732 \text{ м}$$

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:

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

$$b_k = 800 + 5 \cdot 126,3 = 1431,5 \text{ мм};$$

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 $b_c = 1400 \text{ мм}$

Висота вертикального кіля (подвійного дна) повинна бути не менш

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

$$h_{BK} = \frac{126,3 - 40}{570} + 0,04 \cdot 16,44 + 3,5 \cdot \frac{3,52}{126,3} = 0,9 \text{ м},$$

приймаємо $h_{BK} = 0,9 \text{ м};$

3.1.3 Вибір марки матеріалу

Для будівництва корпусу судна, керуючись Правилами та враховуючи відповідальність, умови експлуатації і економічні аспекти, для верхньої палуби, комінгсів люків, ширстреків і верхньої частини обшивки внутрішнього борту використовується суднобудівна сталь високої міцності категорії DH36. Інші конструкції будуть виготовлені зі сталі нормальної міцності категорії А. Характеристики цих сталей приведені в табл. 3.1.

Таблиця 3.1 Механічні властивості суднобудівних сталей

Категорія (марка) сталі	Межа міцності σ_B , МПа	Межа плинності R_{eH} , МПа	Відносне подовження δ , %	1 2 Нижня температура, °C	Коефіцієнт використання механічних властивостей, η
DH36	490-620	355	21	-60	0,82

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

					ДРБ.135.2111ст.06.ПЗ	Арк
						.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

для категорії А $\sigma_H = 235/1 = 235 \text{ МПа,}$ МПа;

для категорії ДН36 $\sigma_H = 235/0,82 = 286 \text{ МПа,}$ МПа

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:

$$W = W' + \Delta W,$$

(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 пояс при призначених значеннях висоти і товщини стінки балки і ребра жорсткості визначається за формулою:

					ДРБ.135.2111ст.06.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

(9.3)

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

$F = h_c S_c$ – площа перетину стінки балки, см²;

$F = b_{III} S_{III}$ – площа приєднаного пояску, см²;

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,

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

$F_1 = b_{PЖ} S_{PЖ}$ – площа перетину ребра жорсткості, см².

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

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

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 (шпація) 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.)

					ДРБ.135.2111ст.06.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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:

$$S_{min} = (5,5 + 0,04 \cdot L) \sqrt{\eta} = (5,5 + 0,04 \cdot 126,3) \sqrt{0,86} = 9,55 \text{ мм};$$

- для горизонтального кіля:

$$S_{min} = (5,5 + 0,04 \cdot L) \sqrt{\eta} + 2 = (5,5 + 0,04 \cdot 126,3) \sqrt{0,86} + 2 = 11,55 \text{ мм};$$

- для настилу верхньої палуби:

$$S_{min} = (7 + 0,02 \cdot L) \sqrt{\eta} = (7 + 0,02 \cdot 126,3) \sqrt{0,86} = 8,62 \text{ мм};$$

- для настилу другого дна:

$$S_{min} = (5 + 0,035 \cdot L) \sqrt{\eta} + 2 = (5 + 0,035 \cdot 126,3) \sqrt{0,86} + 2 = 10,53 \text{ мм};$$

- для вертикального кіля:

$$S_{min} = 0,025 \cdot L + 7 = 0,025 \cdot 126,6 + 7 = 10,15 \text{ мм};$$

- для суцільних флорів і днищових стрингерів:

$$S_{min} = 0,035 \cdot L + 6 = 0,035 \cdot 126,6 + 6 = 10,42 \text{ мм};$$

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

$$S_{min} = 0,025 \cdot L + 5,5 = 0,025 \cdot 126,6 + 5,5 = 8,65 \text{ мм};$$

- для діафрагм і платформ подвійних бортів:

$$S_{min} = 0,018 \cdot L + 6,2 = 0,018 \cdot 126,6 + 6,2 = 8,47 \text{ мм};$$

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

$$S_{min} = 0,02 \cdot L + 6,7 = 0,02 \cdot 126,6 + 6,7 = 9,22 \text{ мм}.$$

					ДРБ.135.2111ст.06.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

3.2.3 Урахування зносу і корозії в'язів корпусу

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

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:

					ДРБ.135.2111ст.06.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

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;

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

Для складених зварних балок: ΔW – доповнення моменту опору, см³, розраховане збільшенням товщини елементів профілю на величину :

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

(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 поясів балки, см.

3.2.4 Стійкість елементів конструкції корпусу

4 Стійкість конструкції вважається забезпеченою, якщо виконується умова:

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

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

6 Ейлерові напруження для повздовжніх балок основного набору визначаються за формулою:

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

					ДРБ.135.2111ст.06.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де i – момент інерції балки з приєднаним пояском, см^4 , розрахований за формулою (9.4) при $F_1 = 0$ для товщини, зменшеної на величину ΔS (див. табл. 1.6.5.5-2, []); $f = F + F_2$, см^2 – 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

8 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:

$$9 P_{st} = 10z_i, \text{кПа},$$

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:

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

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

де $d = 3,52$ 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:

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

					ДРБ.135.2111ст.06.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

для $L = 126,3\text{ м}$ $C_w = 10,75 - \left(\frac{300 - 126,3}{100} \right)^{3/2} = 8,4$

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

$V_0=12,5$ 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 $x_1 = L/2 = 63,1$ м. Отже

$a_v = 0,8 \cdot 12,5 \cdot \frac{(126,3/10^3 + 0,04)}{\sqrt{126,3}} + 1,5 = 0,39;$

$a_x = 0,8 \cdot (1 - 2 \cdot 63,1/126,3) = 0,4;$

приймаємо $a_x = 0,4;$

$a_v \cdot a_x = 0,39 \cdot 0,4 = 0,156,$

приймаємо $a_v \cdot a_x = 0,16;$

$P_{w0} = 5 \cdot 8,4 \cdot 0,46 = 19,32$ кПа.

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

$P_{min} = 0,03L + 5 = 0,03 \cdot 126,3 + 5 = 8,78$ кПа.

3.3.2 Навантаження від перевозимого вантажу і баласту

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

$P_{rz} = 98.5$ кПа.

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;

					ДРБ.135.2111ст.06.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

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

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

$$P_{bl} = \rho_{\bar{o}} g z_i + p_k, \text{ кПа}$$

де $\rho_{\bar{o}} = 1,025 \text{ т/м}^3$ – щільність водяного баласту;

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

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

$p_k = 15 \text{ кПа}$ – 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 $z_1 = d = 3,52 \text{ м}$,

2) $P_{st} = 10 \cdot 3,52 = 35,2 \text{ кПа}$,

$P_w = 19,32 - 1,5 \cdot 8,4 \cdot 3,52 / 3,52 = 6,7 \text{ кПа}$,

$P_1 = 6,7 + 35,2 = 41,9 \text{ кПа}$,

3) на рівні другого дна $z_2 = 3,52 - (1,0 + 0,2) = 2,32 \text{ м}$,

4) $P_{st} = 10 \cdot 2,32 = 23,2 \text{ кПа}$,

$P_w = 19,32 - 1,5 \cdot 8,4 \cdot 2,32 / 3,52 = 11,01 \text{ кПа}$,

$P_2 = 11,01 + 23,2 = 34,21 \text{ кПа}$,

3) на рівні 0,4D від ОП $z_3 = 3,52 - 0,4 \cdot 7,55 = 0,5 \text{ м}$,

$P_{st} = 10 \cdot 0,5 = 5 \text{ кПа}$,

$P_w = 19,32 - 1,5 \cdot 8,4 \cdot 0,5 / 3,52 = 17,53 \text{ кПа}$,

					ДРБ.135.2111ст.06.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$P_3 = 17,53 + 5 = 22,53 \text{ кПа},$$

$$4) \text{ на рівні } 0,5D \text{ від ОП } z_4 = 3,52 - 0,5 \cdot 7,55 = 0,25 \text{ м},$$

$$P_{st} = 10 \cdot 0,25 = 2,5 \text{ кПа},$$

$$P_w = 19,32 - 1,5 \cdot 8,4 \cdot 0,25 / 5,16 = 18,42 \text{ кПа},$$

$$P_4 = 18,42 + 2,5 = 20,92 \text{ кПа},$$

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

$$P_5 = P_{w0} = 19,32 \text{ кПа},$$

$$6) \quad \text{на рівні верхньої палуби } z_6 = D - d = 7,55 - 3,52 = 4,03 \text{ м},$$

$$P_w = 19,32 - 9,5 \cdot 0,4 \cdot 4,03 = 4,006 \text{ кПа},$$

$$P_6 = 4,006 \text{ кПа}.$$

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 $\sigma_n = 286 \text{ МПа}$;

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

$$b = 2a_0 = 1,8 \text{ м}; \Delta S$$

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

					ДРБ.135.2111ст.06.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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	в борта межах $0,4D$	в борта межах $0,5D$	на борта рівні ВВЛ	на борта 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	41,9	34,2	22,5	20,9	19,3	4,0
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	7,36	6,65	5,39	5,2	5	2,27
Додаток до товщини ΔS , мм	2,4	2,52	2,52	2,52	2,52	2,52
Товщина пластини $S = S' + \Delta S$, мм	9,76	8,9	7,91	7,72	7,52	4,79

					ДРБ.135.2111ст.06.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.5.2 Проектування конструкцій набору подвійного дна

Внутрішній комплект подвійного дна знаходиться між дном судна та його зовнішньою обшивкою. Опорний контур складається з двох бортів та двох сусідніх водонепроникних перегородок. Проектування цього комплексу виконується за допомогою повздовжньої системи. Основний набір перекриття містить повздовжні балки дна та другого дна, розташовані через кожну другу проміжну відстань, яка становить $a = 0,8$ м. Суцільні флори розташовані через кожні дві проміжні відстані завширшки $a_0 = 0,9$ м, а водонепроникні флори - під кожною поперечною перебіркою. У центральній ділянці судна розташований вертикальний кіль. Висота суцільного флора дорівнює висоті вертикального кіля, яка становить $h_{\text{фл}} = 0,9$ м.

Висновок

Згідно з результатами розрахунків структурних елементів суднового корпусу, з урахуванням вимог міцності та стійкості, розроблено мідель-шпангоут, який відповідає стандартам Регістру.

					ДРБ.135.2111ст.06.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

					ДРБ.135.2111ст.06.ПЗ.04					
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат	Технологічний процес виготовлення секції борту судна			Літ.	Арк.	Акрушів
Розроб.	П'яних									
Консульт.	Соценко									
Керівник	Соценко									
Зав. кафедр.	Щедролосєв							ХННІ НУК		

4. ТЕХНОЛОГІЯ ВИГОТОВЛЕННЯ БОРТОВОЇ СЕКЦІЇ.

4.1. КОРОТКА ХАРАКТЕРИСТИКА КОНСТРУКТИВНИХ ТА ТЕХНОЛОГІЧНИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ СЕКЦІЇ.

4.1.1. Габаритні розміри секції.

Секція має такі розміри 2800×11740×12800 мм (Н×В×L).

4.1.2. Маса секції.

Секція має масу $m=73,3$ т.

4.1.3. Конструктивно – технологічна класифікація секції.

Секція правого борту є об'ємною з умови, що $\frac{H}{B} > 0,2$.

$$\frac{H}{B} = \frac{2800}{11740} = 0,24 > 0,2.$$

Розмір практичної шпациї: $a = 800$ мм.

4.1.4. Район розташування секції

Секція судна, яка знаходиться на правому борту, розташована у серединній частині судна, у кормі від середини судна (у районі циліндричної вставки). Верхній край обшивки зовнішнього борту знаходиться нижче платформи № 3 на 160 мм, а верхній край обшивки внутрішнього борту вище платформи №3 на 340 мм. Нижній край обшивки зовнішнього борту розташований вище рівня другого дна на 250 мм.

Система набору корпусу у цьому районі є поперечною.

Характеристики обшивки:

- Обшивка зовнішнього борту є плоскою, за винятком надскулового пояса, і складається з чотирьох поясів товщиною 14 мм. Зварні шви обшивки зовнішнього борту простягаються уздовж секції паралельно осі судна.

					ДРБ.135.2111ст.06.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

- Обшивка внутрішнього борту також є плоскою, складається з чотирьох поясів товщиною 14 мм, а зварні шви простягаються уздовж секції паралельно осі судна.

Повздовжній набір:

- Ребра жорсткості включають несиметричний штабобульб діаметром 16 мм, які утворюють антикрутильну коробку.

Поперечний набір:

- Діафрагми встановлені на 91 шпангоуті і проходять через 3 шпациї у площинах, паралельних площині мідель-шпангоута. У центрі вони мають вирізи розміром 1200×1900 мм, які підкріплюються горизонтальними та вертикальними ребрами жорсткості розміром 9×100 мм.

- Зовнішній борт підкріплюють шпангоути профілю штабобульб симетричного Т 22610, розташовані на кожній шпациї. На внутрішньому борту між другим дном та антикрутильною коробкою встановлені шпангоути зі штабобульбу Т 24710.

- Платформи підкріплюються бiмсами зі штабобульбу Т 24710, які розташовані під платформами на кожній шпациї, де не встановлені діафрагми.

- Бiмси та шпангоути, що підкріплюють борти та платформи, з'єднуються кницями розміром 9×250×250 мм.

Матеріали які використовуються для конструкції, деталі, що беруть участь у загальній міцності виготовлені з матеріалу 09Г2С, а для деталей розсипу використовується матеріал ВСт3сп. Характеристика сталі наведена в табл.4.1.11.

Таблиця 4.1.11.

Марка сталі	09Г2С	ВСт3сп
Границя плинності, R_{eH}	315 МПа	235 МПа
Ударна в'язкість, Дж/см ²	29	29-39
Нижня границя температури, t_{min}	-70 °С	-20 °С
Відносне подовження	18 %	20 %

					ДРБ.135.2111ст.06.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Приблизна вартість 1т (відносно вартості 1т сталі ВСт3сп)	130 %	100%
---	-------	------

4.1.12. Розташування монтажних з'єднань та пазів секції.

4.1.12.1. Монтажні стики проходять через 9014 та 1061/4 шпангоута.

4.1.12.2. Монтажні пази зовнішнього борту розташовані вище другого дна на 250 мм.

4.1.12.3. Монтажні пази внутрішнього борту розташовані на рівні другого дна.

4.1.12.4. Верхній край обшивки внутрішнього борту знаходиться вище рівня III платформи на 340 мм, а зовнішнього борту - нижче рівня III платформи на 340 мм.

4.1.13. Опис зварних швів.

4.1.13.1. З'єднання листів бортів:

- Спосіб зварювання: автоматичне під флюсом;
- Форма кромки, характер шва: двосторонній без скосу кромки;
- Положення: нижнє.

4.1.13.2. З'єднання шпангоутів з полотнищами бортів, поздовжніх ребер жорсткості з платформою №3, з'єднання ребер жорсткості з діафрагмами:

- Спосіб зварювання: автоматичне під флюсом;
- Форма кромки, характер шва: двосторонній без скосу кромки;
- Положення: нижнє.

4.1.13.3. З'єднання платформ, діафрагм з полотнищем внутрішнього борту:

- Спосіб зварювання: напівавтоматичне;
- Форма кромки, характер шва: двосторонній без скосу кромки;
- Положення: нижнє.

4.1.13.4. З'єднання книць, деталей доізоляційного насичення з набором подвійного борту та з'єднання ребер жорсткості, що підкріплюють вирізи, між

					ДРБ.135.2111ст.06.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

собою, а також приєднання затулки до поздовжніх ребер жорсткості платформи № 3:

- Спосіб зварювання: ручне електродугове;
- Форма кромки, характер шва: двосторонній без скосу кромки;
- Положення: горизонтальне.

4.1.13.5. З'єднання бімсів та діафрагм з платформами:

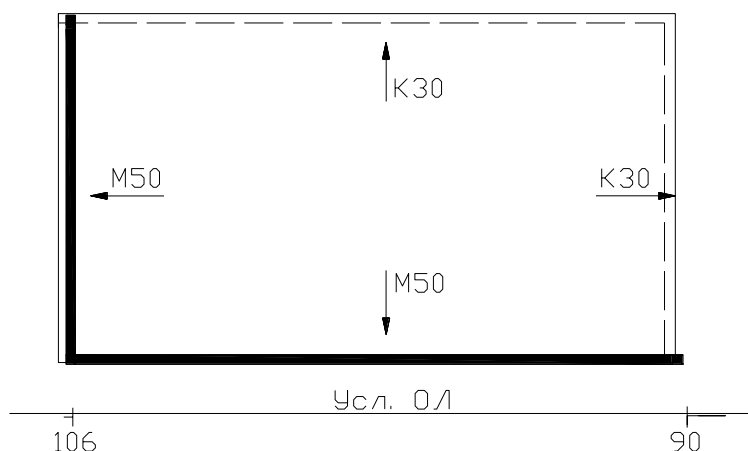
- Спосіб зварювання: полуавтоматичне;
- Форма кромки, характер шва: двосторонній без скосу кромки;
- Положення: горизонтальне.

4.1.13.6. З'єднання монтажних стиків і пазів: ручне стикове зварювання.

4.1.13.7. З'єднання платформ, діафрагм з полотнищем зовнішнього борту:

- Спосіб зварювання: ручне електродугове;
- Форма кромки, характер шва: двосторонній без скосу кромки;
- Положення: вертикальне.

4.1.14. Схема монтажних та контуровочних припусків бортової



секції.

Рис 4.1 Схема монтажних та контуровочних припусків

4.2. ВИМОГИ ДО ДЕТАЛЕЙ І ВУЗЛІВ, ЩО ПОСТУПАЮТЬ НА ЗБИРАННЯ СЕКЦІЇ.

					ДРБ.135.2111ст.06.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.1. Розміри та форми деталей, які поступають для збирання, повинні відповідати кресленням та плазовим даним. Допуски на розміри та форму деталей зазначені в ОСТ 5.9091 – 80.

2.2. Деталі, що подаються для збирання вузлів і секцій, мають бути виготовлені без припусків. Однак, можливе наявність припусків на краях деталей, які утворюють контур вузла або секції.

2.3. Деталі, які подаються для збирання, повинні бути очищені від іржі, бруду, мастила та покриті ґрунтом..

2.4. Комплектацію деталей слід проводити поетапно, при цьому дотримуючись порядку їх установки під час збирання. Дрібні деталі слід зберігати та транспортувати у спеціальних контейнерах.

2.5. Для кантування та транспортування на вузлах мають бути встановлені та приварені транспортні рими та обухи.

2.6. Кромки деталей, які з'єднуються, необхідно перевірити на чистоту. У разі їх забруднення рекомендується очистити турбінкою з наждачним кругом.

Розміри зачищеної поверхні деталей, які з'єднуються, вказані на кресленнях згідно наступним вимогам:

- Для полотнища зовнішнього борту (рис. а):

$$L = e / 2 + (5 \div 10) = (19 \div 24) \text{ мм.}$$

де S_1, S_2 – товщини листів, що з'єднуються, мм;

e – ширина шва, мм.

- Для полотнища внутрішнього борту (рис. а):

$$L = e / 2 + (5 \div 10) = (19 \div 24) \text{ мм.}$$

- Для приварювання діафрагм та платформ до полотнища борту, приварювання книць та з'єднання ребер жорсткості, що підкріплюють вирізи, між собою (рис. б):

$$L_1 = K + (5 \div 10) = 4 + (5 \div 10) = (9 \div 14) \text{ мм,}$$

$$L_2 = S + 2 \cdot K + (5 \div 10) = 10 + 2 \cdot 4 + (5 \div 10) = (23 \div 28) \text{ мм,}$$

де $K=4$ мм – катет шва.

- Для приварювання діафрагм та платформ до полотнища борту, приварювання книць та з'єднання ребер жорсткості, що підкріплюють

					ДРБ.135.2111ст.06.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

вирізи, між собою (рис. б):

$$L_1 = K + (5 \div 10) = 5 + (5 \div 10) = (10 \div 15) \text{ мм},$$

$$L_2 = S + 2 \cdot K + (5 \div 10) = 9 + 2 \cdot 5 + (5 \div 10) = (24 \div 29) \text{ мм},$$

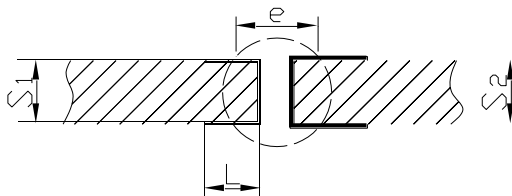
де $K=5$ мм – катет шва.

- Для приварювання поздовжніх ребер жорсткості з штабобульбу несиметричного І 16а до платформи № 3, штабобульбу симетричного Т 24710 до платформ та внутрішнього борту, ребер жорсткості з штабобульбу симетричного Т 22610 до полотнища зовнішнього борту, діафрагм до платформ та з'єднання ребер жорсткості, що підкріплюють вирізи, з діафрагмами (рис. б):

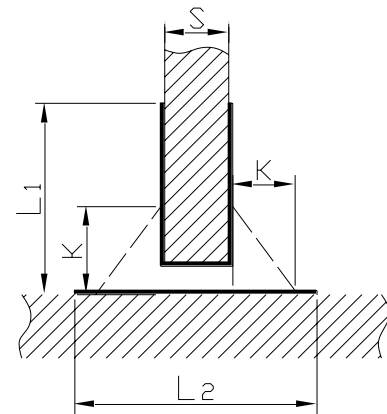
$$L_1 = K + (5 \div 10) = 5 + (5 \div 10) = (10 \div 15) \text{ мм};$$

$$L_2 = S + 2 \cdot K + (5 \div 10) = 14 + 2 \cdot 5 + (5 \div 10) = (29 \div 34) \text{ мм},$$

де $K=5$ мм – катет шва.



а) для стикових з'єднань.



б) для таврових з'єднань.

Рис 4.2 Схема зачищення кромки

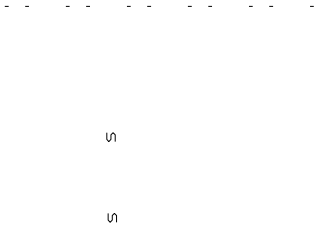
4.3. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС ВИГОТОВЛЕННЯ ВУЗЛІВ.

До складу бортової секції входять такі вузли: (див. табл. 3.1).

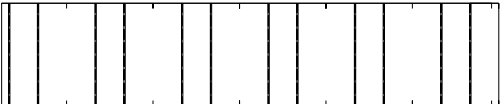
Таблиця 3.1. Ескізи основних вузлів.

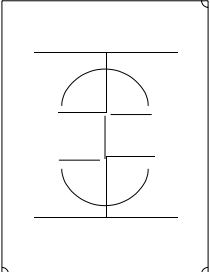
Номер п/п	Найменування	Ескіз	Назва деталей, що входять до складу вузла	Примітка
1	Полотнище зовнішнього борту		Листи обшивки, вертикальні	_____

					ДРБ.135.2111ст.06.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2	Полотнище внутріш. борту		РЖ.	_____
---	--------------------------------	--	-----	-------

3	Платформа 3		Лист платформи, РЖ обох напрямків.	_____
---	-------------	---	---	-------

4	Платформа 1 та 2		Лист платформи, вертикальні РЖ	_____
---	---------------------	---	---	-------

5	Діафрагма		Стінка з На 91, 94, вирізом, 97, 100, підкріпленим 103,106 РЖ обох шп. напрямків.
---	-----------	---	---

Технологічний процес виготовлення вузла 1.Полотнище зовнішнього борту

Вузол виготовляється на стенді.

3.1. Підготовка стенда:

Видалити тимчасові кріплення, зачистити місця їх приварювання та перевірити

					ДРБ.135.2111ст.06.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

горизонтальність стенда відповідно до ISO 2768-1.5.9324 – 79.

Допустимі відхилення для стенду:

- Горизонтальність за шириною та довжиною – 8 мм. Перевіряти за допомогою шлангового рівня, теодоліта або нівеліра.
- Площинність робочої поверхні за шириною та довжиною – 10 мм. Перевіряти шланговим рівнем або теодолітом.

3.2. Збирання полотнища:

Подати краном листи на стенд, розкласти їх відповідно кресленням, істикувати на прихватках ($l=25\text{мм}$, $t=350\text{мм}$, $h=0,7\text{мм}$). Притиснути полотнище до стенду вантажами з обох боків пазів. Закріпити полотнище на стенді по контуру прихватками ($l=25\text{мм}$; $t=350\text{мм}$; $k=6\text{мм}$). Встановити і приварити по кінцям стикових швів, які будуть зварюватися, вивідні планки розміром $14\times 100\times 100$ мм.

3.3. Здача конструкції під зварювання:

3.3.1. Перевірити чистоту кромek відповідно до п. 2.6.

3.3.2. Перевірити правильність підготовки кромek під зварювання.

3.3.3. Перевірити правильність збирання відповідно кресленням та плазовим даним.

3.4. Збирання та зварювання полотнища:

Заварити пази між листами автоматом від середини до кінців (ГОСТ 8713–79–С7–АФ, марка автомату – АДС-1000-2, характеристики:

Діаметр проволони	3-6мм
Швидкість подачі проволони	0,5-2м/хв.
Швидкість зварювання	15-70м/год
Сила току	400-1200
Напруга	650-700 В

Звільнити вузол від закріплень до оснастки, виконати кантування згідно зі схемою, притиснути полотнище до стенда та закріпити по контуру прихватками.

Підварювання швів:

					ДРБ.135.2111ст.06.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Підготувати зварні шви полотнища до підварювання.
- Підварити зварні шви аналогічно зварюванню основного шва.

3.5. Контроль зварних швів:

Здійснити контроль зварних швів згідно з ISO 5817

Якість швів зварних з'єднань проконтролювати зовнішнім оглядом і вимірюванням. Виправити дефекти зварних з'єднань, уразі їх виявлення, згідно з ISO 17635.

3.6. Розмітка полотнища:

Виконати розмітку полотнища під набір, платформи та діафрагми. Лінії розмітки перевірити за плазовими ескізами та накернувати.

3.7. Встановлення вертикальних ребер жорсткості:

3.7.1. Використовуючи кран, встановити вертикальні ребра жорсткості за розміткою. Допустимі відхилення:

- від лінії розмітки – 2 мм ;
- на перпендикулярність – 2 мм.

3.7.2. Обтиснути встановлені ребра жорсткості до полотнища та закріпити прихватками ($l=25\text{мм}$; $t=350\text{мм}$; $k=5\text{мм}$).

3.8. Здача конструкції під зварювання:

3.8.1. Перевірити чистоту кромek відповідно до п.2.6.

3.8.2. Перевірити правильність підготовки кромek під зварювання.

3.8.3. Перевірити правильність збирання відповідно кресленням та плазовим даним.

3.9. Приварювання ребер жорсткості до полотнища:

Приварити ребра жорсткості автоматичним зварюванням під флюсом напрохід (ISO 4063).

3.10. Звільнення вузла від закріплення до оснастки.

3.11. Контроль зварних швів:

Здійснити контроль зварних швів згідно з ISO 5817

3.12. Заміри вузла згідно ISO 2768-1. Допустимі відхилення:

					ДРБ.135.2111ст.06.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- за довжиною – 12 мм;
- за шириною – 12 мм;
- різниця діагоналей – 5 м.

3.13. Задача вузла на комплектність і якість.

3.14. Маркування:

3.14.1. Виконати маркування вузла з лицевої та внутрішньої сторони білою фарбою.

3.14.2. Маркування обвести фарбою.

Технологічний процес виготовлення вузла 2.Полотнище внутрішнього борту

Технологічний процес виготовлення вузла 2 аналогічний технологічному процесу виготовлення вузла 1.

Технологічний процес виготовлення вузла 3.Платформа 3

3.15. Підготовка стенда:

Видалити тимчасові кріплення, зачистити місця їх приварювання та перевірте стенд на горизонтальність і прямолінійність відповідно до ISO 2768-1

Допустимі відхилення для стенду:

- Горизонтальність за шириною – 2 мм;
за довжиною – 8 мм.

Перевіряти за допомогою шлангового рівня, теодоліта або нівеліра.

- Площинність робочої поверхні за шириною – 6 мм;
за довжиною – 10 мм.

Перевіряти шланговим рівнем або теодолітом по довжині та шергенем або ниткою – по ширині.

3.16. Краном подати лист платформи, вкласти на стенд, притиснути та закріпити прихватками ($l=20\text{мм}$; $t=250\text{мм}$; $k=4\text{мм}$). Кріплення виконати тільки по контуру листа.

3.17. Розмітка листа платформи:

					ДРБ.135.2111ст.06.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Виконати розмітку листа платформи під продольні ребра жорсткості.
Лінії розмітки перевірити по плазовим ескізам. Накернити.

3.18. Встановлення продольних ребер жорсткості:

3.18.1. Подати краном і встановити по розмітці продольні ребра жорсткості під кутник. Допустимі відхилення:

- від лінії розмітки – 2 мм;
- на перпендикулярність – 2 мм.

3.18.2. Притиснути встановлені ребра жорсткості до полотнища зовнішнього борту та закріпити прихватками ($l=25\text{мм}$; $t=350\text{мм}$; $k=5\text{мм}$).

3.19. Задача конструкції під зварювання:

див. п. 3.8.

3.20. Приварювання ребер жорсткості до листа платформи:

див. п. 3.9.

3.21. Звільнення вузла від закріплення до оснастки.

3.22. Кантування:

Кантувати вузол згідно зі схемою кантування і транспортування.

3.23. Розмітка листа платформи :

Виконати розмітку листа платформи під бімси. Лінії розмітки перевірити по плазовим ескізам. Накернити.

3.24. Встановлення поперечних ребер жорсткості на лист платформи:

3.24.1. Подати краном і встановити по розмітці поперечні ребра жорсткості під кутник. Допустимі відхилення від лінії розмітки та на перпендикулярність – 2 мм.

3.24.2. Притиснути до полотнища та закріпити прихватками ($l=25\text{мм}$; $t=350\text{мм}$; $k=5\text{мм}$).

3.25. Задача конструкції під зварювання: див. п. 3.8.

3.26. Приварювання ребер жорсткості до листа платформи:

Приварити ребра жорсткості напівавтоматом у середовищі захисних газів у нижньому положенні від середини до кінців (ГОСТ 14771–76–ТЗ–УП– L 5).

					ДРБ.135.2111ст.06.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.27. Контроль зварних швів:

Здійснити контроль зварних швів згідно з ISO 5817

3.28. Заміри вузла згідно ISO 2768-1. Допустимі відхилення:

- за довжиною – 2 мм;
- на перпендикулярність – 2 мм.

3.29. Здача вузла на комплектність і якість.

3.30. Маркування:

див п. 3.14.

Технологічний процес виготовлення вузла 4.Платформа 1та 2

Технологічний процес виготовлення вузла 4 аналогічний п. 3.15 – 3.16, 3.26 – 3.30.

Технологічний процес виготовлення вузла 5.Діафрагма

3.32. Підготовка стенда:

Видалити тимчасові кріплення, зачистити місця їх приварювання та перевірити стенд на горизонтальність і прямолінійність відповідно до ISO 2768-1.

Допустимі відхилення для стенду:

- Горизонтальність за шириною – 2 мм;
за довжиною – 4 мм.

Перевіряти за допомогою шлангового рівня, теодоліта або нівеліра.

- Площинність робочої поверхні за шириною – 6мм;
за довжиною – 8 мм.

Перевіряти шланговим рівнем або теодолітом по довжині та шергенем або ниткою – по ширині.

3.33. Використовуючи кран, подати лист діафрагми на стенд, притиснути вантажами та закріпити прихватами ($l=20\text{мм}$; $t=250\text{мм}$; $k=4\text{мм}$). Кріплення виконати тільки по контуру листа.

3.34. Розмітка листа діафрагми:

Виконати розмітку листа діафрагми. Лінії розмітки перевірити по

					ДРБ.135.2111ст.06.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

плазовим ескізам і накренити. Допустимі відхилення за довжиною та за шириною – 1 мм.

3.35. Встановлення ребер жорсткості, що підкріплюють виріз діафрагми:

3.35.1. Встановити вертикальні ребра жорсткості по розмітці, перевірити по кутнику (допустимі відхилення – 2 мм), притиснути до листа і закріпити на прихватках ($l=20\text{мм}$; $t=350\text{мм}$; $k=4\text{мм}$), потім встановити та закріпити горизонтальні ребра жорсткості.

3.35.2. Зістикувати ребра жорсткості між собою.

3.36. Здача конструкції під зварювання:

див. п. 3.8.

3.37. Приварювання ребер жорсткості:

Зварити ребра жорсткості в першу чергу між собою та потім з листом діафрагми (ISO 4063).

3.38. Звільнити вузол від закріплення до оснастки.

3.39. Контроль зварних швів: згідно ISO 5817

3.40. Заміри вузла згідно ISO 2768-1. Допустимі відхилення за довжиною та на перпендикулярність – 2 мм.

3.41. Здача вузла на комплектність і якість.

3.42. Маркування:

Виконати маркування вузла відповідно до ISO 5457.

4.4. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС ЗБИРАННЯ ТА ЗВАРЮВАННЯ БОРТОВОЇ СЕКЦІЇ.

4.1. Підготовка станда:

див. п. 3.1.

4.2. Використовуючи кран, перемістити вузол внутрішнього борту на стенд, притиснути і закріпити прихватами ($l=25\text{мм}$; $t=300\text{мм}$; $k=5\text{мм}$). Кріплення здійснити лише по контуру обшивки.

					ДРБ.135.2111ст.06.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4.3. По кернам відновити лінії встановлення платформ і діаграм

4.4 Встановлення платформи №2:

4.4.1. Розмістити фіксуючі стояки у місцях для платформ, приварити їх.

4.4.2. За допомогою крана подати лист платформи, встановити його між стояками, перевірити правильність установки по розмітці (допустимі відхилення: від лінії розмітки – 2 мм, на вертикальність – 6 мм), розкріпити, притиснути і закріпити прихватками ($l=25\text{мм}$; $t=400\text{мм}$; $k=6\text{мм}$) до полотнища внутрішнього борту.

4.5. Встановлення діафрагм:

4.5.1. Розмістити і приварити фіксуючі стояки у місцях для діафрагм

4.5.2. Подати краном діафрагми, встановити їх, надіти на ребра жорсткості та притиснути до листа платформи №2, перевірити правильність установки по лінії розмітки і розтяжки (допустимі відхилення: за довжиною – 4 мм, на вертикальність – 6мм), притиснути, закріпити прихватками ($l=20\text{мм}$; $t=250\text{мм}$; $k=4\text{мм}$) до листа платформи №3 та полотнища.

4.6. Встановлення платформи 3:

див. п. 4.4.

4.7. Встановлення діафрагм:

див. п. 4.5.

4.8. Встановлення платформи 1:

див. п.4.4.

4.9. Встановлення діафрагм:

див. п 4.5.

4.10. Встановити деталі згідно з кресленнями, закріпити прихватами ($l=25\text{мм}$; $t=300\text{мм}$; $k=5\text{мм}$).

4.11. Видалити тимчасові кріплення газовою різкою, зачистити місця зварювання.

4.12.Здача конструкції під зварювання:

див. п. 3.8.

					ДРБ.135.2111ст.06.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4.13. Зварювання набору:

Зварити діаграми та платформи між собою і з внутрішнім бортом, починаючи від середини до країв згідно ISO 17660

4.14. Встановлення та приварювання доізоляційного насичення.

4.15. Контроль зварних швів:

див. п. 3.5.

4.16. Перевірка високого набору по висоті:

Перевірити висоту верхніх кромок за плазовими даними, при необхідності виправити газовим різанням.

4.17. Встановлення полотнища зовнішнього борту на набір секції:

4.17.1. За допомогою крана подати зовнішній борт на набір секції, вирівняти його по контрольним лініям.

4.17.2. Притиснути вузол до набору, закріпити прихватами ($l=20\text{мм}$; $t=250\text{мм}$; $k=4\text{мм}$).

4.18. Задача конструкції під зварювання:

див. п. 3.8.

4.19. Встановлення та приварювання доізоляційного насичення.

4.20. Встановлення та приварювання обухів для кантування та транспортування:

4.20.1. Встановити обухи згідно із схемою, здати під зварювання

4.20.2. Приварити обухи.

4.20.3. Приварити набір корпусної конструкції у районі обухів у обсязі, передбаченому схемою кантування та транспортування.

4.21. Контроль зварних швів:

див. п. 3.5.

4.22. Звільнити секцію від закріплення до оснастки.

4.23. Зняти секцію за допомогою крана з оснастки, перемістити на стенд або майданчик

4.24. Нанести контрольні лінії згідно з ISO 13920, накернити їх, помітити

					ДРБ.135.2111ст.06.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

фарбою.

4.25. Кантування:

Кантувати секцію згідно зі схемою кантування і транспортування.

4.26. Приварювання платформ та діафрагм до полотнища зовнішнього борту:

Приварити платформи і діафрагми до зовнішнього борту ручним електродуговим зварюванням (ISO 4063)

4.27. Встановлення та приварювання доізоляційного насичення після кантування секції.

4.28. Контроль зварних швів:

див. п. 3.5.

4.29. Контуровка за допомогою оптичних приладів (використовується для всіх типів секцій). В цьому методі використовуються оптичні прилади: нівеліри, теодоліти, спеціально обладнані стенди. Стенди мають опорні пристрої для секції та забетоновані стійки з нанесеними базовими площинами. За допомогою оптичних пристроїв на основі даних контуровочного ескізу виконується повна розмітка усіх елементів секції, включаючи її контур.

4.29.1. Перевірити габаритні розміри секції.

Допустимі відхилення:

- за довжиною – 14 мм.
- за шириною – 20 мм.
- за висотою – 8 мм.
- повздовжній та поперечний згин - 8 мм

4.29.2. Видалити припуски по кромкам секції газовим різанням, розробити кромки та зачистити їх.

4.30. Заміри секції згідно з ISO 13920.

4.31. Здача секції на комплектність та якість.

4.32. Випробування на непроникливість зварних швів:

Випробувати зварні шви гасом на непроникність

4.33. Грунтовка секції:

					ДРБ.135.2111ст.06.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4.33.1. Ґрунтувати секцію за відомістю, монтажні кромки не ґрунтувати.

4.34. Маркування:

4.34.1. Виконати маркування вузла з лицевої та внутрішньої сторони білою фарбою.

4.34.2. Маркування обвести фарбою.

4.34.2. Відновити контрольні лінії, нанесені на секцію, помітити їх білою фарбою.

					ДРБ.135.2111ст.06.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

У даній роботі було проведено детальний аналіз проектування судна, що включає визначення водотоннажності та основних розмірів, розрахунок потужності головних двигунів, а також визначення коефіцієнтів повноти та інших ключових параметрів судна.

Було розраховано водотоннажність судна в першому та другому наближенні, використовуючи метод Ньютона, і підтверджено, що різниця між значеннями водотоннажності в першому та другому наближеннях не перевищує 1%, що дозволяє вважати ці результати достатньо точними для подальшого проектування.

Основні характеристики судна, такі як довжина між перпендикулярами, ширина, висота борту та осадка, були визначені з урахуванням коефіцієнтів повноти, що відповідають сучасним вимогам до суховантажних суден. Крім того, було проведено розрахунок вагового навантаження для різних розділів, включаючи корпус, суднові пристрої, системи, енергетичну установку, електрообладнання, запаси палива та інші елементи.

У роботі було проведено поділ судна на відсіки, визначено розташування та довжину форпикової та ахтерпикової перегородок, що є важливими для забезпечення стійкості та безпеки судна під час експлуатації.

Результати розрахунків підтверджують, що проектоване судно відповідає заданим вимогам щодо вантажопідйомності, дальності плавання та інших експлуатаційних характеристик, що робить його ефективним та надійним для використання в умовах сучасних морських перевезень.

					ДРБ.135.2111ст.06.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ 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., Щедролюсєв 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.
11. Кротов О. І., Голіков 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. Матвєєв В. Г., Кузнєцов А. І., Мартинець Б. М., Михайлов Б. М., Узлов О.М., Цибенко М.О., Шарун Г. В. Проектування конструктивного мідель-шпангоута суховантажних суден. Методичні вказівки. Миколаїв : УДМТУ, 2002. 74 с.

14. Некрасов В. О., Кротов О. І., Шестопап В. П., Потай І. Ю. Розрахунки статистики судна. Частина І. Плавучість 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. Пістун І. П., Тубальцев А. М., Тубальцева Н. П. Охорона праці в суднобудуванні : Навчальний посібник. Львів : «Тріада плюс», 2009. 580 с.
19. 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.
20. 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.
21. Технологія корпусобудівних робіт: Підручник / Рашковський О.С., Щедролосєв О.В., Фаріонов А.М., Цикало Н.В., Перов В.М., Сліжевський С.М.; за заг. ред. проф. О.С. Рашковського (Рекомендовано Вченою радою НУК, протокол № 13 від 29.12.2017 р.). Миколаїв : НУК, 2018. 516 с.
22. Яглицький Ю. К. Підготовка виробництва в суднобудуванні з використанням інформаційних технологій: навчальний посібник. Миколаїв : НУК, 2018. 300 с.