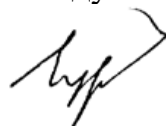


МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Херсонський навчально-науковий інститут
Національного університету кораблебудування
імені адмірала Макарова

Кафедра Суднобудування та ремонту суден

«Допущений до захисту»
Завідувач кафедри



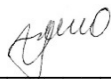
О.В. Щедролосєв

«06» червня 2025 р.

Кваліфікаційна робота
на здобуття ступеня вищої освіти «бакалавр»

на тему: **Проект навалочника з розробкою технологічного процесу
виготовлення секції верхньої палуби судна**

Виконав: студент 4111ст групи



(підпис)

Целінко А.А.

Керівник роботи:

К.Н., ДОЦЕНТ

(посада, науковий ступень, вчене звання)



(підпис)

Коновалова Г.В.

Херсон – 2025 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 «Судноремонт та технічне обслуговування флоту»

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Гарант освітньої програми



Кузнецов А.І.

«12» березня 2025 року

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

Целінко Артем Андрійович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи **Проект навалочника з розробкою технологічного процесу виготовлення секції верхньої палуби**

Керівник роботи к.н., доцент Коновалова Г.В.

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

Затверджені наказом по ХННІ НУК № **07** від «**12**» **березня 2025 року**

2. Строк подання студентом роботи 06.06.2025 року

3. Вихідні дані до роботи:

3.1. Вантажопідйомність (вантажомісткість) 30000 т

3.2. Вид вантажу (питома завантажувальна кубатура) вантаж густиною 2,40 т/м³

3.3. Швидкість експлуатаційна 14,4 вузлів

3.4. Клас судна за Правилами РСУ для морських суден: КМ  A1 Ore carrier

3.5. Дальність та район плавання 6600 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 верхньої палуби судна.

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

5.1. Теоретичне креслення.

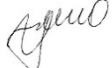
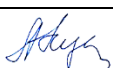
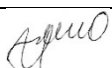
5.2. Креслення загального розташування: боковий вид та план верхньої палуби.

5.3. Конструктивний мідель-шпангоут судна.

5.4. Технологія виготовлення секції верхньої палуби судна.

5.5. Демонстраційна таблиця.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата			
		Завдання видав		Завдання прийняв	
проектування судна	старший викладач Соценко В.В.		12.03.2025		12.03.2025
побудова теоретичного креслення	старший викладач Соценко В.В.				
конструкція корпусу	доцент Кузнєцов А.І.				
технологічна частина	професор Щедролюсєв О.В.				

7. Дата видачі завдання 12.03.2025 р.**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

Номер	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1.	Визначення основних елементів і характеристик судна-проекту.	14.03.2025	
2.	Побудова теоретичного креслення.	28.03.2025	
3.	Набір корпусу за Правилами класифікаційного товариства. Конструктивний мідель-шпангоут.	11.04.2025	
4.	Технологічна частина проекту. Креслення з технологічної частини проекту.	16.05.2025	
5.	Демонстраційна таблиця	04.06.2025	
6.	Оформлення пояснювальної записки та завершення оформлення кваліфікаційної роботи й презентацій.	06.06.2025	

Студент

А.А. Целінко

Керівник

Г.В. Коновалова

ЗМІСТ

Анотація	5
Вступ.....	7
1. Визначення водотоннажності та головних розмірів.....	10
2. Розробка теоретичного креслення.....	18
3. Проектування конструктивного мідель-шпангоута	24
4. Проектування технологічного процесу виготовлення секції верхньої палуби	37
Висновки	56
Список використаної літератури.....	57

АНОТАЦІЯ

Відповідно до завдання на дипломну роботу бакалавра, виданого кафедрою суднобудування та ремонту суден Херсонського навчально-наукового інституту НУК, спроектовано судно-навалочник вантажопідйомністю 30000 тон.

У розрахунковій частині проєкту виконане наступне:

- визначені водотоннажність судна та головні розміри:
довжина судна між перпендикулярами $L = 179,7$ м;
ширина судна $B = 28,22$ м;
висота борту $D = 13,86$ м;
осадка на міделі $d = 9,76$ м;
- розроблене теоретичне креслення корпусу судна;
- спроектовано конструктивний мідель–шпангоут судна згідно Правил Регістру судноплавства;
- в технологічній частині роботи спроектовано технологічний процес виготовлення секції верхньої палуби судна.

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, навалочник, секція верхньої палуби, суднобудування, теоретичне креслення.

ANNOTATION

In accordance with the assignment for the bachelor's thesis issued by the Department of Shipbuilding and Ship Repair of the Kherson Educational-Scientific Institute of Admiral Makarov National University of Shipbuilding, a bulk carrier is projected by a carrying capacity of 30000 tons.

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

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

length between perpendiculars $L = 179,7$ m;

beam $B = 28,22$ m;

height $D = 13,86$ m;

draft on the midship $d = 9,76$ m;

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

- design of the vessel's structural midship frame in accordance with the Rules of the Ukrainian Shipping Register;

- in the technological part of the work, the technological process of manufacturing the section of the upper deck 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, bulk carrier, upper deck section, shipbuilding, theoretical drawing.

ВСТУП

Навалочники, також відомі як балкери, є суднами, призначеними для перевезення сухих сипучих вантажів, таких як залізна руда, вугілля, зерно та цемент. Ці судна мають великі трюми, спеціально призначені для перевезення сухих сипучих вантажів. Дизайн навалочника спрямований на забезпечення безпечного та ефективного засобу транспортування сухих сипучих вантажів через океани світу.

Навалочники мають різні розміри, починаючи від невеликих прибережних суден до масштабних суден, які можуть перевозити понад 300 000 тонн вантажу. Дизайн навалочника зазвичай має велику одношарову палубу та кілька трюмів, які простягаються по довжині судна. Трюми призначені для повного герметизації, що дозволяє захищати вантаж від погодних умов та мінімізує ризик забруднення.

Трюми на навалочнику зазвичай доступні через люки на верхній палубі судна. Ці люки призначені для герметичної ущільнення і закриваються важкими сталевими кришками, які можуть бути зняті при завантаженні та розвантаженні вантажу.

Через особливості їх вантажу, навалочники потребують обережної обробки, щоб забезпечити стабільність судна. Вантаж повинен бути рівномірно розподілений та закріплений в трюмах, щоб уникнути перекидання під час транспортування, що може призвести до опрокидання судна.

Існує кілька типів балкерів, зокрема, Handysize, Supramax, Panamax та Capesize. Handysize балкери є найменшими у класі балкерів та зазвичай мають вантажопідйомність близько 10000-35000 тонн водотоннажності (DWT). Supramax балкери трохи більші, з вантажопідйомністю близько 35000-60000 DWT. Panamax балкери є найбільшими балкерами, які можуть пройти через Панамський канал, з вантажопідйомністю близько 60000-80000 DWT. Нарешті, Capesize балкери є найбільшими балкерами в світі, з вантажопідйомністю понад 100000 DWT.

Судна масового перевезення потребують спеціальних процедур обробки, щоб забезпечити безпеку екіпажу, вантажу та самого судна. Перед навантаженням треба очистити та оглянути трюми вантажного відділення, щоб переконатися, що вони вільні від будь-яких домішок або забруднень, які можуть пошкодити вантаж. Після підготовки трюмів вантаж навантажують у них через люки на верхній частині палуби.

Під час навантаження вантаж треба рівномірно розподілити по всьому вантажному відділенню, щоб забезпечити стійкість судна. Вантаж зазвичай навантажують за допомогою конвеєрного транспортера або грейферного крану, а потім рівномірно розподіляють та ущільнюють його за допомогою бульдозера або іншого важкого обладнання.

Після завантаження вантажних люків закривають, і судно готове до відправлення. Під час перевезення екіпаж повинен стежити за стійкістю судна, щоб забезпечити безпеку вантажу та щоб судно не було під загрозою перекидання.

Балкери є невід'ємною частиною глобальної морської перевезення, забезпечуючи вигідний спосіб перевезення великих обсягів сухого вантажу через океани світу. Ці судна розроблені з урахуванням безпеки та ефективності і потребують ретельної обробки та контролю, щоб забезпечити безпеку команди, вантажу та судна самого. Незважаючи на виклики, пов'язані з експлуатацією балкерів, ці судна продовжують відігравати важливу роль у перевезенні товарів по всьому світу.

1 ВИЗНАЧЕННЯ ВОДОТОННАЖНОСТІ ТА ГОЛОВНИХ РОЗМІРІВ

Короткі відомості про судно прототип

Для судна, що проектується, вантажопідйомністю 30000 т, в якості прототипу використовуємо технічні данні судна-навалочника, 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	160,0
Довжина найбільша	L	м	169,8
Ширина	B	м	25,12
Висота борту	H	м	12,38
Осадка по КВЛ	T	м	8,66
Коеф. загальної повноти	C_b	-	0,810
Коеф. повноти міделя	C_m	-	0,891
Коеф. повноти КВЛ	C_w	-	0,991
Швидкість експлуатаційна	V_s	вуз.	14,4
Вантажопідйомність	Δ	т	29434
Дальність плавання		миль	6600
Екіпаж		осіб	23

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 $P_{\Gamma}=29434$ - задана вантажопідйомність судна, т,

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

$$\Delta_0 = \frac{30000}{0,69} = 43478 \text{ т}$$

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

$$V_S = V_{\Sigma} \cdot 1,05 = 14,4 \cdot 1,05 = 15,12 \text{ вуз}$$

$$N_0 = 43478^{1/2} \cdot \frac{15,12^{5/2}}{27,2} = 6814 \text{ кВт}.$$

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

$$m = 1 - a_{\kappa} - a_{\Sigma\kappa} - a_{3\theta},$$

$$n = a_y + a_{\epsilon\lambda} + a_{\Sigma\kappa 2} + a_{\Sigma\eta},$$

$$p = a_{\Sigma y} + a_m,$$

где a_{κ} – вимірювач маси металевих корпусу,

$a_{\text{ЭК}}$ – 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 енергетична » 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:

$$q_{\text{ЭУ}} = 600/N^{1/4} = 600/6814^{1/4} = 66,03 \text{ кг/кВт},$$

$$a_{\text{ЭУ}} = \frac{66,03 \cdot 15,12^{5/2}}{27,2} = 2,15$$

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

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

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

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 ,

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

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

$$P_m = 1,15 \cdot 265 \cdot 10^{-6} \frac{43478^{1/2} \cdot 15,12^{3/2}}{27,2} \cdot 6600 = 906,5 \text{ т.}$$

$$a_m = 906,5 / 43478^{1/2} = 4,35.$$

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

$$a_{3.6} = a'_{3.6}(1 - \eta_B) = 0,035(1 - 0,69) = 0,0108$$

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	$a_k \cdot \Delta$	0,235	[2]
02	Судові пристрої	$a_y \cdot \Delta^{2/3}$	0,5	[2]
03	Системи	$a_c \cdot \Delta^{2/3}$	0,21	[2]
04	Енергетична установка	$a_{3y} \cdot \Delta^{1/2}$	2,15	розр.
05	Електрообладнання	$a_{эл} \cdot \Delta^{2/3}$	0,23	[2]
11	Запас водотоннажності	$a_{36} \cdot \Delta$	0,0108	розр.
12	Рідкі вантажі	$a_{жг} \cdot \Delta^{2/3}$	0,005	[2]
13	Постачання, майно	$a_{сн} \cdot \Delta$	0,0025	[2]

14	Екіпаж, провізія, вода	$a_{\text{ЭК}} \cdot \Delta$	0,005	[2]
16	Запас палива, масла, води	$a_m \cdot \Delta^{1/2}$	4,35	розр.

1.3.2. Складання рівняння мас.

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

$$\begin{aligned}
 m &= 1 - a_{\text{К}} - a_{\text{ЭК}} - a_{\text{ЗВ}}, \\
 n &= a_{\text{У}} + a_{\text{ЕЛ}} + a_{\text{ЖГ}} + a_{\text{СН}}, \\
 p &= a_{\text{ЭУ}} + a_{\text{Т}}, \\
 m &= 1 - 0,235 - 0,005 - 0,0108 = 0,749, \\
 n &= 0,05 + 0,23 + 0,005 + 0,0025 = 0,289, \\
 p &= 2,15 + 4,35 = 6,50.
 \end{aligned}$$

Таким чином , рівняння мас має вигляд:

$$\begin{aligned}
 m\Delta - n\Delta^{2/3} - p\Delta^{1/2} &= P_{\Gamma} \\
 0,749\Delta - 0,289\Delta^{2/3} - 6,50\Delta^{1/2} &= 30000
 \end{aligned}$$

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 :

$$\begin{aligned}
 f(\Delta_0) &= m\Delta_0 - n\Delta_0^{2/3} - p\Delta_0^{1/2} - P_{\Gamma} \\
 f(80000) &= 0,749 \cdot 43478 - 0,289 \cdot 43478^{2/3} - 6,50 \cdot 43478^{1/2} - 30000 \\
 f'(\Delta_0) &= m - \frac{2}{3}n\Delta_0^{-1/3} - \frac{1}{2}p\Delta_0^{-1/2} \\
 f'(8000) &= 0,749 \cdot 43478 - \frac{2}{3}0,054 \cdot 43478^{-1/3} - \frac{1}{2}6,50 \cdot 43478^{-1/2} \\
 \Delta_1 &= 42306 \text{ т.}
 \end{aligned}$$

Перевіримо правильність знайденого значення:

$$0,749 \cdot 42306 - 0,054 \cdot 42306^{2/3} - 6,50 \cdot 42306^{1/2} - 30000 = 0.$$

Таким чином, водотоннажність судна в першому наближенні:

$$\Delta_1 = 42306 \text{ т.}$$

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	$a_k \cdot \Delta$	9942,1
02	Судові пристрої	$a_y \cdot \Delta^{2/3}$	607,0
03	Системи	$a_c \cdot \Delta^{2/3}$	254,9
04	Енергетична установка	$a_{\text{эу}} \cdot \Delta^{1/2}$	442,2
05	Електрообладнання	$a_{\text{эл}} \cdot \Delta^{2/3}$	279,3
11	Запас водотоннажності	$a_{\text{зв}} \cdot \Delta$	456,9
12	Рідкі вантажі	$a_{\text{жсг}} \cdot \Delta^{2/3}$	6,08
13	Постачання, майно	$a_{\text{сн}} \cdot \Delta$	105,8
Водотоннажність порожнем			12094,4
14	Екіпаж, провізія, вода	$a_{\text{эк}} \cdot \Delta$	211,53
15	Вантаж		30000
16	Запас палива, масла, води	$a_m \cdot \Delta^{1/2}$	894,7
Дедвейт			31106,3
Повна водотоннажність			43200,7

Приймаємо $\Delta_1 = 43200$ т.

1.4. Розрахунок головних розмірювань у першому наближенні.

1.4.1. Відносна довжина першого наближення визначається за емпіричною формулою:

$$l_1 = \left(2 + \frac{2}{\sqrt[3]{\Delta_1}}\right) V_S^{1/3} = \left(2 + \frac{2}{\sqrt[3]{43200}}\right) 15,12^{1/3} = 5,08.$$

Довжина між перпендикулярами може бути визначена:

$$L_1 = l\Delta_1^{1/3} = 5,08 \cdot 43200^{1/3} = 178,5 \text{ м}$$

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

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

$$B_1 = 178,5/6,37 = 28,02 \text{ м};$$

$$d_1 = 28,02/2,89 = 9,69 \text{ м};$$

$$D_1 = d_1 \cdot (D/d) = 9,69 \cdot 1,42 = 13,76 \text{ м}$$

1.4.2. Визначаємо число Фруда:

$$Fr = \frac{0,514V_S}{\sqrt{gL_1}} = \frac{0,514 \cdot 12,60}{\sqrt{9,81 \cdot 116,8}} = 0,185.$$

1.4.3. Визначаємо коефіцієнти повноти.

Кф. загальної повноти: $C_B = \delta = 1,09 - 1,68 \cdot Fr = 0,777$

Кф. повздовжньої повноти: $C_P = \varphi = 0,04 + 0,96\delta = 0,787$

Кф. повноти ватерлінії: $C_W = \alpha = 0,8780 \varphi + 0,1733 = 0,864$

Кф. повноти мідель-шпангоута: $C_M = \beta = \delta/\varphi = 0,989$

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:

$$C_{B_2} = C_{B_1} = 0,777;$$

$$C_{M_2} = C_{M_1} = 0,787;$$

$$C_{W_2} = C_{W_1} = 0,864.$$

Коефіцієнт подібності визначається за формулою

$$\lambda = \sqrt[3]{\frac{\Delta_2}{\Delta_1}} = \sqrt[3]{\frac{43200}{42306}} = 1,006;$$

$$L_2 = L_1 \cdot \lambda = 178,5 \cdot 1,006 = 179,7 \text{ м};$$

$$B_2 = B_1 \cdot \lambda = 28,02 \cdot 1,006 = 28,22 \text{ м};$$

$$D_2 = D_1 \cdot \lambda = 9,69 \cdot 1,006 = 9,76 \text{ м};$$

$$d_2 = d_1 \cdot \lambda = 13,76 \cdot 1,006 = 13,86 \text{ м};$$

$$\Delta_2 = K_{gc} \cdot \gamma \cdot C_{B_2} \cdot L_2 \cdot B_2 \cdot d_2 = 1,01 \cdot 1,025 \cdot 0,777 \cdot 179,7 \cdot 28,22 \cdot 9,76 = 43591 \text{ т.}$$

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

$$\left| \frac{43591 - 43200}{43591} \right| = 0,008 \leq 0,03.$$

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	$L_{\perp\perp}$	м	178,5
Ширина	B	м	28,02
Висота борту	D	м	13,76
Осадка по ВВЛ	d	м	9,69
Коеф. загальної повноти	C_B	-	0,777
Коеф. повноти міделя	C_M	-	0,787
Коеф. повноти ВВЛ	C_W	-	0,864
Коеф. поздовжньої повноти	C_P	-	0,989
Вагова водотоннажність	Δ	т	43200

Таблиця 1.4 – Головні елементи судна у другому наближенні

Назва елементу	Позн.	Одиниця виміру	Числове значення
Довжина між перпендикулярами	$L_{\perp\perp}$	м	179,7
Ширина	B	м	28,22
Висота борту	D	м	13,86
Осадка по ВВЛ	d	м	9,76
Коеф. загальної повноти	C_b	-	0,777
Коеф. повноти міделя	C_m	-	0,787
Коеф. повноти ВВЛ	C_w	-	0,864
Коеф. повздовжньої повноти	φ	-	0,989
Вагова водотоннажність	Δ	т	43591

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. Шпация в середній частині судна визначається за формулою Морського Регістру:

$$a_0 = 0,002 \cdot L + 0,48 = 0,002 \cdot 179,7 + 0,48 = 0,840 \text{ м.}$$

Приймаємо $a_0 = 800$ мм.

Шпацию в районі ахтерпика и форпика приймаємо 600 мм.

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

$$L_{фор} = 0,05 \cdot L = 0,05 \cdot 179,7 = 8,985 \text{ м;}$$

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

$$L_{axm} = 0,04 \cdot L = 7,188 \text{ м.}$$

2 ПРОЄКТУВАННЯ 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 $Fr = 0,229$

$$l_{\text{нб}} = 0,051 - 0,115 \cdot 0,185 \pm 0,006 = 0,036 \text{ м},$$

$$L_{\text{нб}} = 179,7 \cdot 0,036 = 6,47 \text{ м};$$

– 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:

$$B_{\text{нб}} = 28,22 \cdot 0,17 = 4,79 \text{ м};$$

– найбільша висота шпангоута найбільшої площі бульба:

$$H_{\text{нб}} = 0,93 \cdot d = 0,93 \cdot 9,76 = 9,07 \text{ м};$$

- висота передньої точки бульба від основної площини:

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

де: $h_{\text{нб}} = 0,6$ тоді:

$$H_{\text{нбп}} = 0,6 \cdot 9,76 = 5,86 \text{ м};$$

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

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

$$\psi_{\text{нб}} = 34 - 105 \cdot 0,185 = 15 \text{ град.}$$

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:

$D_p = 13,86 \text{ м}$ – висота борту;

$B_p = 28,22 \text{ м}$ – ширина судна;

$d_p = 0,85D = 0,85 \cdot 13,86 = 11,78 \text{ м}$ – розрахункова осадка;

Розрахункову довжину визначено, як:

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

де: $L_{p_1} = L + \Delta l_n$;

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

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

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

$$L_{p_1} = 179,7 + 1,98 = 181,68 \text{ м};$$

$$L_{p_2} = 0,96(179,7 + 1,98 + 5,2) = 179,4 \text{ м};$$

$$L_p = \max \begin{cases} 181,68 \\ 179,4 \end{cases} = 181,7 \text{ м.}$$

Коефіцієнт загальної повноти розраховано, як:

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

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;

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

$$V_{BVL} = \frac{43591}{1,01 \cdot 1,025} = 42116$$

Тоді:

$$V_p = 42116 \left(\frac{11,78}{9,76} \right)^{0,864/0,777} = 52040 \text{ м}^3.$$

$$C_{Bp} = \frac{52040}{181,7 \cdot 28,22 \cdot 11,78} = 0,861.$$

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 []:

$$F_0 = 2933 \text{ мм};$$

$$X_g = \frac{C_{Bp} + 0,68}{1,36} = \frac{0,861 + 0,68}{1,36} = 1,13.$$

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;

$$\Delta_1 = \left(13,86 - \frac{181,7}{15} \right) 250 = 436,7 \text{ мм.}$$

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

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	$25(L_p/3+10)=1765$	1	1765
	1/6 L від КП	$11,1(L_p/3+10)=783$	3	2349
	1/3 L від КП	$2,8(L_p/3+10)=197$	3	591
	Середина довжини судна	0	1	0
Носова половина	Середина довжини судна	0	1	0
	1/3 L від НП	$5,6(L_p/3+10)=395$	3	1185
	1/6 L від НП	$22,2(L_p/3+10)=1567$	3	4702
	Носовий перпендикуляр	$50(L_p/3+10)=3530$	1	3530

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:

$$\Delta C_K = \frac{\sum Z_{icm}^k \cdot f_i}{8} = \frac{(1765 + 2349 + 591)}{8} = 589$$

– недолік сідлуватості в кормі:

$$\Delta C_H = \frac{\sum Z_{icm}^k \cdot f_i}{8} = \frac{(1185 + 4702 + 3530)}{8} = 1172$$

– недолік сідлуватості по судну взагалі:

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

$$\Delta C = \frac{589 + 1172}{2} = 881 \text{ мм}$$

Поправка Δ_3 визначається за формулою:

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

де: $S = 41,08 \text{ м}$ – сумарна довжина закритих надбудов;

$$\Delta_3 = 881 \left(0,75 - \frac{41,08}{2 \cdot 181,7} \right) = 563 \text{ мм}$$

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

Таким чином мінімальний надводний борт буде дорівнювати:

$$F_{min} = 2933 \cdot 0,99 + 436 - 210 + 563 = 3692 \text{ мм.}$$

Максимально допустима осадка визначається за формулою:

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

$$d_{max} = 13,86 - 3,692 = 10,17 \text{ м}$$

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:

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

$$F_{\text{min н}} = \left(6075 \left(\frac{181,7}{100} \right) - 1875 \left(\frac{181,7}{100} \right)^2 + 200 \left(\frac{181,7}{100} \right)^3 \right) \left(2,08 + 0,609 \cdot 0,777 - 1,603 \cdot 0,864 - 0,0129 \frac{181,7}{9,76} \right) = 3385 \text{ мм.}$$

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

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

$$H_{\phi} = 13,86 - 9,76 = 4,10 \text{ м}$$

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

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

$$l_{\zeta} \geq 0,07 \cdot 181,7 = 12,72$$

Висота бака $h_{\zeta} = 2,5\text{м}$

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

$$H_{\phi} = 13,86 - 9,76 + 2,5 = 6,60$$

Максимально дозволена осадка судна

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

$$d_{max} = 13,86 - 3,39 = 10,47$$

За отриманими результатами будуємо теоретичне креслення.

З ПРОЄКТУВАННЯ КОНСТРУКТИВНОГО МІДЕЛЬ-ШПАНГОУТА

ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО СУДНО, ЩО ПРОЄКТУЄТЬСЯ

3.1. Опис архітектурно-конструктивного типу судна

Проектоване судно є суховантажним з проміжним розташуванням машинного відділення і житлової надбудови, з коротким баком, нахиленим форштевнем і крейсерською кормою. Судно має надлишковий надводний борт, поперечні водонепроникні перегородки.

В дипломній роботі зображується схема поздовжнього розрізу корпусу судна з розділенням судна на відсіки .

Рекомендується прийняти відстань між поперечними перегородками вантажних трюмів і машинного відділення рівною 24–27 шпаций, довжину форпіка і ахтерпіка – 10–12 шпаций по 600 мм, довжину першого від форпіку вантажного трюма – 24 шпациї по 700 мм.

3.2. Вибір шпаций

Нормальна шпация в середній частині судна визначається по формулі

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

L – розрахункова довжина судна, м – довжина між перпендикулярами.

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

$$a_0 = 0,002 \cdot 179,7 + 0,48 = 0,839$$

Приймаю $a = 0,7 \text{ м}$

Ряд стандартних шпаций: 400, 500, 550, 600, 700, 750, 800, 850, 900, 950, 1000 мм.

3.3. Вибір системи набору перекриття корпусу судна

Днищеві і палубні перекриття суховантажних суден довжиною, доцільно конструювати за поперечною системою набору, як найбільш технологічною. Нижні вантажні палуби, короткі надбудови і рубки, бортові перекриття рекомендується набирати за поперечною системою.

Кінцеві частини корпусу суховантажного судна рекомендується набирати за поперечною системою, яка дозволяє краще сприймати поперечні навантаження з боку моря.

3.4. Вибір марки і категорії сталі

Для виготовлення суднового корпусу використовуються суднобудівні сталі нормальної міцності категорій *A, B, D, E, F* з границею плинності $R_{eH} = 235$ МПа.

Характеристики суднобудівної сталі наведені в табл. 3.1.

Таблиця 3.1 – Характеристики суднобудівної сталі

Марка сталі	R_{eH} , МПа	Коефіцієнт використання механічних властивостей η	Нижня границя температури, $^{\circ}C$	Відносне подовження, %	Приблизна вартість за 1 тону, %
ВСт3сп	235	1,0	-20	20	100

За розрахункові характеристики міцності матеріалу в Правилах прийняті нормативні границі плинності по нормальних – σ_n і дотичних – τ_n напруженнях відповідно, МПа

$$\sigma_n = 235/\eta, \quad \tau_n = 0,57\sigma_n, \text{ де } \eta - \text{по табл.4.1.}$$

3.5. Креслення обводів мідель-шпангоута

Виконуються два перерізи: справа – по вантажному трюму, зліва – по машинному відділенню.

Підйом t , м, лінії днища і радіус R , м, закруглення скули визначаються по формулах

$$t = d(1 - C_b);$$

$$t = 9,76(1 - 0,777) = 2,17 \text{ м} \quad R = \sqrt{\frac{Bt}{0,86}}, R = \sqrt{\frac{28,22 \cdot 2,17}{0,86}} = 8,43$$

де d – осадка, м; B – ширина судна, м; C_b – коефіцієнт повноти мідель-шпангоута.

Висота h , м, подвійного дна визначається по формулі

$$h = \frac{L-40}{570} + 0,04B + 3,5 \frac{d}{L}, \text{ але не менше } 0,65 \text{ м.}$$

$$h = \frac{179,7-40}{570} + 0,04 * 28,22 + 3,5 \frac{9,76}{179,7} = 1,565 \text{ м}$$

Довжина внутрішнього дна на суховантажному судні простягається від форпикової до ахтерпикової перегородки, ширина – від борту до борту.

Крайній пояс внутрішнього дна – міждонний лист приймається перпендикулярно до скулового листа.

Ширина вантажних люків і шахти машинного відділення наведені в завданні по дипломній роботі. Висота надбудови (рубки) може бути прийнята 2,3 – 2,5м, а твіндека – 3,5 – 4,5 м. Якщо замість надбудови використовується рубка, то відстань бокової стінки рубки від борту повинна бути не менше 1,2 м. Верхня палуба виконується з вигином, який дорівнює $B/50$, а нижня – без нього, плоскою. Ширина b_k , мм, горизонтального кіля визначається по формулі:

$$b_k = 800 + 5L,$$

$$b_k = 800 + 5 * 179,7 = 1698,5 \text{ мм}$$

але не більше 2000 мм.

Комінгс-карлінгси (карлінгси) верхньої і нижньої палуб повинні знаходитись в одній площині з днищевими стрингерами.

Листи обшивки розміщуються довгою стороною вздовж судна. Число типорозмірів листового і профільного прокату, який застосовується, повинне бути мінімальним

3.2. ОСНОВНІ ПОЛОЖЕННЯ ПО ВИЗНАЧЕННЮ РОЗМІРІВ В'ЯЗЕЙ

3.2.1 Врахування зносу і корозії в'язей корпусу

Врахування впливу зносу і корозії на розміри в'язей корпусу ґрунтується на нормуванні міцності в середині періоду експлуатації конструкції.

Будівельна товщина S , мм, яка вимагається Правилами для листових конструкцій, визначається по формулі:

$$S = S' + \Delta S;$$

$$\Delta S = u(T - 12),$$

де S' – товщина листа, мм, яка відповідає середині періоду служби судна; ΔS – запас, мм, на знос і корозію; u – середньорічне зменшення товщини в'язі, мм/рік, внаслідок зносу і корозії, яке приймається відповідно до табл. (3.2.1.); T – період служби конструкції, роки, приймається $T = 24$ роки; якщо $T < 12$ років, то $\Delta S = 0$.

Момент опору W , см³, поперечного перерізу, який вимагається Правилами, для балок катаного профіля $W = W' \omega_k$. Поправка ω_k визначається по формулі

$$\omega_k = 1 + \alpha_k \Delta S,$$

де $\alpha_k = 0,07 + 6/W' \leq 0,25$ при $W' < 200$ см³; $\alpha_k = 1/0,15(0,01 + 1/W')$ при $W' \geq 200$ см³; W' – момент опору поперечного перерізу в середині періоду служби судна відповідно до формули (1.6.4.2); ΔS – запас, мм, на знос і корозію.

Таблиця(3.2.1.)

№ пункту Правил	Елементи конструкції корпусу	u , мм/рік група I
1.1	Настил верхньої палуби	0,1
1.2	Настил нижніх палуб і платформ	0,11
2.1.2	Зовнішня обшивка борту	0,17
3.1.4	Зовнішня обшивка дна	0,20
4.1.2	Настил другого дна в вантажному трюмі	0,15
4.1.4	Настил другого дна в машинному відділенні	0,20
4.2.2	Міждонний лист	0,20
5.1.3	Обшивка поперечних перегородок і внутрішнього борту	0,13
6.1	Поздовжні балки палуби, бімси, рамні бімси, карлінгси палуб і платформ	0,12
7.1	Поздовжні балки борту, основні і рамні шпангоути, стояки, горизонтальні рами перегородок	0,10
8.2	Вертикальний кіль, днищеві стрингери, флори, поздовжні балки днища і другого дна в відсіках подвійного дна	0,20
9.1	Обшивка і набір надбудов, рубок і фальшборту	0,10

3.3. РОЗРАХУНКОВІ НАВАНТАЖЕННЯ

3.3.1 Розрахункові навантаження на корпус судна

Розрахункові навантаження на корпус судна з боку моря визначаються статичним P_{st} і хвильовим P_w тиском води. Розрахунковий статичний тиск P_{st} , кПа, для точок, які розташовані нижче ватерлінії, визначається по формулі

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

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

Розрахунковий тиск P , кПа, визначається по формулах:

– для точок прикладання навантаження, розташованих нижче ватерлінії

$$P = P_w + P_{st};$$

– для точок прикладання навантажень, розташованих вище ватерлінії

$$P = P_w.$$

Хвильовий тиск P_w , кПа, для точок прикладання навантажень, розташованих нижче ватерлінії

$$P_w = P_{w0} - 1,5C_w z_i / d.$$

Хвильовий тиск P_w , кПа, для точок прикладання навантажень, розташованих вище ватерлінії

$$P_w = P_{w0} - 7,5a_x z_i \geq P_{\min} = 0,03L + 5;$$

$$P_{w0} = 5C_w a_v a_x = 5 \cdot 7,74 \cdot 2 \cdot 0,6 = 48,52$$

$$C_w = 0,0856L \text{ при } L \leq 90 \text{ м};$$

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

$$C_w = 10,75 - \left(\frac{300-179,7}{100}\right)^{3/2} = 9,43$$

$$a_v = \frac{0,8V_0\left(\frac{L}{10^3} + 0,4\right)}{\sqrt{L}} + 1,5;$$

$$a_v = \frac{0,8 \cdot 14,4\left(\frac{179,7}{10^3} + 0,4\right)}{\sqrt{179,7}} + 1,5 = 2,0;$$

$$a_x = k_x \left(1 - 2\frac{x_1}{L}\right) \geq 0,6,$$

$$a_x = 0,8 \left(1 - 2\frac{45,7}{91,8}\right) = 0,004$$

Приймаю $a_x = 0,6$

де V_0 – специфікаційна швидкість судна, вузли; $k_x = 0,8$ – для поперечних перерізів в ніс від міделя; $k_x = 0,5$ – для поперечних перерізів в корму від міделя;

x_1 – відстань, м, розглядуваного поперечного перерізу від ближнього (носового або кормового) перпендикуляра.

В будь-якому випадку результат множення $a_v \cdot a_x$ повинен прийматись не менше 0,6.

3.3.2. Навантаження, викликані вантажем, що перевозиться

Розрахунковий тиск P_v , кПа, на перекриття вантажних палуб, платформ, подвійного дна від штучного вантажу визначається по формулі

$$P_v = \rho_v g h_v \left(1 + \frac{a_z}{g}\right) \geq 20 \text{ кПа},$$

$$P_a = 0,8 * 9,81 * 3,1 \left(1 + \frac{5,15}{9,81}\right) = 37,1$$

де ρ_v – питома вага вантажу, т/м³; $g = 9,81 \text{ м/с}^2$ – прискорення вільного падіння; h_v – розрахункова висота, м, укладання вантажу; a_z – розрахункове прискорення, м/с², в вертикальному напрямку, яке визначається по формулі

$$a_z = \sqrt{a_{cz}^2 + a_{kz}^2 + 0,4a_{\phi z}^2},$$

$$a_z = \sqrt{4,04 + 22,56 + 0,014} = 5,15$$

де a_{cz} – проекція прискорення, м/с², центру ваги судна на вертикальну вісь в розглядуваній точці; $a_{kz}, a_{\phi z}$ – проекції прискорень, м/с², на вертикальну вісь в розглядуваній точці від кильової і бортової хитавиці відповідно.

$$\left. \begin{aligned} a_{cz} &= 0,2 \left(\frac{100}{L}\right)^{1/3} g; \\ a_{kz} &= \left(\frac{2\pi}{T_k}\right)^2 \psi x_0; \\ a_{\phi z} &= \left(\frac{2\pi}{T_\phi}\right)^2 \theta y_0; \end{aligned} \right\}$$

$$\left. \begin{aligned} a_{cz} &= 0,2 \left(\frac{100}{179,7}\right)^{1/3} 9,81 = 2,01; \\ a_{kz} &= \left(\frac{2 * 3,14}{7,37}\right)^2 0,49 * 11,4 = 4,75; \\ a_{\phi z} &= \left(\frac{2 * 3,14}{11,31}\right)^2 * 0,41 * 7 = 0,19 \end{aligned} \right\}$$

$$T_k = \frac{0,8\sqrt{L}}{1+0,4\frac{V_0}{L}(\frac{L}{10^3}+0,4)}; \quad T_\delta = \frac{cB}{\sqrt{h}};$$

$$T_k = \frac{0,8\sqrt{91,8}}{1+0,4\frac{14,4}{91,8}(\frac{179,7}{10^3}+0,4)} = 7,37; \quad \dot{\alpha} = \frac{0,8*14}{\sqrt{0,07*14}} = 11,31$$

$$\psi = \frac{0,23}{1+L10^{-2}} = \frac{0,23}{1+179,7*10^{-2}} = 0,12$$

$$\theta = \frac{0,6}{1+0,5L10^{-2}} = \frac{0,6}{1+0,5*179,7*10^{-2}} = 0,41$$

(1.3.3.1-5)

де T_k , T_δ – періоди кильової і бортової хитавиці, с, відповідно; ψ , θ – розрахункові кути диференту і крену, рад, відповідно; x_0 – відстань, м, розглядуваної точки від поперечної площини, що проходить через центр ваги судна; y_0 – відстань, м, розглядуваної точки від діаметральної площини; V_0 – специфікаційна швидкість судна, вузли; $c = 0,8$ – числовий коефіцієнт; $h = 0,07B$ – метацентрична висота, м, в найбільш несприятливих умовах експлуатації судна.

Сумарне прискорення в вертикальному напрямку a_z , м/с², від усіх видів хитавиці можна також визначити по формулі

$$a_z = g \frac{0,9}{\sqrt[3]{L}} (1 + k_a),$$

де $k_a = 1,6(1 - 2,5\frac{x_1}{L}) \geq 0$ в носовій частині судна; $k_a = 0,5(1 - 3,33\frac{x_1}{L}) \geq 0$ в кормовій частині судна; x_1 – відстань, м, розглядуваного поперечного перерізу від ближнього (носового або кормового) перпендикуляра.

3.4. ПРОЄКТУВАННЯ ЕЛЕМЕНТІВ КОНСТРУКЦІЙ КОРПУСУ СУДНА ЗА ПРАВИЛАМИ РЕГІСТРУ

3.4.1. Проєктування зовнішньої обшивки корпусу

Зовнішня обшивка складається з обшивки борту і дна. Проєктування зовнішньої обшивки починається з розподілу на пояси обрису поперечного перерізу корпусу судна.

Ширина горизонтального кіля b_k , мм, визначається по формулі $b_k = 800 + 5L \leq 2000$ мм (2.2.4.4). Товщина його повинна бути на 2 мм більше товщини

зовнішньої обшивки дна. Ширина скулового поясу визначається положенням верхньої і нижньої кромки поясу. Нижня кромка відповідає точці поєднання плоскої частини обшивки дна з криволінійною. Верхня кромка в розрахунках приймається вище внутрішнього дна на 200 мм. Товщина скулового поясу приймається рівною товщині обшивки дна, або товщині надскулового поясу, в залежності від того, що більше.

Ширина ширстрека приймається рівною ширині горизонтального кіля, а товщина його визначається рівною товщині палубного стрингера, або підширстречного поясу борту, в залежності від того, що більше.

Пази зовнішньої обшивки не повинні співпадати з лініями притикання до зовнішньої обшивки будь-яких поздовжніх в'язів.

Товщина зовнішньої обшивки S , мм, за умовами міцності визначається по формулі

$$S = 15,8ak \sqrt{\frac{P}{k_{\sigma}\sigma_n}} + \Delta S,$$

де k_{σ} – наведено в табл. 3.4.1. Інші позначення наведені в розд.3.1.

Таблиця 3.4.1.

Обшивка дна	$k_{\sigma} = 0,3 k_B \leq 0,6$	Поперечна система набору
	$k_{\sigma} = 0,6$	Поздовжня система набору
Обшивка борту	$k_{\sigma} = 0,6$	$(0,4 - 0,5)D$ від основної
	$k_{\sigma} = 0,3 k_D \leq 0,6$	На рівні ВП

Для обшивки борту нижче рівня $0,4D$ k_{σ} визначається лінійною інтерполяцією між k_{σ} дна і k_{σ} борту в межах $(0,4 - 0,5)D$; для обшивки борту вище рівня $0,5D$ коефіцієнт k_{σ} визначається лінійною інтерполяцією між k_{σ} на рівні розрахункової палуби і k_{σ} в межах $(0,4 - 0,5)D$.

Коефіцієнти k_B і k_D визначаються по формулі

$$k_B = \frac{W_B^{\Phi}}{W}; k_D = \frac{W_D^{\Phi}}{W},$$

де W – необхідний за Правилами момент опору, см^3 , корпусу в середній частині судна згідно розд.5; W_B^Φ , W_D^Φ – фактичні моменти опору, см^3 , дна і палуби відповідно, в середній частині судна. При виконанні курсового проекту слід прийняти $W = W_B^\Phi = W_D^\Phi$. Розрахунок товщини листів зовнішньої обшивки за умовами міцності зведено в табл.3.2. Розрахункові навантаження визначаються для розрахункових точок 1,2,3,4,5,6

Таблиця 3.2 – Розрахунок товщини листів зовнішньої обшивки за умовами міцності

Розрахункові величини та означення	Обшивка дна	Надскуловий пояс обшивки борту	Обшивка борту в межах $0,4D$	Обшивка борту в межах $0,5D$	Обшивка борту на рівні вантажної ватерлінії	Обшивка борту на рівні розрахункової палуби
	Розрахункові точки					
	1	2	3	4	5	6
Менший розмір пластини a , м	0,6	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
Більший розмір пластини b , м	0,7	1,5	1,5	1,2	1,2	1,2
Відношення a/b	0,85	0,46	0,46	0,58	0,58	0,58
Коефіцієнт $k = 1,2 - 0,5a/b$	0,77	0,97	0,97	0,91	0,91	0,91
Розрахунковий тиск P , кПа	104,3	88,43	84,05	76,48	48,52	39,72
Коефіцієнт k_σ	0,3	0,6	0,6	0,6	0,6	0,3
$S' = 15,8ak \sqrt{\frac{P}{k_\sigma \sigma_n}}$, мм	7,83	5,88	4,43	3,9	3,5	3,08
Додаток товщини ΔS , мм	2,4	2,04	2,04	2,04	2,04	2,04
Товщина пластини $S = S' + \Delta S$, мм	10,23	7,92	6,47	5,94	5,54	5,12

Мінімальна будівельна товщина $S_{\min}$, мм, повинна бути не менше

$$S_{\min} = (5,5 + 0,04L) \sqrt{\eta} \quad \text{при } L > 30\text{м.}$$

$$S_{\min} = (5,5 + 0,04 \cdot 179) \sqrt{0,78} = 8,5\text{м}$$

3.4.2. Проектування настилу верхньої палуби

Верхня палуба суховантажного судна має центральні люки, ширина яких не перевищує 0,7 ширини судна. Товщина настилу цієї розрахункової палуби між бортом і поздовжнім комінгсом люка з урахуванням поздовжніх палубних балок основного і рамного набору повинна забезпечити момент опору W_d поперечного перерізу корпусу судна.

Якщо товщина настилу розрахункової палуби приймається менше товщини борту, то передбачається палубний стрингер. Ширина b_c , мм, палубного стрингера верхньої палуби визначається по формулі

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

$$b_c = 5 \cdot 91,8 + 800 = 1259 \text{ мм; приймаємо } b_c = 1200$$

Товщина палубного стрингера приймається не менше товщини обшивки борту. Товщина настилу верхньої палуби за умовами міцності визначається по формулі

$$S = 15,8ak \sqrt{\frac{P}{k_\sigma \sigma_n}} + \Delta S,$$

де $P = 0,7P_w \geq P_{\min}$; $P_{\min} = 0,015L + 7$ – в середній частині корпусу судна; P_w – хвильовий тиск, кПа, розд.4.1; $k_\sigma = 0,3k_D \leq 0,6$ – для поперечної системи набору; $k_\sigma = 0,6$ – для поздовжньої системи набору; ΔS – додаток на знос і корозію. В дипломній роботі слід прийняти $k_D = 1$.

Мінімальна будівельна товщина $S_{\min}$, мм, настилу верхньої палуби повинна бути не менше $S_{\min} = (7 + 0,02L) \sqrt{\eta}$ при $L > 100$ м.

3.4.3. Проектування настилів внутрішнього дна і нижньої палуби

Товщина настилів внутрішнього дна, нижньої палуби і міждонного листа за умовою міцності визначається по формулі

$$S = 15,8ak \sqrt{\frac{P}{k_\sigma \sigma_n}} + \Delta S.$$

Для настилу внутрішнього дна обирається більший розрахунковий тиск P , кПа, з таких умов:

– P_v – розрахунковий тиск, кПа, від штучного вантажу;

– $P_{\text{вип}} = 7,5h_{\text{пт}}$ – випробувальний тиск, кПа;

– $P_{\text{аз}} = 10,5(d - h)$ – тиск аварійного затоплювання, кПа,

де $h_{\text{пт}}$ – віддалення, м, настилу внутрішнього дна від верху повітряної трубки; h – фактична висота, м, подвійного дна.

Розрахунковий тиск P , кПа, на конструкцію внутрішнього дна, якщо міждонний простір заповнений баластом, визначається по формулах

$$P = 0,75g(z_i + \Delta z);$$

$$P = \rho_v g z_i + p_k,$$

де ρ_v – питома вага рідини, т/м³; z_i – відстань, м, яка поміряна в діаметральній площині від розглядуваної в'язі до верхньої палуби; Δz – висота, м, повітряної трубки, яка дорівнює 1,5 м для баластних цистерн суховантажного судна; $p_k = 15$ кПа – тиск запобіжного клапана.

Для нижньої палуби розрахунковий тиск P , кПа, від штучного вантажу визначається по формулі (1.3.4.1), але не менше 20 кПа.

Для палуб та платформ, які призначені для розміщення вантажу, пасажирів та устаткування, розрахунковий тиск P , кПа, обчислюється за (1.3.4.1), при цьому $\rho_v g \geq 3,5$ кПа. Для платформ в машинному відділенні $P_{\text{min}} = 18$ кПа. Коефіцієнт допустимих напружень k_σ визначається по табл. 3.4.

Таблиця 3.4

Настил внутрішнього дна	$k_\sigma = 0,6k_B \leq 0,8$	поперечна система набору
	$k_\sigma = 0,8$	поздовжня система набору
Настил нижньої палуби	$k_\sigma = 0,65k_D \leq 0,8$	поперечна система набору
	$k_\sigma = 0,8$	поздовжня система набору

Для решти внутрішніх палуб і платформ $k_\sigma = 0,9$. В розрахунках прийняти $k_B = k_D = 1,0$.

Розрахунок товщин поясів настилів внутрішнього дна і нижньої палуби зведено в табл. 3.4.1.

Мінімальна будівельна товщина настилу внутрішнього дна визначається по формулі

$$S_{\text{min}} = (5 + 0,035L)\sqrt{\eta} \text{ при } L > 80\text{м.}$$

$$S_{\text{min}} = (5 + 0,035 \cdot 91,8)\sqrt{0,78} = 7,22\text{мм}$$

Мінімальна будівельна товщина $S_{\min}$, мм, настилу нижньої палуби визначається по формулі $S_{\min} = (7 + 0,01L)\sqrt{\eta}$ при $L \geq 100\text{м}$.

Таблиця 3.4.1 – Розрахунок товщин поясів настилів внутрішнього дна і нижньої палуби

Розрахункові величини	Настил внутрішнього дна	Настил нижньої палуби
Менший розмір пластини a , м	0,6	0,7
Більший розмір пластини b , м	0,7	1,5
Відношення a/b	0,85	0,46
$k = 1,2 - 0,5a/b$	0,77	0,97
Розрахунковий тиск P , кПа	63,42	21,15
Коефіцієнт k_{σ}	0,6	0,65
$S' = 15,8ak\sqrt{\frac{P}{k_{\sigma}\sigma_n}}$, мм	4,22	3,43
Додаток товщини ΔS , мм	1,8	1,32
Товщина $S = S' + \Delta S$, мм	6,02	4,75

В табл. 3.4.2 зведено результати проєктування листових конструкцій з урахуванням вимог міцності, стійкості та регламентованих Правилами мінімальних товщин

Таблиця 3.4.2 – Результати проєктування листових конструкцій з урахуванням вимог міцності, стійкості та регламентованих Правилами мінімальних товщин

Назва листової конструкції. Умове означення її товщини	Вимоги			Прийнято
	Міцність	Стійкість	Мінімальна товщина	
Обшивка дна S_d , мм	10,23	7,8	8,5	16
Горизонтальний кіль S_k , мм	-	-	-	18
Скуловий пояс $S_{ск}$, мм	-	8,94	8,5	17
Надскуловий пояс $S_{нск}$, мм	7,92	8,94	8,5	16
Обшивка борта на рівні ВВЛ $S_{бввл}$, мм	5,54	8,94	8,5	16
Підширстречний пояс $S_{пш}$, мм	5,54	9,34	8,5	16
Ширстрек $S_{ш}$, мм	5,12	10,93	8,5	18
Палубний стрингер $S_{пс}$, мм	-	-	-	16
Настил верхньої палуби $S_{вп}$, мм	4,49	11	7,22	14
Настил внутрішнього дна $S_{вд}$, мм	7	6,02	7,22	18

Міждонний лист $S_{мл}$, мм	7	6,02	7,22	18
Настил внутрішнього дна під люком $S_{вдл}$, мм	-	-	-	18
Настил нижньої палуби $S_{нп}$, мм	4,75	4,75	7,22	10

Інші елементи корпусу (в'язи, товщина і т.п.) розраховані й приведені в табл. 3.4.3.

Таблиця 3.4.3 – Розрахунки інших елементів корпусу (в'язи, товщина і т.п.)

Назва елементу	Момент опору [W], см ³	Прийнятий профіль або товщина, мм
Флор суцільний	—	8
Бракетний флор нижньої палуби	112	тавр 18 ^б
Вертикальний кіль	-	12
Днищевий стрингер	—	10
Трюмний шпангоут	208	тавр 25 ^а
Рамний шпангоут	52	тавр 25 ^а
Бімс ВП	120	тавр 22 ^б
Бімс нижньої палуби	121	тавр 22 ^б
Стінка карлінгу ВП	—	7
Полка карлінгу ВП (2шт.)	—	10
Стінка карлінгу НП	—	6
Полка карлінгу НП	—	10

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.

4 ТЕХНОЛОГІЯ ВИГОТОВЛЕННЯ СЕКЦІЇ ВЕРХНЬОЇ ПАЛУБИ

4.1 Конструктивно-технологічна класифікація секції

Секція верхньої палуби 63+200 ... 73+100 шпангоути, лівий борт.

Система набору секції - поздовжня.

Маса секції: 17712 кг;

Габаритні розміри:

довжина – 11,795 м; ширина - 8,2 м; висота - 0,864 м.

4.2 Розташування та характеристика набору в районі секції

Поздовжня система набору представлена 17-ма ребрами жорсткості по лівому борту та 2-ма по правому борту.

1-е ребро жорсткості лівого борту – штабобульб 14а, до якого приварено 2 таври, до кожного з яких приварена штаби товщиною 8 мм та 12 мм.

1-е ребро жорсткості правого борту симетрично до лівого.

2-е ребро жорсткості лівого борту – стінка товщиною 10 мм, до якої приварено 3 таври, до кожного з яких з обох сторін приварено книці.

2-е ребро жорсткості правого борту симетрично до лівого.

3-е ребро жорсткості – штабобульб 14а, до якого приварено 3 таври, до кожного з яких приварено штабу товщиною 8 мм.

4-е, 5-е, 8-е, 11-е, 14-е та 17-е ребра жорсткості – штабобульби 14а, до яких приварено 3 однакових таври, до кожного з яких приварено штабу товщиною 8 мм.

6-е, 9-е, 12-е та 15-е ребра жорсткості лівого борту – стінки товщиною 10 мм, до яких приварено 3 однакові таври, до кожного з яких з обох сторін приварено книці.

7-е, 10-е, 13-е та 16-е ребра жорсткості – штабобульби 14а, до яких приварено 3 таври, до кожного з яких приварено штабу товщиною 8 мм.

До поперечного набору відносяться таври до яких приварені штаби товщиною 8 мм.

4.3 Категорія матеріалу, з якого виготовлено деталі секції та характеристики його механічних та технологічних властивостей

Усі деталі секції виготовлено з суднобудівельних сталей категорій А та А32, хімічний склад яких представлено в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Хімічний склад сталей А та D

Хімічний елемент	Кількість, %	
	А	А32
Кремній, Si	0,15 - 0,37	0,15 – 0,37
Марганець, Mn	0,4 – 1,0	0,6 – 1,4
Сірка, S	до 0,04	до 0,04
Фосфор, P	до 0,04	до 0,04
Вуглець, C	до 0,22	до 0,21
Алюміній, Al	–	0,015 – 0,06

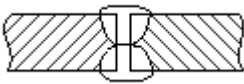
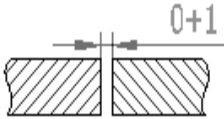
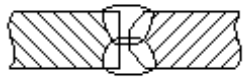
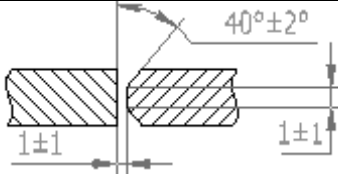
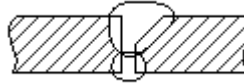
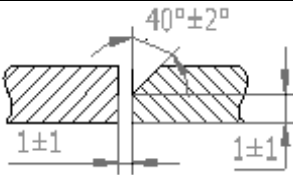
Сталь категорій А та А32 має наступні технологічні властивості:

- гарну зварюваність;
- має високі міцностні характеристики;

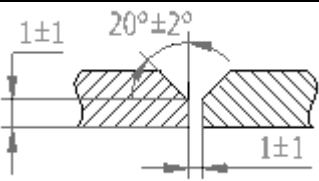
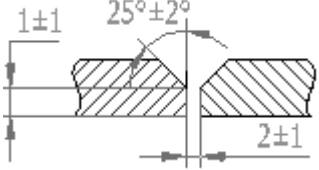
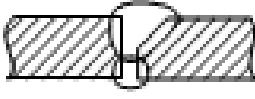
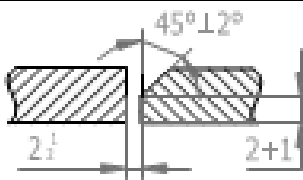
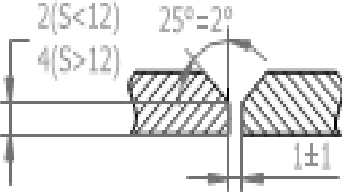
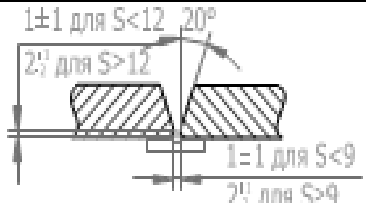
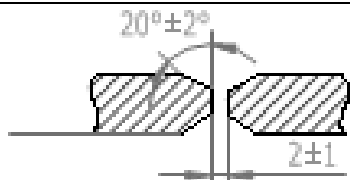
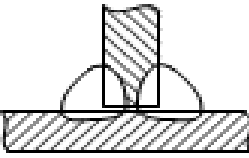
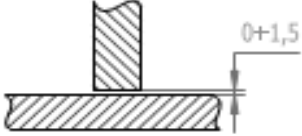
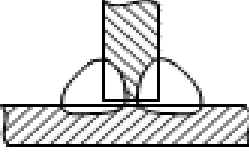
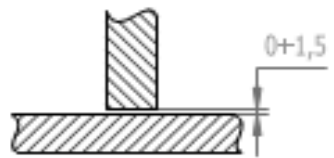
4.4 Опис зварювальних з'єднань

Зварні з'єднання представлені в таблиці 4.2

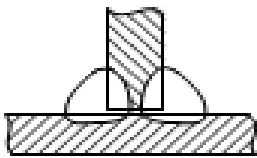
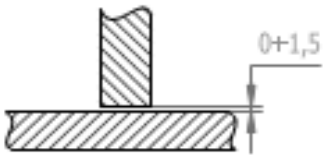
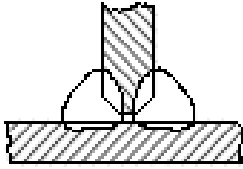
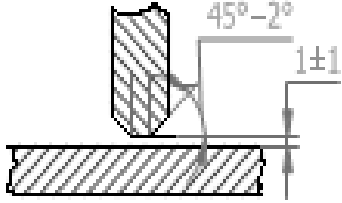
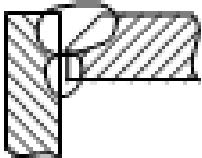
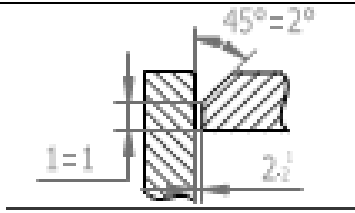
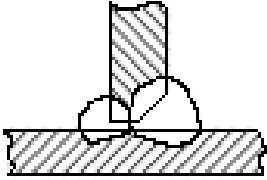
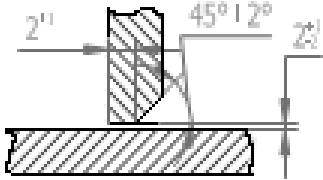
Таблиця 4.2 – Зварні з'єднання.

№2			ГОСТ 8713-79- С7-Аф
№8			ГОСТ 14771- 76-С15-УП
№26			ГОСТ 14771- 76-С12-УП

Продовження таблиці 4.2

№28			ГОСТ 14771-76-С21-УП
№36			ГОСТ 5264-80-С21
№39			ГОСТ 5264-80-С12
№40			ГОСТ 5264-80-С45
№44			ГОСТ 14771-76-С18-УП
№46			ГОСТ 14771-76-С25-УП
№62			ГОСТ 14771-76-Т3-УП-Δ4
№63			ГОСТ 14771-76-Т3-УП-Δ5

Продовження таблиці 4.2

№64			ГОСТ 14771-76-Т3-УП-Δ6
№125			ГОСТ 14771-76-Т8-УП
№152			ГОСТ 5264-80-У7
№194			ГОСТ 14771-76-Т7-УП

4.5 Схема припусків призначених на секцію

Припуски призначені в секції показані на рисунку 4.1

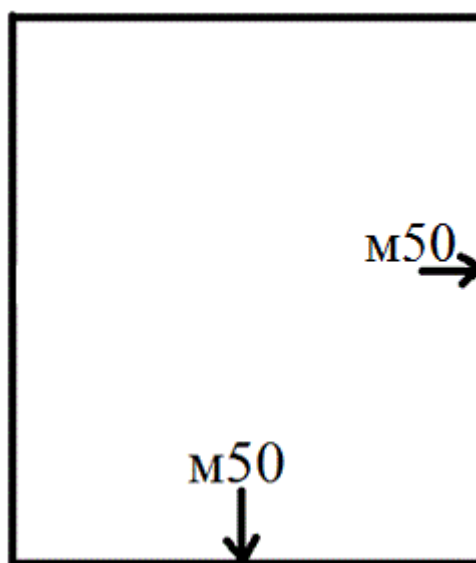
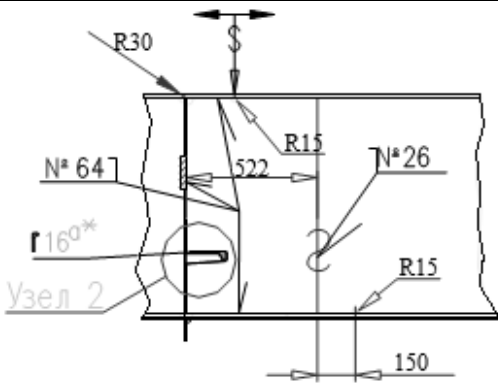
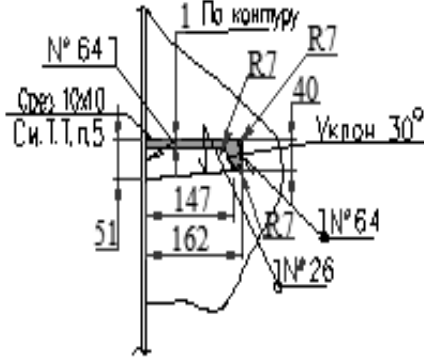
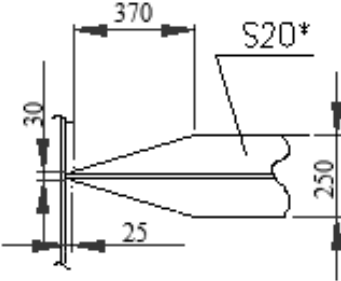


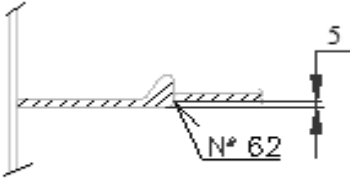
Рисунок 4.1 – Схема призначених припусків

4.6 Технологічний процес складання та зварювання вузлів

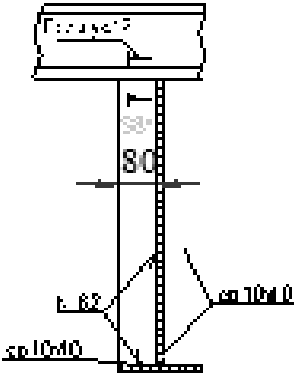
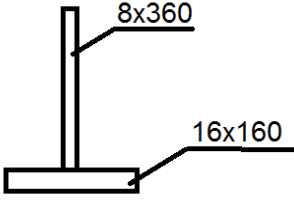
Технологічні вузли секції наведено у таблиці 4.3.

Таблиця 4.3 – Вузли секції

Номер	Назва	Ескіз	Назва деталей, що входять до складу вузла	Примітка
1	Вузол1 (згідно креслення)		Пластина, елемент настилу, ребро жорсткості	
2	Вузол2 (згідно креслення)		Ребро жорсткості, елемент настилу	
3	Вузол3 (згідно креслення)		Лист, ребро жорсткості	

12	Вузол 12 (згідно креслення)		Ребро жорсткості, пластина	
----	-----------------------------------	--	----------------------------------	--

Продовження таблиці 4.3

13	Вузол 13 (згідно креслення)		Ребро жорсткості, планка, пластина	
14	Таврова балка		Полка, стінка	
15	Полотнище		Лист	

4.7 Технологічний процес складання та зварювання полотнища на стенді з флюсовим струмком

4.7.1 Підготовка стенду: видалити тимчасові кріплення на стенді, зачистити місця їх приварки, перевірити стенд на горизонтальність та прямолінійність згідно ГОСТ 5.9324-79.

4.7.2 Скласти однотипні деталі в накопичувач.

4.7.3 Виставити упори.

4.7.4 Відновити флюс у флюсовому струмку.

4.7.5 Подати перший лист полотнища на стенд та пересунути його до упорів, поєднати кромку листа з віссю струмка.

4.7.6 Подати другий лист полотнища на стенд та перенести його до стику з першим листом.

4.7.7 Закріпити листи за допомогою пневмозатискувачів.

4.7.8 Підтиснути струмок та виконати зварювання автоматом під флюсом згідно ГОСТ 8213-79-С29-Афф.

4.7.9 Відкріпити листи від стенду. Переставити упори та перемістити зварені листи до виставлених упорів.

4.7.10 Виконати складання та зварювання решти листів полотнища згідно 4.7.5 – 4.7.9.

4.7.11 Виконати контроль зварних з'єднань відповідно до ГОСТ 5.1093-78.

4.7.12 виправити дефекти зварних з'єднань відповідно до ГОСТ 5.1028-76.

4.7.13 Перемістити напівполотнище на кантувач і виконати кантування.

4.7.14 Виконати зварювання зворотного шву згідно ГОСТ 14221-76-С21-УП.

4.7.15 Виконати контроль зварних з'єднань відповідно до ГОСТ 5.1093-78.

4.7.16 виправити дефекти зварних з'єднань відповідно до ГОСТ 5.1028-76.

4.7.17 Виконати ґрунтування дефектних місць.

4.7.18 Замаркувати вузол.

4.8 Технологія виготовлення таврової балки

4.8.1 Підготувати стенд, видалити тимчасові кріплення. Стенд перевірити на горизонтальність, згідно ГОСТ 5.9324-79.

4.8.2 На стенд вкласти полку шельфа.

4.8.3 Притиснути полку вантажами

4.8.4 На полку нанести риси, що визначають положення стінки.

4.8.5 Стінку з полкою скласти на стенді із застосуванням косинців.

4.8.6 Додатково перевірити суміщення торцевої кромки полки з рисками на стінці.

4.8.7 Притиснути полку до стінки і закріпити на прихватках.

4.8.8 Стінку приварити до полки напівавтоматом в середовищі CO₂ згідно ГОСТ14221-76-ТЗ-УП4.

4.8.9 Виконати перевірку якості зварних з'єднань згідно ГОСТ 5.1093-78.

4.8.10 Усунути дефекти зварних швів згідно ГОСТ 5.1028-76.

4.8.11 Відкріпити кріпильні елементи.

4.8.12 Відкріпити вузол від стенду.

4.8.13 Замаркувати вузол білою фарбою.

4.8.14 Приварити рими і обухи згідно зі схемою кантування.

4.8.15 Прибрати вузол зі стенду.

4.9 Вибір оснащення для складання та зварювання секції

Складання секції відбувається на механізованій ділянці виготовлення плоских секцій складально – зварювального цеху.

В складально-зварювальному цеху складають і зварюють вузли та секції, з яких потім виготовляють корпус судна. Складально-зварювальний цех включає від чотирьох до шести прольотів, що мають різну висоту і ширину між колонами. Кожен проліт цеху спеціалізований на виготовлення конструкцій певних типів.

Таблиця 4.4 – Характеристики цеху

Характеристики	Завод
Ширина прольотів, м	48
Крок колон в повздовжньому напрямку, м	24,36
Висота прольотів (до позначки під кранових колій), м	22,5
Вантажопідйомність мостових кранів:	
Головний підйом, т	160
Допоміжний підйом, т	32

Розміри воріт повинні задовольняти розмірам секції, щоб секція, яка виготовляється в цеху, без проблем могла транспортуватися через них.

Таблиця 4.5 – Вимоги до воріт

Цех	Класи верфі
Складально-зварювальний цех	5,6 х 6, 0 (вивізні ворота) ширина торцевих – на всю ширину бічних прольотів – на весь розмір кроку колони. Висота торцевих – до підкранових шляхів бічних – до низу підкранової балки (вивізні ворота)

4.10 Технологічний процес виготовлення секції

4.10.1 Підготувати площадку, видалити тимчасові закріплення. Місця тимчасових закріплень зачистити.

4.10.2 Подати краном полотнище, покласти на площадку.

4.10.3 Закріпити полотнище за допомогою вантажу.

4.10.4 Розмітити місця встановлення набору. Місця встановлення набору накернити.

4.10.5 Встановити поздовжні РЖ.

4.10.6 Приварити ребра жорсткості до полотнища згідно

ГОСТ 14441-76-ТЗ-УП 4

4.10.7 Перевірити якість зварних з'єднань згідно ГОСТ 5.1093-78.

4.10.8 Виправити дефекти зварних швів згідно ГОСТ 5.1048-76.

4.10.9 Установити високий набір.

4.10.10 Прикріпити високий набір за допомогою електроприхваток та розкріпити високий набір за допомогою талрепів.

4.10.11 Виконати зварювання високого набору напівавтоматичним зварюванням в середовищі вуглекислого газу.

4.10.12 Перевірити якість зварних з'єднань згідно ГОСТ 5.1093-78.

4.10.13 виправити дефекти зварних швів згідно ГОСТ 5.1048-76.

4.10.14 Подати на площадку і встановити згідно креслення вузол комінгсу.

4.10.15 Виконати зварювання комінгсу згідно ГОСТ 14441-76-Т4-УП.

4.10.16 Перевірити якість зварних з'єднань згідно ГОСТ 5.1093-78.

4.10.17 виправити дефекти зварних швів згідно ГОСТ 5.1048-76.

4.10.18 Встановити та приварити деталі розсипу.

4.10.19 Перевірити якість зварних з'єднань згідно ГОСТ 5.1093-78.

4.10.20 виправити дефекти зварних швів згідно ГОСТ 5.1048-76.

4.10.21 Маркувати секцію білою фарбою.

4.10.22 Приварити рими та обухи згідно схемі кантування.

4.10.23 Відкріпити секцію. Зняти вантажі.

4.10.24 Здати секцію на комплектність та якість.

4.11 Контурування за плазовими ескізами

Цей вид контурування застосовується для об'ємних секцій. Порядок виконання робіт наступний. Готову секцію покласти на рівну поверхню.

Згідно ескізу на полотнище секції побудувати взаємно перпендикулярні контрольні лінії, від них – контур полотнища, а потім лінії контуру секції (за набором).

На відстані 50-100 мм всередину від контуру секції побудувати контрольні лінії контуру. Отримані точки з'єднати за допомогою нитки або гнучкої рейки та накренити. Секцію замаркувати: набити номер замовлення, секції, креслення, надписів шпангоутів та розположення секції на судні «Ніс», «Корма», «Верх», «Низ» тощо. Виконати надписи на контрольних лініях, вказуючи розмір від базових ліній на судні. Маркування секції обвести та дублювати фарбою. Після

закінчення складальних та зварювальних робіт і перевірки контуру секції виконати обрізування її кромки з урахуванням монтажного припуску, якщо він передбачений. Після перекантування секції контрольні лінії перенести на зовнішню сторону, нанести положення теоретичних ліній середнього та крайніх шпангоутів, а також базові лінії (ДП, мідель тощо).

4.12 Перевірочні роботи при виготовленні конструктивних елементів корпусу судна

До перевірочних робіт при виготовленні вузлів та секції відносяться:

- перевірка розмірів та положення складального оснащення;
- розмічування полотнищ, перевірка розмірів і форми вузлів та секцій в процесі їх виготовлення, контурування секцій та нанесення контрольних ліній на готових конструкціях.

Таблиця 4.6 – Параметри, що перевіряються, відхилення, що допускаються при перевірці складально-зварювального оснащення

Тип збирально-зварювального обладнання	Параметр, що перевіряється	Відхилення, що допускаються, мм	Короткі методичні вказівки
Стенди	Горизонтальність	8 мм	12 - довжина (ширина) стенда, мм Горизонтальність перевіряти за
Стенди			допомогою шлангового рівня, теодолітом чи нівеліром.
	Площинність робочої поверхні	6 мм	Площинність на базі до 3 м перевіряти шергенем чи ниткою, на базі більше 3 м шланговим рівнем чи теодолітом.

Таблиця 4.7 – Параметри, що перевіряються. Відхилення, що допускаються.
Методика перевірки основних типів вузлів та секції з монтажними припусками

Типова конструкція	Параметр, що перевіряється	Відхилення, що допускаються	Короткі методичні вказівки
Вузли. Прямолінійні таврові та Г-подібні балки	Прямолінійність в площині стінки і в площині пояса	8 мм	Перевірити ниткою (шергеном) після зварювання та правки. Для Г- подібних балок допуск збільшується на 25 %.
Вузли. Прямолінійні таврові та Г-подібні балки	Положення пояса в повздовжньому та поперечному напрямках	2	Перевіряти перед зварюванням. Поздовжнє зміщення замірити по "чистим" (без припусків) торцевим кромкам, поперечне - від кромки пояса або лінії розмітки.
	Грибоподібність пояса	2,16	Перевіряти після зварювання. Лінійку(шергень) прикладати таким чином, щоб зазори на обох кромках пояса були однаковими.
Плоскісні полотна	Довжина (ширина):до 6м	+4 -2	Довжина, ширина та розміри діагоналей перевіряються після збирання та зварювання полотнища водночас з розміткою сітки набору.
	Прямолінійність «чистих» кромок	±2	Перевіряти після контурування та обрізки припуску від контрольної лінії, розташованої на відстані 50-100 мм від кромки.

Продовження таблиці 4.7

Плоскісні полотна	Форма "чистих" криволінійних кромок	4	
Плоскісні секції	Довжина (ширина) секції, м: більше 10	± 12	Довжину та ширину секцій перевіряють після зварювання не менше, ніж в трьох точках, які співпадають з середньою та крайніми балками набору та монтажними і кромками.
	Різниця діагоналей	5	Перевірку діагоналей виконати при розмічування контуру секції.
	Розміри діагоналей (для секцій несиметричних відносно повздовжньої або поперечної вісі), м: більше від 15 до 20	± 10	
	Вигин	20 мм	11000 довжина (ширина) секцій. Вигин заміряти після зварювання по середній та крайнім балкам набору вздовж і поперек секції.

4.13 Розрахунок трудомісткості виготовлення секції

Розрахунок трудомісткості виготовлення секції наведено у таблиці 6.8.

Трудомісткість розрахована за.

Таблиця 4.8 – Розрахунок трудомісткості виготовлення секції

Технологічна операція	Розрахункова залежність	Чисельні значення	Трудомісткість, н-год	Примітки
1.Підготувати стенд	5%T		31,3	
2.Засипати флюс у ємності, зарядити бухту зварювального дроту			1,0	
3.Подати краном полотнище, покласти на стенд	$T=(9PS+380P-63S-521)10^{-4}$	Р-напів периметр полотнища; P=19,4 м S – товщина листа, S=16мм	$T=(9 \cdot 19,4 \cdot 0,016 + 380 \cdot 19,4 - 63 \cdot 0,016 - 521) \cdot 10^{-4} = 0,61$	
4.Затиснути та закріпити полотнище за допомогою вантажів	$T=(36S+1580) \cdot 10^{-4}$	S-товщина листа, S = 16мм	T=0,16	

Продовження таблиці 4.8

5.Розмітити місця встановлення набору. Лінії розмітки перевірити та накернити.	$T=0,038L$	L-сумарна довжина ліній, що розмічуються, м; $L=238,46$ м	9,1	
6.Встановити продольні РЖ	$T=(2236H+1565) \cdot 10^{-4} \cdot L \cdot 0,95$	H - висота РЖ, L-сумарна довжина РЖ $L=158$ м	288	
7.Приварити РЖ до полотнища згідно ГОСТ 14661-66-С12- УП	$T=0,4 L$	$L=158$ м	63,2	
8.Перевірити якість зварних з'єднань згідно ГОСТ 5.1093- 68	0,06 н-год на 1 м зварного шву		0,35	
9.Виправити дефекти зварних швів згідно ГОСТ 5.1068-66.	1,5 н-год на 1 м зварного шву		6,50	

Продовження таблиці 4.8

10.Встановити поперечні РЖ	$T=(2236H+1565) \cdot 10^{-4} \cdot L \cdot 0,95$	Н - висота РЖ, L-сумарна довжина РЖ L=80,46 м	208	
11.Перевірити якість зварних з'єднань згідно ГОСТ 5.1093-68	0,06 н-год на 1 м зварного шву		0,21	
12.Виправити дефекти зварних швів згідно ГОСТ 5.1068-66.	1,5 н-год на 1 м зварного шву		4,5	
13.Відкріпити секцію з оснащення, краном подати на складальний стенд для доопрацювання, встановити секцію на опори			2,0	
14.Замірити секцію згідно ОСТ 5.9324-69. Здати секцію на комплектність та якість	1,5%Т		9,42	

Продовження таблиці 4.8

15.Приварити рими згідно схемі кантування	$T=(1566+11\Gamma)10^{-4}N$	Г-вантожопід'ємність рима, N – кількість римів	9,45	
16.Маркувати секцію з обох сторін. Маркування обвести білою фарбою	$T=0,06326348+0,00194415N-0,002464194-0,00000443N^2+0,00001692N^2+0,0000041NH$	N - кількість знаків Н-висота знаків	0,12	
17.Забрати секцію зі стенду			0,5	
Сумарна трудомісткість			634	

Трудомісткість виготовлення секції становить $T = 634$ н. –годин.

Висновки:

- 1) описані основні конструктивні особливості секції. Вказані характеристики набору, настилу та марки матеріалу, з якого виготовлена секція;
- 2) наведено всі вузли секції. Описані технології виготовлення двох основних вузлів;
- 3) проведено розрахунок необхідного оснащення і наведено його креслення;
- 4) розроблено технологічний виготовлення секції на складально-зварювальному стенді;
- 5) розраховано трудомісткість виготовлення секції, що складає $T = 634$ н. –годин.

ВИСНОВКИ

Спроектоване судно-навалочник 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 $\Delta = 43591$ т; довжина судна між перпендикулярами $L_{пп} = 179,7$ м; ширина судна $B = 28,22$ м; висота борту $D = 13,86$ м; осадка на міделі $d = 9,76$ м.

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

Був розроблений технологічний процес виготовлення секції верхньої палуби судна, 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.

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.
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. Матвеев В. Г., Кузнецов А. І., Мартинець Б. М., Михайлов Б. М., Узлов О.М., Цибенко М.О., Шарун Г. В. Проектування конструктивного міделъ-шпангоута суховантажних суден. Методичні вказівки. Миколаїв : УДМТУ, 2002. 74 с.
14. Некрасов В. О., Кротов О. І., Шестопал В. П., Потай І. Ю. Розрахунки статички 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. Удифференровка 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.