

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: **Проект автомобілевозу з перевіркою вимог остійності судна**

Виконав: студент 4111 групи



Єрмаков Е.С.

Керівник роботи:



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 «Кораблі та океанотехніка»

«ЗАТВЕРДЖУЮ»
Гарант освітньої програми
 Кузнецов А.І.

«04» березня 2024 року

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

Єрмаков Ерік Сергійович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Проект автомобілевозу з перевіркою вимог остійності 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) 35 трейлерів типу TIR

3.2. Вид вантажу (питома завантажувальна кубатура) колісна техніка ($\mu\gamma=3,95$ м3/т)

3.3. Швидкість експлуатаційна 14,0 вузлів

3.4. Клас судна за Правилами РСУ для морських суден: КМ $\diamond$ 1 Ice-1 AUT1 R1 OBMO (RoRo)

3.5. Дальність та район плавання 3000 миль, R1 за РСУ для морських суден

3.6. Додаткові вимоги Апарель – кормова вісьова двохсекційна

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. Перевірка вимог остійності 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. Діаграма статичної остійності.

5.5. Демонстраційна таблиця.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата			
		завдання видав		завдання прийняв	
проектування судна	ст. викладач Соценко В.В.		04.03.2024		04.03.2024
побудова теоретичного креслення	ст. викладач Соценко В.В.				
конструкція корпусу	ст. викладач Соценко В.В.				
остійність судна	ст. викладач Соценко В.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-проекту.	15.03.2024	
2.	Побудова теоретичного креслення.	12.04.2024	
3.	Набір корпусу за Правилами класифікаційного товариства. Конструктивний мідель-шпангоут.	19.04.2024	
4.	Перевірка вимог остійності судна. Діаграма статичної остійності судна.	17.05.2024	
5.	Демонстраційна таблиця	24.05.2024	
6.	Оформлення пояснювальної записки та завершення оформлення кваліфікаційної роботи й презентацій.	07.06.2024	

Студент



Е.С. Ермаков

Керівник



В.В. Соценко

ЗМІСТ

Анотація	5
Вступ.....	7
1. Визначення водотоннажності та головних розмірів.....	11
2. Розробка теоретичного креслення.....	21
3 Проектування конструктивного мідель-шпангоута	28
4. Перевірка вимог остійності судна	33
Висновки	39
Список використаної літератури.....	40

					ДРБ.135.4111.02.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

АНОТАЦІЯ

Відповідно до завдання на дипломну роботу бакалавра, виданого кафедрою суднобудування та ремонту суден Херсонського навчально-наукового інституту НУК, спроектовано судно-автомобілевоз вантажопідйомністю 8000 тон.

У розрахунковій частині проекту виконане наступне:

- визначені водотоннажність судна та головні розміри:

довжина судна між перпендикулярами $L = 116,2$ м;

ширина судна $B = 16,50$ м;

висота борту $D = 11,10$ м;

осадка на міделі $d = 6,10$ м;

- розроблене теоретичне креслення корпусу судна;

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

- проведено розрахунок остійності судна.

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

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

Ключові слова: автомобілевоз, водотоннажність, гофрована перебірка, суднобудування, теоретичне креслення.

					ДРБ.135.4111.02.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 car carrier with a carrying capacity of 8,000 tonnes has been designed.

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

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

length between perpendiculars $L = 116,2$ m;

beam $B = 16,50$ m;

height $D = 11,10$ m;

draft on the midship $d = 6,1$ 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;

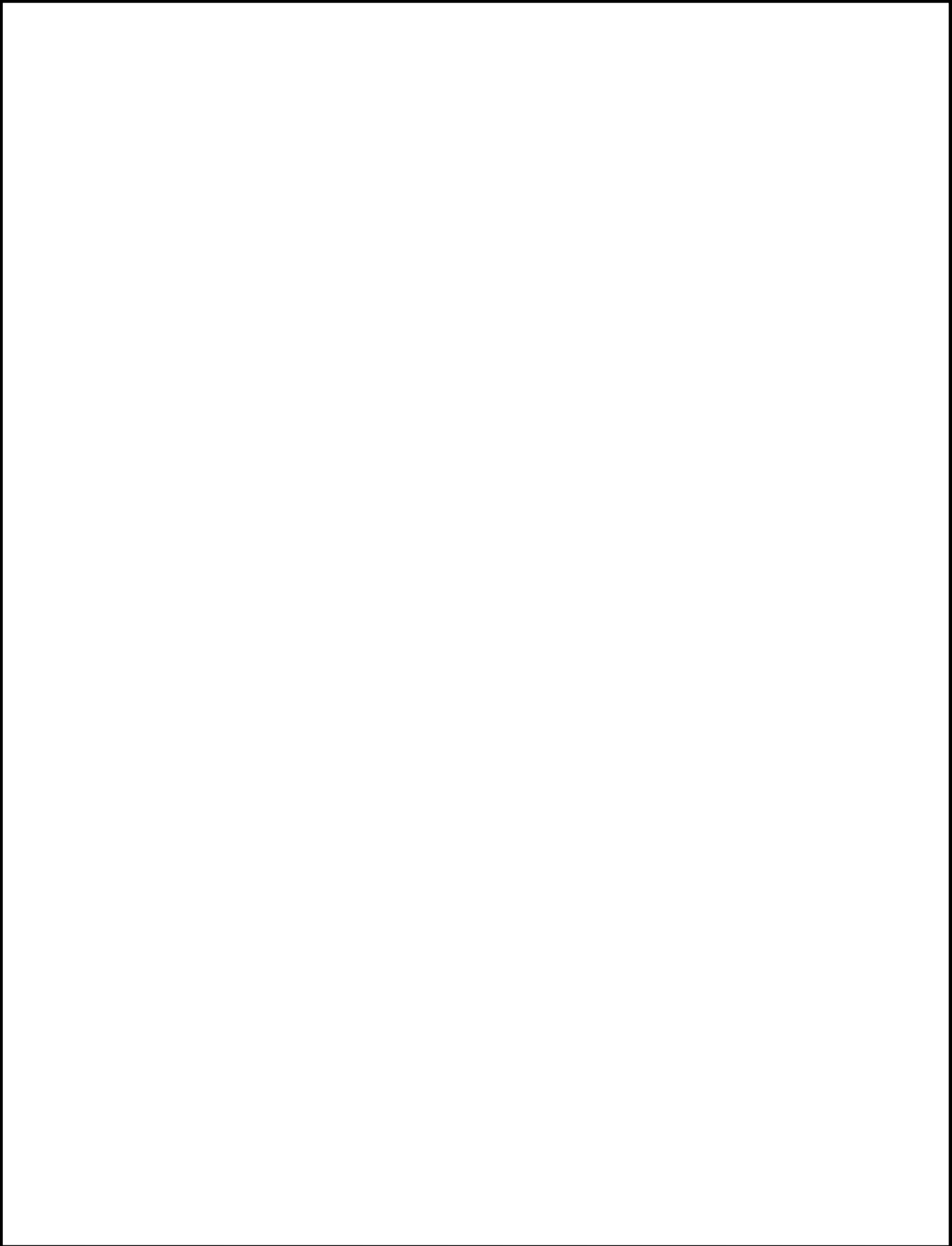
- calculated stability in accordance with the requirements of the Ukrainian Shipping Register.

Specialized computer programs (automatic graphic systems): «FreeShip+», Rhinoceros 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: car carrier, displacement, corrugated bulkhead, shipbuilding, technical drawing.

					ДРБ.135.4111.02.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



					ДРБ.135.4111.02.ПЗ										
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата											
Студент		Єрмаков			Вступ				Літ.	Арк.	Акрушів				
Консульт.		Соценко									7				
Керівник		Соценко							ХННІ НУК						
Зав. кафедр.		Щедролосєв													

ВСТУП

Автомобілевоз – це спеціалізоване судно, призначене для перевезення автомобілів морським шляхом. Подібно до контейнеровозів, які використовуються для перевезення вантажів у контейнерах, автомобілевози відіграють важливу роль у світовій торгівлі та логістиці. Вони з'явилися в середині минулого століття і стали популярним транспортним засобом завдяки широкому розповсюдженню морських перевезень та зростанню попиту на автомобілі.

З початком інтенсивного розвитку автомобілебудування та збільшенням світового автомобільного парку, попит на масове транспортування автомобілів між країнами значно зросло. Це призвело до появи спеціалізованих суден – автомобілевоз, які забезпечують ефективну та безпечну доставку автотранспорту з однієї країни в іншу.

Подібно до контейнеровозів, автомобілевози мають свої характеристики та особливості, що дозволяють оптимізувати процес перевезення. Вони можуть мати спеціально обладнані трюми та палуби, призначені для безпечного та ефективного розміщення автомобілів. Такі судна мають велику місткість та здатність перевозити значну кількість автомобілів за один рейс.

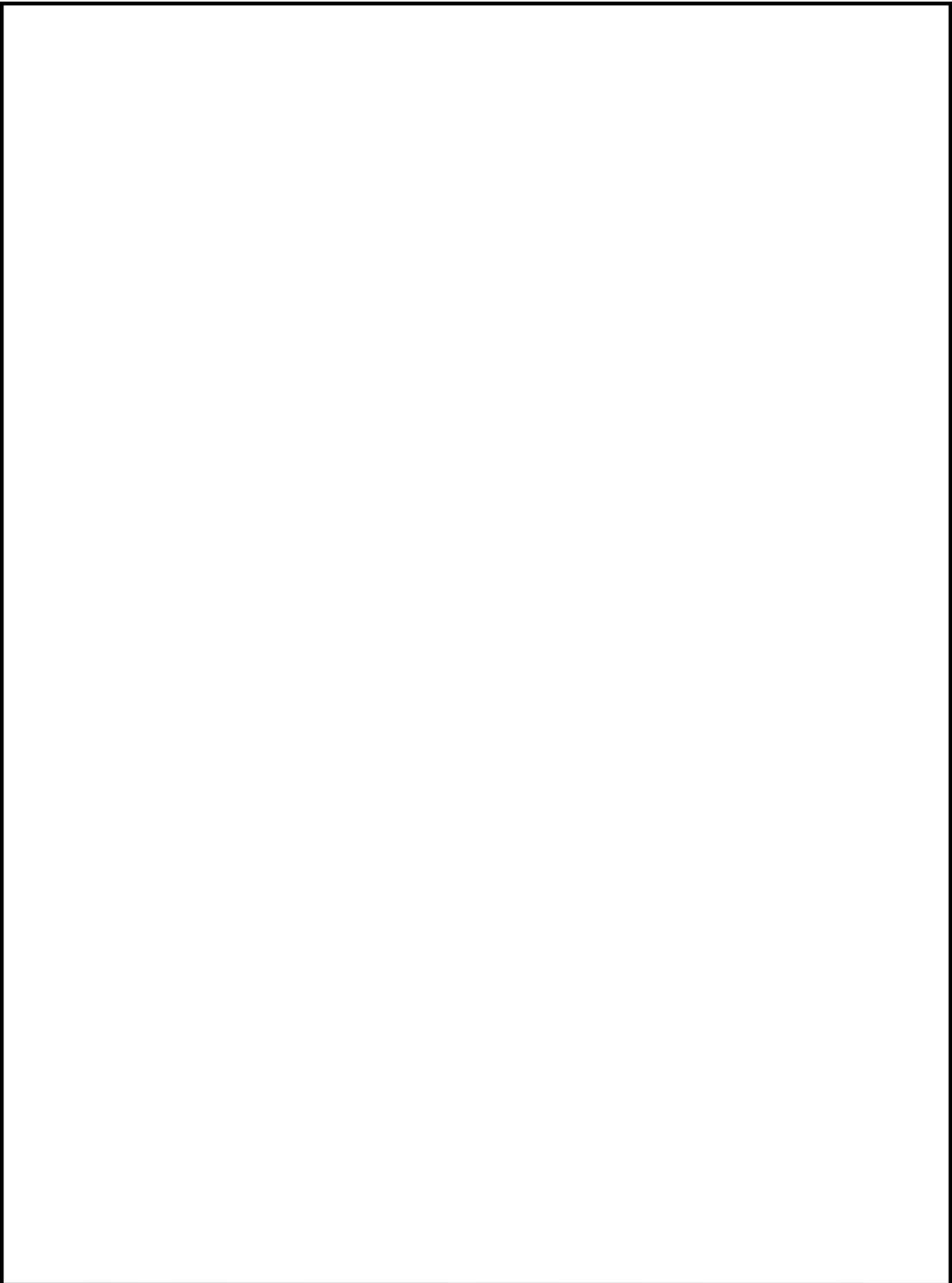
Світовий ринок автомобілів постійно зростає, тому попит на перевезення автомобілів морським шляхом лишається високим. У зв'язку з цим, автомобілевози стають невід'ємною частиною глобальної логістичної системи, що забезпечує швидку та ефективну доставку автотранспорту в різні куточки світу.

Однак, також важливо враховувати екологічні аспекти таких перевезень і розробляти технології, спрямовані на зменшення впливу на довкілля, зокрема, зниження викидів шкідливих речовин та ефективне

					ДРБ.135.4111.02.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

використання ресурсів під час перевезення автомобілів морським транспортом.

					ДРБ.135.4111.02.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



					ДРБ.135.4111.02.ПЗ.01		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Визначення водотоннажності та головних розмірів		
Розроб.	Єрмаков						
Консульт.	Соценко						
Керівник	Соценко						
Зав. кафедр.	Щедролосєв				ХННІ НУК		
					Літ.	Арк.	Акрюшив
						38	

1 ВИЗНАЧЕННЯ ВОДОТОННАЖНОСТІ ТА ГОЛОВНИХ РОЗМІРІВ

Короткі відомості про судно прототип

Для судна, що проектується, вантажопідйомністю 8000 т, в якості прототипу використовуємо технічні данні судна-автомобілевоза, 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	115,10
Довжина найбільша	L	м	115,10
Ширина	B	м	16,70
Висота борту	H	м	11,70
Осадка по КВЛ	T	м	6,10
Коеф. загальної повноти	C_b	-	0,702
Коеф. повноти міделя	C_m	-	0,985
Коеф. повноти КВЛ	C_w	-	0,805
Швидкість експлуатаційна	V_s	вуз.	16,0
Вантажопідйомність	Δ	т	8205
Дальність плавання		миль	3000
Екіпаж		осіб	25

					ДРБ.135.4111.02.ПЗ.01	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.1. Визначення водотоннажності та головних елементів проекту у першому наближенні

Водотоннажність у першому наближенні Δ_0 визначається за формулою:

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

де $P_{\Gamma}=3500$ - задана вантажопідйомність судна, т,

$\eta_{\Gamma}=0,402$ – коефіцієнт утилізації водотоннажності за чистою вантажопідйомністю:

$$\Delta_0 = 3500/0,402 = 8706 \text{ т.}$$

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

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

где V_S – швидкість ходу на випробуваннях, вуз

$$V_S = V_{\text{Э}} \cdot 1,05 = 16,0 \cdot 1,05 = 16,8 \text{ вуз}$$

$$N_0 = \frac{8706^{1/2} \cdot 16,8^{5/2}}{27,2} = 3720 \text{ кВт.}$$

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:

$$m = 1 - a_{\kappa} - a_{\text{ЭК}} - a_{\text{ЗГ}},$$

$$n = a_y + a_{\text{ел}} + a_{\text{ЖСГ}} + a_{\text{СН}},$$

$$p = a_{\text{ЭУ}} + a_m,$$

где a_{κ} – вимірювач маси металевого корпусу,

$a_{\text{ЭК}}$ – вимірювач маси команди,

					ДРБ.135.4111.02.ПЗ.01	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$a_{зв}$ – вимірювач маси запасу водотоннажності,
 a_y – вимірювач маси суднових пристроїв і систем,
 $a_{эл}$ – вимірювач маси електрообладнання,
 $a_{жг}$ – Вимірювач маси рідких вантажів,
 $a_{сн}$ – вимірювач маси постачання,
 $a_{эу}$ – вимірювач маси енергетичної установки,
 a_T – вимірювач маси палива.

1.3.1. Визначення вимірювачів мас

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:

$$q_{эу} = 600/N^{1/4} = 600/7825^{1/4} = 63,79 \text{ кг/кВт},$$

$$a_{эу} = \frac{63,79 \cdot 17,85^{5/2}}{27,2} = 3,15$$

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_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.

					ДРБ.135.4111.02.ПЗ.01	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

$$P_m = 1,15 \cdot 265 \cdot 10^{-6} \frac{25000^{1/2} \cdot 17,85^{3/2}}{27,2} \cdot 12000 = 1603,2 \text{ т.}$$

$$a_m = 1603,2/25000^{1/2} = 10,13.$$

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

$$a_{3.6} = a'_{3.6}(1 - \eta_B) = 0,035(1 - 0,48) = 0,0182$$

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	$a_k \cdot \Delta$	0,256	[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	$a_{\text{эу}} \cdot \Delta^{1/2}$	3,15	розр.
05	Електрообладнання	$a_{\text{эл}} \cdot \Delta^{2/3}$	0,06	[2]
11	запас водотоннажності	$a_{36} \cdot \Delta$	0,0182	розр.
12	Рідкі вантажі	$a_{\text{жсг}} \cdot \Delta^{2/3}$	0,005	[2]
13	Постачання , майно	$a_{\text{сн}} \cdot \Delta$	0,0074	[2]
14	Екіпаж , провізія , вода	$a_{\text{эк}} \cdot \Delta$	0,005	[2]
16	Запас палива , масла , води	$a_m \cdot \Delta^{1/2}$	10,13	розр.

					ДРБ.135.4111.02.ПЗ.01	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.3.2. Складання рівняння мас.

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

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

$$n = a_{\text{у}} + a_{\text{ЕЛ}} + a_{\text{ЖГ}} + a_{\text{СН}},$$

$$p = a_{\text{Эу}} + a_{\text{Т}},$$

$$m = 1 - 0,159 - 0,005 - 0,0182 = 0,817,$$

$$n = 0,5 + 0,06 + 0,005 + 0,0074 = 0,289,$$

$$p = 3,15 + 10,13 = 13,28.$$

Таким чином , рівняння мас має вигляд:

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

$$0,817\Delta - 0,289\Delta^{2/3} - 13,28\Delta^{1/2} = 8000$$

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 :

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

$$f(25000) = 0,817\Delta - 0,289\Delta^{2/3} - 13,28\Delta^{1/2} - 8000$$

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

$$f'(21000) = 0,817 \cdot 8000 - \frac{2}{3}0,289 \cdot 8000^{-1/3} - \frac{1}{2}13,28 \cdot 8000^{-1/2}$$

$$\Delta_1 = 8000\text{т.}$$

Перевіримо правильність знайденого значення:

$$0,817 \cdot 27497 - 0,289 \cdot 27497^{2/3} - 13,28 \cdot 27497^{1/2} - 8000 = 0.$$

					ДРБ.135.4111.02.ПЗ.01	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таким чином , водотоннажність судна в першому наближенні :

$$\Delta_1=8000 \text{ т.}$$

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	$a_k \cdot \Delta$	4372,1
02	Судові пристрої	$a_y \cdot \Delta^{2/3}$	455,51
03	Системи	$a_c \cdot \Delta^{2/3}$	191,3
04	Енергетична установка	$a_{\text{эу}} \cdot \Delta^{1/2}$	522,3
05	Електрообладнання	$a_{\text{эл}} \cdot \Delta^{2/3}$	54,7
11	запас водотоннажності	$a_{\text{зв}} \cdot \Delta$	500,5
12	Рідкі вантажі	$a_{\text{жг}} \cdot \Delta^{2/3}$	4,6
13	Постачання , майно	$a_{\text{сн}} \cdot \Delta$	203,5
водотоннажність порожньом			6304,4
14	Екіпаж , провізія , вода	$a_{\text{эк}} \cdot \Delta$	137,5
15	Груз		3000
16	Запас палива , масла , води	$a_m \cdot \Delta^{1/2}$	1679,8
Дедвейт			5000
Повна водотонажність			8000

Приймаємо $\Delta_1=80000 \text{ т.}$

1.4. Розрахунок головних розмірювань у першому наближенні.

1.4.1. Відносна довжина першого наближення визначається за емпіричною формулою:

$$l_1 = \left(2 + \frac{2}{\sqrt[3]{\Delta_1}}\right) V_S^{1/3} = \left(2 + \frac{2}{\sqrt[3]{8000}}\right) 17,85^{1/3} = 5,41.$$

					ДРБ.135.4111.02.ПЗ.01	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Довжина між перпендикулярами може бути визначена:

$$L_1 = l\Delta_1^{1/3} = 5,40 \cdot 8000^{1/3} = 116,2 \text{ м}$$

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

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

$$B_1 = 116,2/5,89 = 16,50 \text{ м};$$

$$d_1 = 16,50/2,26 = 6,10 \text{ м};$$

$$D_1 = d_1 \cdot (D/d) = 6,10 \cdot 1,32 = 11,10 \text{ м}$$

1.4.2. Визначаємо число Фруда:

$$Fr = \frac{0,514V_S}{\sqrt{gL_1}} = \frac{0,514 \cdot 17,85}{\sqrt{9,81 \cdot 162,3}} = 0,229.$$

1.4.3. Визначаємо коефіцієнти повноти.

Кф. загальної повноти: $C_v = \delta = 1,09 - 1,68 \cdot Fr = 0,704$

Кф. повздовжньої повноти: $C_p = \varphi = 0,04 + 0,96\delta = 0,716$

Кф. повноти ватерлінії: $C_w = \alpha = 0,8780 \varphi + 0,1733 = 0,802$

Кф. повноти мідель-шпангоута: $C_m = \beta = \delta/\varphi = 0,983$

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:

$$C_{B_2} = C_{B_1} = 0,702;$$

$$C_{M_2} = C_{M_1} = 0,985;$$

$$C_{W_2} = C_{W_1} = 0,806.$$

Коефіцієнт подібності визначається за формулою

$$\lambda = \sqrt[3]{\frac{\Delta_2}{\Delta_1}} = \sqrt[3]{\frac{27497}{27122}} = 1,004;$$

$$L_2 = L_1 \cdot \lambda = 116,2 \cdot 1,004 = 116,2 \text{ м};$$

$$B_2 = B_1 \cdot \lambda = 16,5 \cdot 1,004 = 26,70 \text{ м};$$

					ДРБ.135.4111.02.ПЗ.01	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$D_2 = D_1 \cdot \lambda = 11,1 \cdot 1,004 = 11,10 \text{ м};$$

$$d_2 = d_1 \cdot \lambda = 6,10 \cdot 1,004 = 6,10 \text{ м};$$

$$\Delta_2 = K_{\text{вч}} \cdot \gamma \cdot C_{B_2} \cdot L_2 \cdot B_2 \cdot d_2 = 1,01 \cdot 1,025 \cdot 0,702 \cdot 116,2 \cdot 16,50 \cdot 11,10 = 2100 \text{ т.}$$

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

$$\left| \frac{8200 - 8000}{8000} \right| = 0,011 \leq 0,03.$$

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

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

Назва елемента	Позначення	Одиниця виміру	Числове значення
Довжина між перпендикулярами	$L_{\perp\perp}$	м	116,20
Ширина	B	м	16,50
Висота борту	D	м	11,10
Осадка по ВВЛ	d	м	6,10
Коеф. загальної повноти	C_B	-	0,702
Коеф. повноти міделя	C_M	-	0,985
Коеф. повноти ВВЛ	C_W	-	0,806
Коеф. поздовжньої повноти	C_P	-	0,983
Вагова водотоннажність	Δ	т	8000

Таблиця 1.3 – Головні елементи судна у другому наближенні

Назва елементу	Позначення	Одиниця виміру	Числове значення
Довжина між перпендикулярами	$L_{\perp\perp}$	м	116,20
Ширина	B	м	16,50
Висота борту	D	м	11,10
Осадка по ВВЛ	d	м	6,10
Коеф. загальної повноти	C_b	-	0,702
Коеф. повноти міделя	C_m	-	0,985
Коеф. повноти ВВЛ	C_w	-	0,806
Коеф. повздовжньої повноти	φ	-	0,983
Вагова водотоннажність	Δ	т	8000

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:

$$a_0 = 0,002 \cdot L + 0,48 = 0,002 \cdot 116,2 + 0,48 = 0,712 \text{ м.}$$

Приймаємо $a_0 = 700$ мм.

Шпацию в районі ахтерпика и форпика приймаємо 600 мм.

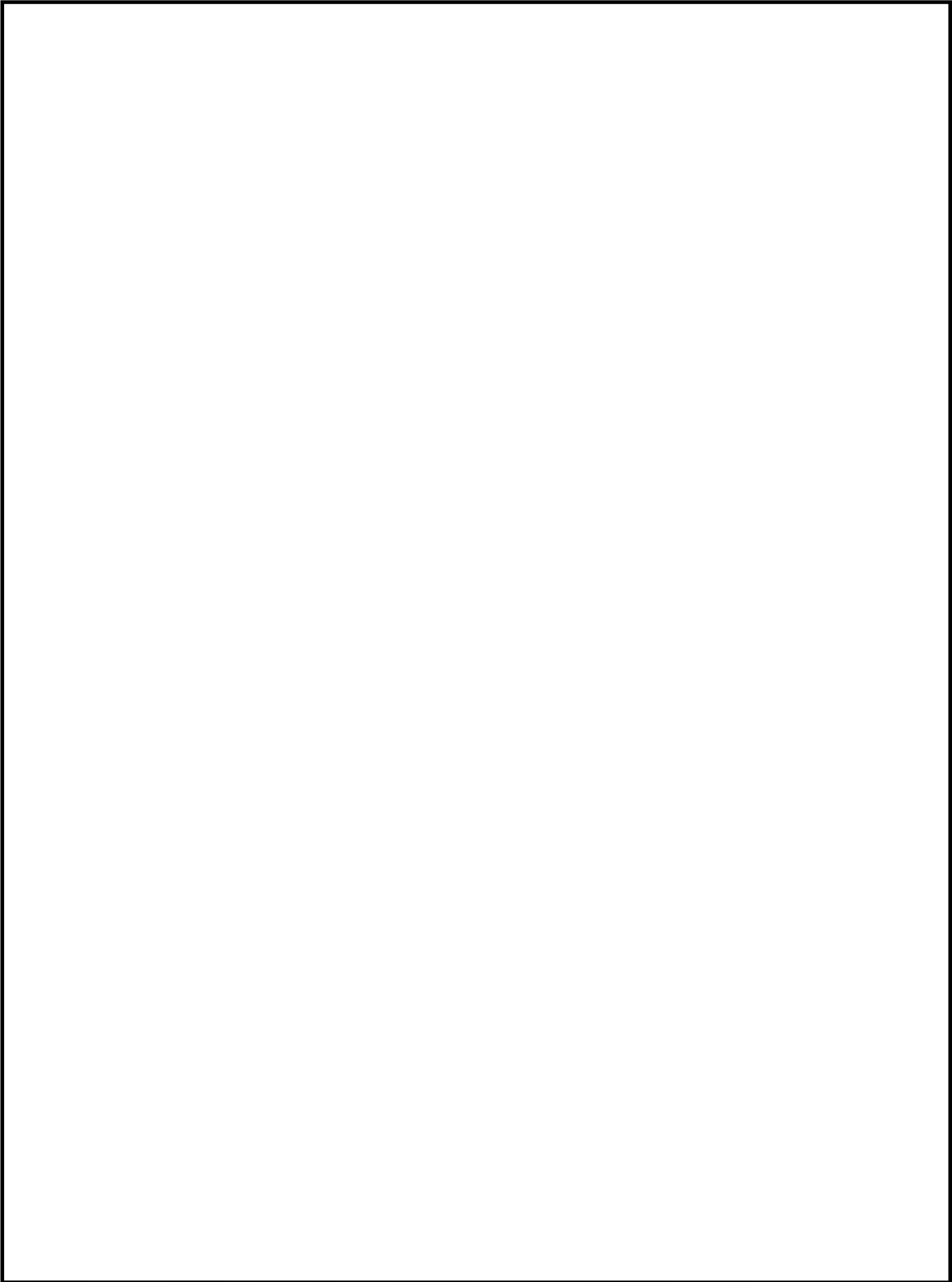
– відстань від форпикової перегородки до носового перпендикуляра повинна бути не менш

$$L_{фор} = 0,05 \cdot L = 0,05 \cdot 116,2 = 5,81 \text{ м;}$$

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

$$L_{axm} = 0,04 \cdot L = 4,65 \text{ м.}$$

					ДРБ.135.4111.02.ПЗ.01	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



					ДРБ.135.4111.02.ПЗ.02		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Проектування теоретичного креслення		
Розроб.	Єрмаков						
Консульт.	Соценко						
Керівник	Соценко						
Зав. кафедр.	Щедролосєв				ХННІ НУК		

2 ПРОЕКТУВАННЯ 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 $Fr = 0,224$

$$l_{\text{нб}} = 0,051 - 0,115 \cdot 0,229 \pm 0,006 = 0,031 \text{ м},$$

$$L_{\text{нб}} = 116,2 \cdot 0,031 = 3,33 \text{ м};$$

– 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:

$$B_{\text{нб}} = 16,20 \cdot 0,17 = 2,8 \text{ м};$$

– найбільша висота шпангоута найбільшої площі бульба:

					ДРБ.135.4111.02.ПЗ.02	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$H_{\text{нб}} = 0,93 \cdot d = 0,93 \cdot 6,1 = 5,70 \text{ м};$$

- висота передньої точки бульба від основної площини:

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

де: $h_{\text{нб}} = 0,53$ тоді:

$$H_{\text{нбп}} = 0,53 \cdot 6,10 = 3,2 \text{ м};$$

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

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

$$\psi_{\text{нб}} = 34 - 105 \cdot 0,229 = 8,4 \text{ град.}$$

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:

$D_p = 11,10 \text{ м}$ – висота борту;

$B_p = 16,50$ – ширина судна;

$d_p = 0,85D = 0,85 \cdot 11,1 = 9,435 \text{ м}$ – розрахункова осадка;

Розрахункову довжину визначено, як:

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

де: $L_{p_1} = L + \Delta l_n$;

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

$\Delta l_n = 2,9 \text{ м}$ – приріст довжини судна в носовому краю за рахунок збільшення осадки;

$\Delta l_k = 3,0 \text{ м}$ – приріст довжини судна в кормовому краю за рахунок збільшення осадки;

$$L_{p_1} = 116,2 + 2,9 = 119,10 \text{ м};$$

$$L_{p_2} = 0,96(116,2 + 2,9 + 3,0) = 117,21 \text{ м};$$

Коефіцієнт загальної повноти розраховано, як:

					ДРБ.135.4111.02.ПЗ.02	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

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

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

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

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

$$V_{BVL} = \frac{8000}{1,01 \cdot 1,025} = 8086$$

Тоді:

$$V_p = 8086 \left(\frac{13,76}{12,25} \right)^{0,802/0,704} = 10076 \text{ м}^3.$$

$$C_{Bp} = \frac{10076}{116,2 \cdot 16,70 \cdot 11,10} = 0,692.$$

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 []:

$$F_0 = 2580 \text{ мм};$$

$$X_g = \frac{C_{Bp} + 0,68}{1,36} = \frac{0,666 + 0,68}{1,36} = 0,99.$$

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;

$$\Delta_1 = \left(16,39 - \frac{116,2}{15} \right) 250 = 1347,5 \text{ мм.}$$

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

					ДРБ.135.4111.02.ПЗ.02	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

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

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

Приймаємо $K_H = 0,196$, тоді:

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

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

Таблиця 2.1 Розрахунок профілю стандартної сідлуватості.

Положення ординати		Ордината Z_i , мм	f	$Z_i \cdot f$
Кормова половина	Кормовий перпендикуляр	$25(L_p/3+10)=1625$	1	1625
	1/6 L від КП	$11,1(L_p/3+10)=721$	3	2163
	1/3 L від КП	$2,8(L_p/3+10)=179$	3	546
	Середина довжини судна	0	1	0
Носова половина	Середина довжини судна	0	1	0
	1/3 L від НП	$5,6(L_p/3+10)=364$	3	1092
	1/6 L від НП	$22,2(L_p/3+10)=1443$	3	4329
	Носовий перпендикуляр	$50(L_p/3+10)=3250$	1	3250

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:

$$\Delta C_K = \frac{\sum Z_{icm}^K \cdot f_i}{8} = \frac{(1625 + 2163 + 538)}{8} = 541$$

– недолік сідлуватості в кормі:

$$\Delta C_H = \frac{\sum Z_{icm}^K \cdot f_i}{8} = \frac{(1092 + 4329 + 3250)}{8} = 1083$$

– недолік сідлуватості по судну взагалі:

					ДРБ.135.4111.02.ПЗ.02	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

$$\Delta C = \frac{541 + 1083}{2} = 812 \text{ мм}$$

Поправка Δ_3 визначається за формулою:

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

де: $S = 38,58 \text{ м}$ – сумарна довжина закритих надбудов;

$$\Delta_3 = 812 \left(0,75 - \frac{38,58}{2 \cdot 116,2} \right) = 514 \text{ мм}$$

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

Таким чином мінімальний надводний борт буде дорівнювати:

$$F_{min} = 2580 \cdot 0,99 + 1347 - 210 + 514 = 4205 \text{ мм.}$$

Максимально допустима осадка визначається за формулою:

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

$$d_{max} = 11,10 - 4,205 = 6,89 \text{ м}$$

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:

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

$$F_{min \text{ н}} = \left(6075 \left(\frac{165}{100} \right) - 1875 \left(\frac{165}{100} \right)^2 + 200 \left(\frac{165}{100} \right)^3 \right) \left(2,08 + 0,609 \cdot 0,666 - 1,603 \cdot 0,802 - 0,0129 \frac{164}{13,69} \right) = 6106 \text{ мм.}$$

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

$$H_\phi = D - d$$

					ДРБ.135.4111.02.ПЗ.02	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$H_{\phi} = 16,19 - 13,69 = 2,50 \text{ м}$$

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

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

$$l_{\zeta} \geq 0,07 \cdot 165 = 11,55$$

Висота бака $h_{\zeta} = 2,5\text{м}$

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

$$H_{\phi} = 16,19 - 13,69 + 2,5 = 5,00$$

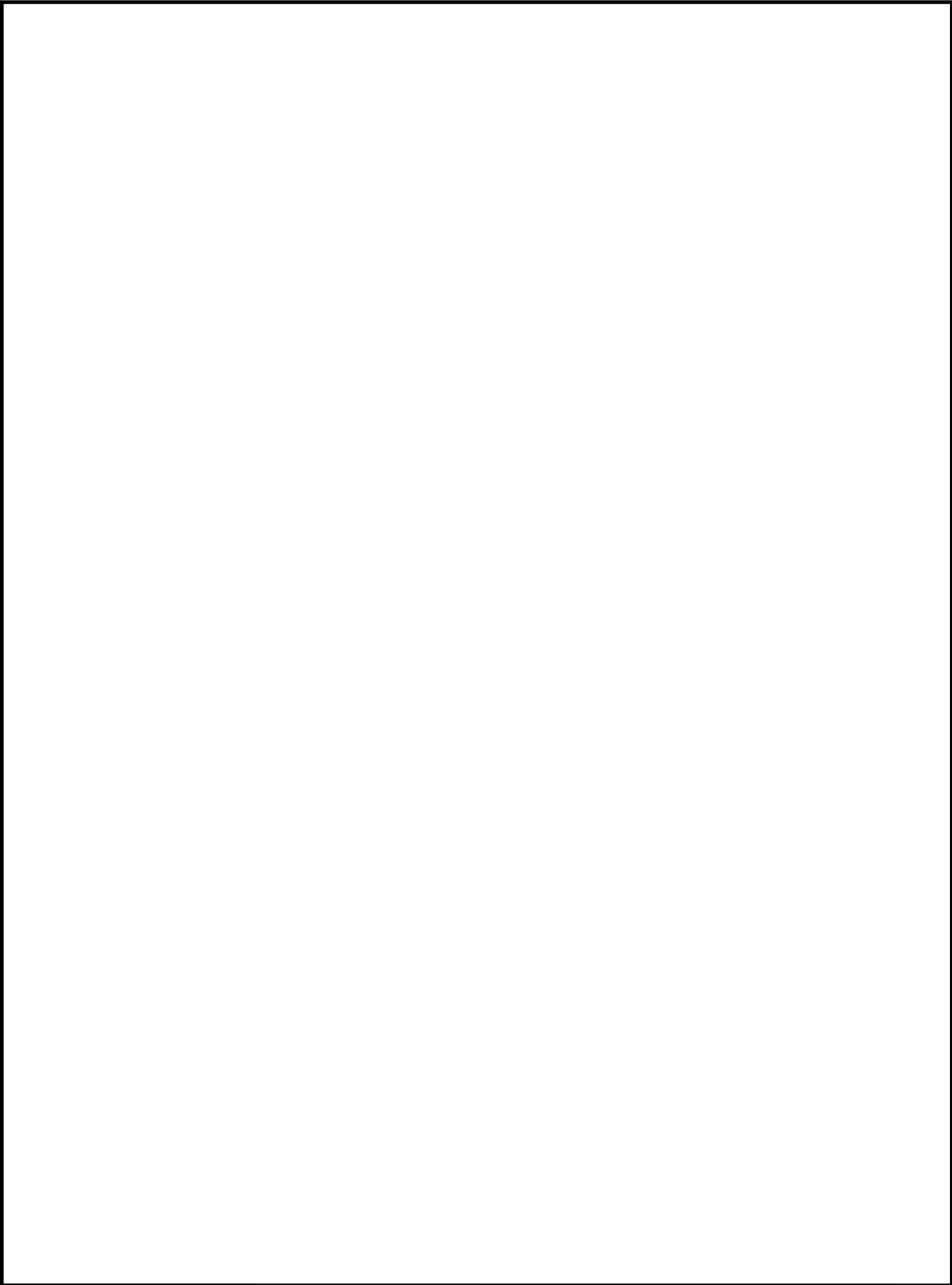
Максимально дозволена осадка судна

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

$$d_{max} = 11,10 - 6,1 = 5,00$$

За отриманими результатами будуємо теоретичне креслення.

					ДРБ.135.4111.02.ПЗ.02	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



					ДРБ.135.4111.02.ПЗ.03		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Єрмаков			Проектування конструктивного мідель- шпангоута	Літ.	Арк.
Консульт.		Соценко					38
Керівник		Соценко				ХННІ НУК	
Зав. кафедр.		Щедролосєв					

3. ПРОЕКТУВАННЯ КОНСТРУКТИВНОГО МІДЕЛЬ-ШПАНГОУТА

3.1 Перевірка відповідності головних розмірювань судна вимогам Регістру судноплавства України

Для кранових суден району плавання R3-RSN Регістр ставить наступні вимоги:

$$\frac{L}{d} \leq 23; \quad \frac{B}{d} \leq 4,5$$

де L, B, d - відповідно довжина між перпендикулярами, ширина на міделі та осадка по КВЛ судна, що проектується.

$$\frac{L}{d} = \frac{44,15}{10,0} = 4,41 \leq 18,0; \quad \frac{B}{d} = \frac{10,00}{2,85} = 3,51 \leq 4,5$$

Умова відповідності Регістру виконується.

3.2 Вибір шпациї.

Шпация судна розрахована у розділі I (пункт 1.2) і приймається без змін (згідно ОСТ 5.1099-78), тобто 550 мм.

3.3 Розрахунок висоти подвійного дна

Висота вертикального кіля (подвійного дна) розраховується за формулою[7]:

$$h_{BK} = \frac{L-40}{570} + 0,04 \cdot B + 3,5 \cdot \frac{d}{L} \text{ м};$$
$$h_{BK} = \frac{47,15 - 40}{570} + 0,04 \cdot 10,0 + 3,5 \cdot \frac{2,85}{47,15} = 1,10 \text{ м},$$

прийнято $h_{BK} = 1,10 \text{ м}$;

3.3 Вибір системи набору.

На судні, яке проектується застосовується поздовжня система набору перекриття палуби, днища, бортів та поздовжньої перегородки у середній частині судна. Кінцеві частини корпусу судна набрані за поперечною системою, яка дозволяє краще сприймати ударні навантаження з боку моря.

3.4. Матеріали.

Аналізуючи головні розмірення судна, рекомендації щодо економічності та технологічності матеріалів [7] а також вимоги Регістру до мінімальних

					ДРБ.135.4111.02.ПЗ.03	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

товщин у якості матеріалу для верхньої палуби та днища прийнято сталь категорії А36, для перекрить подвійного дна та борту – сталь категорії А. Фізичні та технологічні властивості конструкційних матеріалів корпусу наведено у таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Фізичні та технологічні властивості сталей

Категорія сталі	Межа міцності σ_B , МПа	Межа плинності R_{pH} , МПа	Відносне подовження δ , %	Нижня температура, $^{\circ}\text{C}$	Коефіцієнт використання механічних властивостей, η
А	400-520	235	22	-20	1,0
А36	490-620	355	21	-60	0,72

3.5 Розрахункові навантаження.

4.5.1 Зовнішні навантаження на корпус судна

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

$$P_{st} = 10z_i, \text{ кПа},$$

для точок прикладання навантажень вище ВВЛ:

$$P = P_w, \text{ кПа}.$$

Хвильовий тиск:

для точок прикладання навантажень нижче ВВЛ:

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

для точок прикладання навантажень вище ВВЛ:

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

де $d = 6,06$ 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: $C_w = 0,0856L$ при $L < 90$ м; $C_w =$

					ДРБ.135.4111.02.ПЗ.03	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$0,0865 \cdot 44,15 = 38,1;$$

$$a_v = 0,8V_0(L \cdot 10^3 + 0,4) L + 1,5; \quad a_x = k_x(1 - 2x_1/L) \geq 0,267,$$

де $V_0=8,0$ вуз – специфікаційна швидкість буксирування судна;

$$a_v = 0,8 \cdot 8,0(44,15 \cdot 10^3 + 0,4) \cdot 44,15 + 1,5 = 1,92;$$

$a_x = 0$ для мідель-шпангоута.

Прийнято $a_v \cap a_x = 0,6$ за вимогою [7](1.3.2.2-2);

Хвильовий тиск на рівні ВВЛ складатиме:

$$P_{w0} = 5 \cdot 8,93 \cdot 0,6 = 26,8 \text{ кПа.}$$

Для бортової обшивки на рівні верхньої палуби:

$$P_w = 26,8 - 1,5 \cdot 8,93 \cdot \frac{4,7}{8,7} = 19,6 \text{ кПа;}$$

Для обшивки на рівні основної площини:

$$P_w = 26,8 - 7,5 \cdot 0,267 \cdot 8,7 = 9,4 \text{ кПа.}$$

Навантаження від вантажу що перевозиться на вертикальні конструкції та подвійне дно прийнято як для судна-прототипу без змін.

Сумуючи статичну та динамічну складові навантаження вздовж ватерлінії на надводного борту отримано епюру зовнішніх навантажень (Рисунок 4.1).

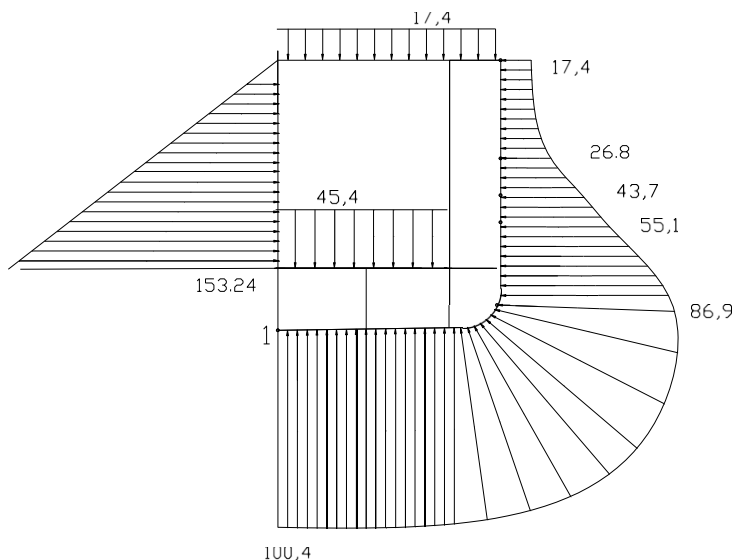


Рисунок 4.1 – Зовнішні навантаження

					ДРБ.135.4111.02.ПЗ.03	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.6 Загальні вимоги до проектування елементів корпусних конструкцій.

Товщина листів наружної обшивки розрахована як:

$$S = \max\{S; S_{\text{Nin}}\} + \Delta S;$$

де: $S = m \cdot a \cdot k \cdot \frac{P}{k_{\square} \square_H}$ - розрахунок за умов забезпечення міцності, мм

m - коефіцієнт моменту що згинає для конкретної конструкції;

a, b - менший та більший розмір опорного контуру, м;

$$k = 1, 2 - 0,5^{\frac{a}{b}} \leq 1$$

P - розрахункове навантаження, кПа (за рисунком 4.1);

$k_{\square}$ - коефіцієнт запасу;

$\square = R_{EH}$ - за таблицею 4.1.

S_{Nin} - мінімально допустимі товщини для конкретної конструкції згідно [7](2.12.2);

ΔS - запас на зношення та корозію у розрахунку на 24 роки згідно [7](табл. 1.1.5.2).

Момент опору для повздовжніх балок полосового профілю розраховано, як:

$$W = \max(W'; W_{\min}) + \Delta W,$$

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

h - відстань ребра жорсткості від основи балки, см;

$F = h S_{CC}$ - 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,

k визначається за [7](табл. 1.6.3.4), c - відстань між балками, м;

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

$W_{\min}$ - мінімально допустимий момент опору, визначається за

[7](3.3.6.4.7.7) для кранових суден.

					ДРБ.135.4111.02.ПЗ.03	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 3.2 – Розрахунок товщин зовнішньої обшивки

Розрахункові величини та позначення	Обшивка днища	Надскуловий пояс обшивки борта	Обшивка борта в межах $0,4D$	Обшивка борта в межах $0,5D$	Обшивка борта на рівні ВВЛ	Обшивка борта на рівні верхньої палуби
Мінімально допустима товщина, $S_{Nin}, \text{мм}$	6,5	6,5	6,5	6,3	6,4	6,5
Розрахункове навантаження P , кПа	100,4	86,9	55,1	43,7	26,8	17,4
Розрахункова товщина S , мм, мм	5,6	5,4	5,0	4,19	4,56	3,60
Додаток до товщини ΔS , мм	2,4	2,52	2,52	2,52	2,52	2,52
Прийнята товщина, мм	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0

Таблиця 3.3 – Розрахунок товщин верхньої палуби, другого дна, суцільних флорів та діафрагм

Розрахункові величини та позначення	Верхня палуба	Друге дно	Діафрагма подвійного борту	Бракета вертикального кіля	Повздовжня перебірка	Суцільний флор
Мінімально допустима товщина, $S_{Nin}, \text{мм}$	5,12	5,14	5,3	4,3	4,1	5,3
Розрахункове навантаження P , кПа	17,4	45,4	153,2	153,2	153,2	153,2
Розрахункова товщина S , мм	4,6	5,4	5,3	4,19	4,56	3,60
Додаток до товщини ΔS , мм	2,4	2,52	2,52	2,52	2,52	2,52
Прийнята товщина, мм	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДРБ.135.4111.02.ПЗ.03

Арк.

Таблиця 3.4 – Розрахунок товщин набору

Найменування в'язі	Розміри, мм	Момент опору, см ³		Момент інерції, см ⁴	
		Необхідний	Фактичний	Необхідний	Фактичний
Вертикальний киль	8x1100	14,1	16,1	79	89
Днищові повздовжні балки	8x150	26,1	30,0	210	225
Повздовжні балки другого дна	8x150	27,4	30,0	223	225
Бортові повздовжні балки	8x140	21,3	26,1	180	183
Повздовжні балки другого борта	8x140	23,2	26,1	180	183
Підпалубні повздовжні балки	8x150	27,1	30,0	212	225
Стінка бімсу	10x300	143	150,0	2154	2250
Полка бімсу	100x12	-	2,4	-	1,4
Ребра жорсткості повздовжньої перебірки	8x140	21,0	26,1	170	183

Примітка. При призначенні розмірів в'язів також було враховано дозвіл Правил Регістру зменшувати площу в'язей для суден обмежаного району плавання R3-RSN для баластних відсіків на 20%, для всіх інших приміщень на 30%.

Аналізуючи результати розрахунків у таблицях 4.2-4.4 можна стверджувати про відповідність елементів мідель-шпангоута вимогам морського Регістру судноплавства.

					ДРБ.135.4111.02.ПЗ.04		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Єрмаков			Перевірка вимог остійності судна	Літ.	Арк.
Консульт.		Соценко					38
Керівник		Соценко				ХННІ НУК	
Зав. кафедр.		Щедролосєв					

4 ПЕРЕВІРКА ВИМОГ ОСТІЙНОСТІ СУДНА

Метою розрахунку є перевірка відповідності характеристик остійності судна вимогам Правил Регістру. Для цього необхідно побудувати діаграми статичної та динамічної остійності судна.

Діаграма статичної остійності являє собою графік відновлюючого моменту від кута крену, а діаграма динамічної остійності – графік залежності роботи відновлюючого моменту від кута крену. Основними характеристиками діаграми статичної остійності є:

l_{max} – максимальне плече остійності судна;

θ_{max} – кут максимуму діаграми;

θ – кут заходу діаграми, що відповідає умові $l_{cm} = 0$;

h_0 – початкова метацентрична висота, що характеризує кут нахилу дотичної до початкової гілки діаграми.

Діаграма динамічної остійності є інтегральною кривою до діаграми статичної остійності, таким чином максимум діаграми статичної остійності відповідає точці перегину на діаграмі статичної остійності, а якщо кут крену дорівнює куту заходу, то діаграма динамічної остійності має максимум.

4.1 Розрахунок остійності. Побудова діаграми остійності

Діаграма статичної остійності будується на підставі інтерполяційних кривих плечей остійності форми. Величина цих плечей остійності форми розрахована на ПЕОМ за допомогою програми LS19.

За допомогою плечей остійності форми розраховуються плечі статичної остійності для судна в повнім вантажі зі 100% запасів при $Z_g = 5,1$ м та $d = 8,66$ м.

На підставі даних програми LS19 побудовані пантокарени, з яких зняті плечі остійності форми при $\Delta = 29434$ м³, що відповідає осадці до КВЛ. За даними (результати розрахунку приведені у табл.3.1) побудована діаграма статичної остійності.

					ДРБ.135.4111.02.ПЗ.04	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 4.1

$\theta, \text{град}$	$\sin\theta$	l_f	$l_{cm} = l_f - Z_g \cdot \sin\theta$
0	0	0	0
10	0,174	1,78	0,893
20	0,342	3,12	1,37
30	0,5	4,49	1,94
40	0,643	6,37	3,09
50	0,766	7,55	3,64
60	0,866	7,63	3,21
70	0,940	7,88	3,08
80	0,985	7,59	2,56

4.2 Перевірка остійності за нормами Регістру Судноплавства України

4.2.1 Розрахунок плеча моменту крену від тиску вітру. Плече моменту крену l_{w1} приймається постійним для всіх кутів крену і визначається за формулою:

$$L_{w1} = p_v A_v z_v / (1000 g \Delta),$$

де $p_v = 504$ Па – тиск вітру для необмеженого району плавання (табл.2.1.4.1 [1]);

A_v – площа парусності, м^2

Площу парусності було визначено за допомогою креслення загального розташування судна ДРБ.6.051201.4111.15.

$$A_y = L \cdot (D - d) + L_{\text{юта}} \cdot H_{\text{мін}} + l_{\text{бака}} \cdot H_{\text{мін}} + H_{\text{руб}} \cdot L_{\text{руб}} = 958 \text{ м}^2$$

– плече парусності, м, приймається рівним виміряній по вертикалі відстані від центру площі парусності A_v до центру площі проекції; $z_v = 9,6$ м

$g = 9,81$ м/с^2 – прискорення вільного падіння.

Таким чином динамічний момент, що кренить, складатиме:

$$l_{w1} = 504 \cdot 958 \cdot 9,6 / (1000 \cdot 9,81 \cdot 29434) = 0,01$$

плече моменту крену l_{w2} визначається за формулою:

					ДРБ.135.4111.02.ПЗ.04	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$l_{w2} = 1,5l_{w1}$$

$$l_{w2} = 1,5 \cdot 0,01 = 0,015$$

4.2.2 Розрахунок амплітуди хитавиці. Під час графічних побудов використовується значення розрахункової амплітуди бортової хитавиці, яке розраховується за формулою:

$$\theta_{1r} = 109kX_1X_2\sqrt{rS}$$

де k – коефіцієнт, що враховує вплив скулових або брускового кілів; приймаємо $k=1$, за умови, що скулові або брускові кілі відсутні;

X_1 – безрозмірний множник, визначається за таблицею 2.1.5.1-1 [], в залежності від відношення ширини до осадки; $X_1 = 0,95$ при $B/d = 2,9$;

X_2 – безрозмірний множник, визначається за таблицею 2.1.5.1-2 [], в залежності від коефіцієнта загальної повноти судна; $X_2 = 1$ при $C_b = 0,810$;

r – параметр, що знаходиться за формулою:

$$r = 0,73 + 0,6(z_g - d)/d$$

Значення r не повинно прийматися більше 1.

$$r = 0,73 + 0,6(5,1 - 8,66)/8,66 = 0,483$$

S – безрозмірний множник, що визначається за таблицею 2.1.5.1-3 [], в залежності від району плавання та періоду качки T , що розраховується за формулою:

$$T = 2cB/\sqrt{h}, (3.5)$$

де $c = 0,373 + 0,023B/d - 0,043L_{w1}/100$;

$$c = 0,373 + 0,023 \cdot 25,12/8,66 - 0,043 \cdot 160/100 = 0,508;$$

$h = z_m - z_g = 7,56 - 5,1 = 2,46$ м – виправлена початкова поперечна метацентрична висота;

$L_{w1} = 160,0$ м – довжина судна по ватерлінії.

$$T = 2 \cdot 0,402 \cdot 25,12/\sqrt{2,46} = 12,8 \text{ с}$$

$S = 0,062$ при $T = 13$ с.

$$\theta_{1r} = 109 \cdot 1 \cdot 0,95 \cdot 1 \cdot \sqrt{0,483 \cdot 0,062} = 17,9 \text{ град.}$$

					ДРБ.135.4111.02.ПЗ.04	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4.2.3 Розрахунок критерію погоди. Основним критерієм остійності є так званий критерій погоди. Остійність судна за цим критерієм вважається достатньою, якщо площа «b» дорівнює або більше площі«a».

Площі «a» та«b» були визначені за допомогою програми AutoCAD 2010 з діаграми статичної остійності:

$$K=b/a \geq 1,5.$$

Розрахуємо критерій погоди (значення подані у масштабі AutoCAD):

4.2.4 Вимоги Правил Регістру до діаграми статичної остійності.

$$K = 6483/2491 = 2,6 \geq 1,5$$

Розрахований критерій погоди задовольняє вимогам Правил Регістру.

Діаграма статичної остійності повинна відповідати наступним вимогам Регістру:

- кут закату діаграми більше 60°;
- кут максимуму діаграми більше 30°;
- площа від позитивної частини діаграми статичної остійності повинна бути не менше ніж 0,055 м·рад до кута крену 30° (площа від позитивної частини діаграми статичної остійності для судна, що проектується, складає 0,725м·рад) і не менше 0,09 м·рад до кута крену 40°;
- площа між кутами крену 30° і 35° повинна бути не менше ніж 0,03 м·рад (площа між кутами крену 30° і 35° для судна, що проектується, складає 0,635м·рад);
- максимальне плече діаграми статичної остійності l_{max} повинне складати не менше 0,20 м для суден довжиною $L \geq 105$ м.

Початкова поперечна метацентрична висота дорівнює: $h = 2,46 \text{ м} > 0,15 \text{ м}$.

Всі умови відповідають Правилам Регістру, тому остійність судна на великих кутах крену забезпечена.

					ДРБ.135.4111.02.ПЗ.04	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

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

У розрахунковій частині проекту була визначена водотоннажність судна та головні розміри: водотоннажність $\Delta = 8000$ т; довжина судна між перпендикулярами $L_{пп} = 116,2$ м; ширина судна $B = 16,70$ м; висота борту $D = 11,10$ м; осадка на міделі $d = 6,10$ м.

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

Був проведена перевірка остійності судна за вимогами класифікаційного товариства Регістра судноплавства України.

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

					ДРБ.135.4111.02.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

СПИСОК ВИКОРАСТОННОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Регістр судноплавства України. Правила класифікації та побудови морських суден. Т. 2. Київ : Регістр судноплавства України, 2020. 792 с.
2. Регістр судноплавства України. Правила класифікації та побудови морських суден. Т. 3. Київ : Регістр судноплавства України, 2020. 632 с.
3. Регістр судноплавства України. Правила класифікації та побудови морських суден. Т. 4. Київ : Регістр судноплавства України, 2020. 560 с.
4. Регістр судноплавства України. Правила про вантажну марку морських суден. Київ : Регістр судноплавства України, 2020. 81 с.
5. Babicz J. Ship Systems and Machinery : Introduction to Marine Engineering. Gdansk : Baobab Naval Consultancy, 2015. 172 p.
6. Бондаренко О. В., Кротов О. І., Матвєєв Л. Г., Прокудин С. О. Особливості проектування морських транспортних суден: навчальний посібник. Миколаїв : НУК, 2004. Ч. 2. 80 с.
7. Бондаренко О. В., Кротов О. І., Сорокін В. І. Методичні вказівки до практичних занять з дисципліни «Основи проектування суден». Миколаїв : НУК, 2005. 48 с.
8. Жигуліна С. І., Рашковський О. С., Фаріонов А. М. Технічне нормування праці в суднобудуванні. Методичні вказівки. Миколаїв : УДМТУ, 2003. 68 с.
9. Зайцев В. В., Еганов А.Е., Коробанов Ю. Н., Толышев Э. В., Зайцев Вал.В. Проектирование общесудовых устройств : Учебное пособие. Николаев : ЧП «Илион», 2004. 305 с.
10. Коростильов Л. І., Щедролоєв 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., Голиков В. І., Еганов О. Ю., Бондаренко О. В. Проектування морських транспортних суден: навчальний посібник. Миколаїв : УДМТУ, 2003. 156 с.

					ДРБ.135.4111.02.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

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

14. Некрасов В. О., Кротов О. І., Шестопад В. П., Потай І. Ю. Розрахунки статички судна. Частина І. 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., Щедроносєв О.В., Фаріонов А.М., Цикало Н.В., Перов В.М., Сліжевський С.М.; за

					ДРБ.135.4111.02.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

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

					ДРБ.135.4111.02.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		