

**Національний університет кораблебудування
імені адмірала Макарова**

Кораблебудівний навчально-науковий інститут
(повне найменування інституту, назва факультету)

Кафедра теорії та проектування суден
(повна назва кафедри)

Допущений до захисту
завідувач кафедри
В.О. Неврасов
" 20 " 06 2025р.

Пояснювальна записка

до бакалаврської роботи
(освітньо-кваліфікаційний рівень)

на тему

Проектування балкеру вантажопідйомністю 38900 т

Виконав: студент групи 4111

Спеціальність 135 «Суднобудування»

Спеціалізація «Кораблі та океанотехніка»
(шифр і назва спеціальності)

Вініченко М.С.
(прізвище та ініціали)

Керівник Астахова А.О.
(прізвище та ініціали)

Рецензент Приходько В.К.
(прізвище та ініціали)

м. Миколаїв – 2025 р.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ КОРАБЛЕБУДУВАННЯ
ІМЕНІ АДМІРАЛА МАКАРОВА

Кафедра теорії та проектування суден
Ступінь вищої освіти бакалавр
Спеціальність 135 "Суднобудування"
Освітньо-професійна програма "Кораблі і океанотехніка"

ЗАТВЕРДЖУЮ
Гарант ОПП "Кораблі і океанотехніка"
Ястреба к.т.н, О.П.Ястреба
"___" _____ 2025 року

ЗАВДАННЯ
НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ групи 4111
Вініченко Маргариті Сергіївні
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи **Проектування балкеру вантажопідйомністю 38900 т**

керівник роботи **Астахова Аліна Олегівна,**

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

затверджені наказом вищого навчального закладу від "___" _____ 2025 року №

2. Строк подання студентом роботи 20 червня 2025 р

3. Вихідні дані до роботи:

Вантажопідйомність – 38900 т;

швидкість ходу експлуатаційна – 15,3 вузла;

клас судна КМ⊕ Л31 А1 навалювальне

тип енергоустановки – дизельний двигун;

дальність плавання – 15500 миль;

розрахункова питома вантажомісткість – 1,27 м³/т

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

4.1. Визначення основних елементів і характеристик судна-проекту.

4.2. Побудова теоретичного креслення.

4.3. Розрахунок елементів плавучості та початкової остійності.

4.4. Визначення місткості вантажних приміщень та цистерн.

4.5. Обчислення координат центра мас та удиферентування судна (100 % вантажу, 100 % запасів).

4.6. Перевірка вимог класифікаційного товариства до остійності судна.

4.7. Набір конструктивного мідель-шпангоуту за Правилами РСУ. Розрахунок поздовжньої міцності.

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

5.1. Теоретичне креслення.

5.2. Гідростатичні криві.

5.3. Діаграма остійності неушкодженого судна.

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

5.5. Креслення конструктивного мідель-шпангоуту

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата			
		завдання видав		завдання прийняв	
проектування судна	ст.вик. Астахова А.О.	05.02.25р.		23.05.25р.	
теорія корабля	доц. Пашенко Ю.М.	21.04.25р.		12.05.25р.	
конструкція корпусу	ст. вик. Шарун Г.В.	22.03.25р.		17.06.25р.	
будівельна механіка корабля	проф. Коростильов Л.І.	06.05.25р.		17.06.25р.	

7. Дата видачі завдання 05.02.2025р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1.	Визначення основних елементів і характеристик судна-проекту.	15.03.2025р.	
2.	Визначення місткості вантажних приміщень та цистерн. Обчислення координат центра мас та удиферентування судна.	20.03.2025р.	
3.	Побудова теоретичного креслення.	22.03.2025р.	
4.	Побудова гідростатичних кривих	25.04.2025р.	
5.	Перевірка вимог класифікаційного товариства до остійності судна. Діаграма остійності судна.	10.05.2025р.	
6.	Розрахунок конструктивного мідель-шпангоуту	15.06.2025р.	
7.	Оформлення пояснювальної записки	20.06.2025р.	

Студент _____ **Вініченко М.С.**

Керівник роботи _____ **Астахова А.О.**

ЗМІСТ

Анотація

Вступ

1 Визначення основних елементів і характеристик судна-проекту

1.1 Розрахунок елементів проекту у першому наближенні

1.2 Визначення на ЕОМ буксирувальної потужності та вибір марки головного двигуна

1.3 Визначення елементів проекту судна в другому наближенні

1.4 Побудова теоретичного креслення та розрахунок елементів плавучості і початкової остійності

1.5 Побудова креслення загального розташування

1.6 Визначення місткості вантажних приміщень та цистерн, розрахунок завантаження, визначення координат ЦМ

1.7 Удиферентування проекту судна

2 Перевірка вимог Правил Регістру до остійності проекту

2.1. Розрахунок та побудова гідростатичних кривих

2.2 Розрахунок амплітуди хитавиці

2.3 Розрахунок кренувального моменту від тиску вітру(а) і перекидального моменту (b):

3. Розрахунок конструктивного мідель-шпангоуту

3.1. Опис архітектурно - конструктивного типу судна

3.2. Вибір шпаций

3.3. Вибір системи набору перекриттів корпусу судна

3.4. Вибір марки і категорії сталі

3.5. Креслення обводів мідель-шпангоута

					24.ДРБ.135.4111.05.ПЗ	Арк.
						4
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.6. Урахування зносу і корозії в'язей корпусу

3.7. Розрахункові навантаження на корпус судна

3.8. Навантаження, викликані вантажем, що перевозиться

3.9. Визначення згинальних моментів

3.10. Визначення товщин листових конструкцій

3.11. Набір в'язей корпусу судна за Правилами Регістру

**3.12. Розрахунок еквівалентного бруса і перевірка загальної
поздовжньої міцності**

4 Перевірка міцності зовнішньої обшивки днища

4.1. Вихідні дані

4.2 Розрахункова схема пластини днищевого перекриття

4.3. Розрахункове навантаження

4.4 Визначення напружень у небезпечних точках поля пластини

Висновки

Список літератури

Додатки

					24.ДРБ.135.4111.05.ПЗ	Арк.
						5
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Анотація

Темою дипломної роботи є проєкт балкера вантажопідйомністю 38900т для перевезення навалювальних вантажів. Процес роботи розділено на 4 розділи: розділ ОПС(основи проектування суден), розділ ТК(теорії корабля), розділ ККК(конструкції корпусу корабля), розділ БМК (будівельна механіка корабля).

В розділі ОПС розраховано навантаження мас, водотоннажність судна, головні розміри, коефіцієнти повноти, визначено потужність головного двигуна за допомогою програмного забезпечення Maxsurf Bentley Engineering, спроектовано форму корпусу .

В наступному розділі проведено розрахунки теоретичного креслення згідно чого побудовано гідростатичні криві, криві форми, пантокорени та діаграму статичної остійності.

Систему набору перекриттів корпусу було обрано в розділі з конструкції корпусу корабля, а також проведено перевірку міцності зовнішньої обшивки днища та загальну міцність судна.

Спроектоване судно виконано згідно із завданням та відповідає Правилам Регістру судноплавства України.

Ключові слова: водотоннажність, судно, балкер, проєкт, міцність.

Abstract

The topic of the thesis is the design of a bulk carrier with a carrying capacity of 38900 tons for the transportation of bulk cargo. The work process is divided into 4 sections: section DSD (Department of Ship Design), section DST (Department of Ship Theory), section SHD (Ship Hull Design), section SSM (Ship Structural Mechanics).

In the DSD section, the mass loading, ship displacement, main dimensions, fullness coefficients were calculated, the power of the main engine was determined using the Maxsurf software, the hull shape was designed.

					24.ДРБ.135.4111.05.ПЗ	Арк.
						6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

In the next section, calculations of the theoretical drawing were carried out, according to which hydrostatic curves, shape curves, KN values and a static stability diagram were constructed.

The hull decking system was selected in the section on the design of the ship's hull, and the strength of the outer bottom plating and the overall strength of the vessel were also checked.

The designed vessel was completed in accordance with the task and complies with the Rules of the Ukrainian Shipping Register.

Keywords: displacement, ship, bulk carrier, design, strength.

					24.ДРБ.135.4111.05.ПЗ	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вступ

Кафедрою теорії та проектування суден було видано завдання на проектування балкеру.

В дипломній роботі методом послідовних наближень (метод за прототипом) необхідно визначити водотоннажність, головні розміри, коефіцієнти повноти, потужність головного двигуна, спроектувати форму корпусу, виконати удиферентування судна. Необхідно побудувати теоретичне креслення та загальне розташування, перевірити плавучість та остійність.

Відповідно до Правил класифікаційного товариства, спроектувати конструктивний мідель-шпангоут судна. Після визначення розмірів в'язей необхідно виконати розрахунок загальної поздовжньої міцності корпусу судна.

За вимогами Регістру виконати розрахунок міцності зовнішньої обшивки днища.

Спроектване судно повинно відповідати Правилам Регістра судноплавства України.

					24.ДРБ.135.4111.05.ПЗ	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

					24.ДРБ.135.4111.05. ПЗ.01							
Зм.	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата								
Студент	Вініченко М.С.				Визначення основних елементів і характеристик судна-проєкту.				Літ		Аркуш	Аркушів
Консультант	Астахов А.О.								у			
Керівник	Астахов А.О.								НУК Ім. Адмірала Макарова			
Зав.кафедри	Некрасов В.О.											

1 Визначення основних елементів і характеристик судна-проекту

1.1 Розрахунок елементів проекту у першому наближенні

1.1.1 Розрахунок водотоннажності

Для визначення водотоннажності прототипу складається алгебраїчне рівняння мас виду:

$$\bar{\Delta} = \bar{P}_K + \bar{P}_{OB} + \bar{P}_{EY} + \bar{P}_{PB} + \bar{P}_3 + \bar{P}_{3B} + \bar{P}_B + \bar{P}_B,$$

де $\bar{\Delta}$ – водотоннажність прототипу, т;

$\bar{P}_K, \bar{P}_{OB}, \bar{P}_{EY}, \bar{P}_{PB}, \bar{P}_3, \bar{P}_{3B}, \bar{P}_B, \bar{P}_B$ – маса розділів навантаження: корпусу, обладнання, енергетичної установки, палива, води і масла, забезпечення, запасу водотоннажності, вантажу і баласту прототипу, т.

$$\bar{\Delta} = 7867,3 + 3419,2 + 887,3 - 210 + 311 + 2125 + 37500 = 51900.$$

У першому наближенні елементи проекту судна розраховуються за коефіцієнтом використання (утилізації), який розраховується за прототипом:

$$\bar{\eta}_B = \frac{\bar{P}_B}{\bar{\Delta}} = \frac{37500}{51900} = 0,7225$$

де $\bar{P}_B$ – вантажопідйомність прототипу;

$\bar{\Delta}$ – водотоннажність прототипу.

Величина коефіцієнта утилізації по чистій вантажопідйомності залежить від швидкості ходу і дальності плавання, тому його значення змінюємо за допомогою виразу:

$$\bar{\eta}_B^{\text{кор}} = \bar{\eta}_B - \left(\bar{a}_{EY} \left(\frac{v_B}{v_e} \right)^3 + \bar{a}_\Pi \left(\frac{v_e}{v_B} \right)^2 \frac{R}{\bar{R}} \right) + \bar{a}_{EY} + \bar{a}_\Pi,$$

де $\bar{a}_{EY} = \frac{\bar{P}_{EY}}{\bar{\Delta}}, \bar{a}_\Pi = \frac{\bar{P}_\Pi}{\bar{\Delta}}$ – вимірники мас енергетичної установки та маси палива відповідно.

$$\bar{a}_{EY} = \frac{\bar{P}_{EY}}{\bar{\Delta}} = \frac{887}{51900} = 0,0171; \bar{a}_\Pi = \frac{2125}{51900} = 0,0409;$$

$$\bar{\eta}_B^{\text{кор}} = 0,7225 - \left(0,0171 \left(\frac{15,8}{15,9} \right)^3 + 0,0409 \left(\frac{15,3}{15,4} \right)^2 \frac{15500}{15000} \right) + 0,0171 + 0,0409 = 0,722.$$

					24.ДРБ.135.4111.05.ПЗ	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для урахування масштабного ефекту судна треба скористатися формулою: $\eta_0 = \bar{\eta}_B^{\text{кор}} \left(\frac{P_B}{\bar{P}_B} \right)^{0,25} = 0,722 \left(\frac{37250}{37500} \right)^{0,25} = 0,7208$,

де P_B – вантажопідйомність проекту.

Таким чином, використання коригованого значення коефіцієнту утилізації дає можливість отримати уточнене значення очікуваної водотоннажності:

$$\bar{\Delta}_1 = \frac{P_B}{\eta_0} = \frac{37250}{0,7208} = 51676 \text{ т.}$$

1.1.2 Визначення характеристик форми корпусу

Отримавши значення водотоннажності, можна розрахувати головні розміри проекту судна. Для початку визначимо наступні характеристики форми корпусу:

- відносна довжина першого наближення l може бути визначена як:

$$l = \frac{\bar{L}}{\sqrt[3]{\frac{\bar{\Delta}}{\rho}}} = \frac{178,48}{\sqrt[3]{\frac{51900}{1,025}}} = 4,82;$$

- очікувана довжина між перпендикулярами:

$$L_0 = l \cdot \sqrt[3]{\frac{\bar{\Delta}_1}{\rho}} = 4,82 \cdot \sqrt[3]{\frac{51676}{1,025}} = 178,22 \text{ м;}$$

- число Фруда:

$$\text{проекту } Fr = \frac{0,514 \cdot v_e}{\sqrt{gL_0}} = \frac{0,514 \cdot 15,3}{\sqrt{9,81 \cdot 178,22}} = 0,1882;$$

$$\text{прототипу } Fr = \frac{0,514 \cdot \bar{v}_e}{\sqrt{g\bar{L}}} = \frac{0,514 \cdot 15,4}{\sqrt{9,81 \cdot 178,48}} = 0,1893.$$

У табл. 1.1.2.1 проводимо розрахунок та прийняття коефіцієнтів повноти проекту для подальших розрахунків. Вибір коефіцієнтів проводимо виходячи з порівняння чисел Фруда проекту і прототипу.

					24.ДРБ.135.4111.05.ПЗ	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 1.1.2.1 - Вибір коефіцієнтів повноти проекту в порівнянні їх з прототипом

Коефіцієнт	Формула	Проект	Прототип	Прийнято
загальної повноти	$C_b = 1,1 - 1,68Fr$	0,771	0,784	0,784
повноти площі мідель-шпангоута	$C_m = 0,977 + 0,085(C_b - 0,6)$	0,982	0,995	0,995
поздовжньої повноти	$C_p = \frac{C_b}{C_m}$	0,785	0,788	0,788
повноти площі ватерлінії	$C_w = \sqrt{C_b} - 0,025$	0,859	0,915	0,915

*Наступні відношення у 1-му наближенні можна прийняти за прототипом *

– визначення відношення ширини до осадки:

$$C = \left(\frac{B}{d}\right)_1 = \frac{\bar{B}}{\bar{d}} = \frac{32,2}{11,1} = 2,9$$

– визначення відношення висоти борту до осадки:

$$I = \left(\frac{H}{d}\right)_1 = \left(\frac{\bar{H}}{\bar{d}}\right) = \frac{15,8}{11,1} = 1,42;$$

– визначення відношення довжини до ширини борту:

$$A = \left(\frac{L}{B}\right)_1 = \left(\frac{\bar{L}}{\bar{B}}\right) = \left(\frac{178,48}{32,2}\right) = 5,61.$$

					24.ДРБ.135.4111.05.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

1.1.3 Розрахунок головних розмірів. Для визначення головних розмірів використовуємо рівняння плавучості:

$$\Delta_1 = k_{вч} \rho C_b L_1 B_1 d_1$$

де $k_{вч}=1,01$ – коефіцієнт, що враховує виступаючі за обводи ТК частини корпусу.

Таблиця 1.1.3.1 – Головні розміри у першому наближенні

Довжина судна, м	$L_1 = \sqrt[3]{\frac{D_1 A^2 C}{k_{вч} \rho C_b}}$	179,7
Ширина судна, м	$B_1 = L_1 / A$	32,1
Осадка судна, м	$d_1 = \frac{B_1}{C}$	11,1
Висота борту, м	$H_1 = d_1 I$	15,7

1.2 Визначення на ЕОМ буксирувальної потужності та вибір марки головного двигуна

Розрахунок потужності головного двигуна проводимо за допомогою програмного комплексу Maxsurf Resistance. Результати розрахунку наведено в табл. 1.2.1.

					24.ДРБ.135.4111.05.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

Таблиця 1.2.1 – Результати розрахунків потужності головного двигуна

	Speed (kn)	Froude No. LWL	Froude No. Vol.	Holtrop Resist. (kN)	Holtrop Power (kW)
1	0,500	0,006	0,014	0,9	0,401
2	0,883	0,011	0,024	2,7	2,044
3	1,265	0,015	0,034	5,3	5,748
4	1,648	0,020	0,045	8,7	12,284
5	2,030	0,025	0,055	12,9	22,400
6	2,413	0,029	0,065	17,8	36,824
7	2,795	0,034	0,076	23,5	56,270
8	3,178	0,038	0,086	29,9	81,442
9	3,560	0,043	0,096	37,0	113,033
10	3,942	0,048	0,107	44,9	151,729
11	4,325	0,052	0,117	53,5	198,209
12	4,708	0,057	0,127	62,7	253,143
13	5,090	0,062	0,138	72,7	317,199
14	5,473	0,066	0,148	83,3	391,038
15	5,855	0,071	0,158	94,7	475,316
16	6,237	0,075	0,169	106,7	570,687
17	6,620	0,080	0,179	119,4	677,801
18	7,003	0,085	0,189	132,8	797,312
19	7,385	0,089	0,200	146,9	929,874
20	7,768	0,094	0,210	161,6	1076,156
21	8,150	0,099	0,220	177,0	1236,851
22	8,533	0,103	0,231	193,1	1412,687
23	8,915	0,108	0,241	209,9	1604,453
24	9,298	0,113	0,251	227,4	1813,022
25	9,680	0,117	0,262	245,7	2039,385
26	10,063	0,122	0,272	264,8	2284,689
27	10,445	0,126	0,282	284,8	2550,279
28	10,828	0,131	0,293	305,7	2837,748
29	11,210	0,136	0,303	327,6	3148,987
30	11,593	0,140	0,313	350,7	3486,239
31	11,975	0,145	0,324	375,2	3852,155
32	12,358	0,150	0,334	401,1	4249,849
33	12,740	0,154	0,344	428,7	4682,949
34	13,123	0,159	0,355	458,2	5155,652
35	13,505	0,163	0,365	489,9	5672,767
36	13,888	0,168	0,375	524,0	6239,763
37	14,270	0,173	0,386	560,9	6862,792
38	14,653	0,177	0,396	600,9	7548,747
39	15,035	0,182	0,406	644,3	8305,349
40	15,418	0,187	0,417	691,5	9140,978
41	15,800	0,191	0,427	742,9	10064,40

Буксирувальна потужність для швидкості на випробуваннях: $v_g=15,8$ вузлів, $N_g=10064$ кВт. Буксирувальна потужність для експлуатаційної швидкості $v_e=15,3$ вузлів визначається шляхом розрахунків в MaxSurf та дорівнює $N_e = 8875$ кВт.

Обираємо головний двигун фірми «New Sulzer Diesel» за каталогом (табл.1.2.2).

Таблиця 1.2.2 – Характеристики головного двигуна

№ з/п	Марка	P_{SN} , кВт	n , об/хв	g_e , г/(кВт·год)	L , мм	B , мм	H , мм	G , т
1	8S46MC	10480	129	174	7787	2924	8575	219

1.3 Визначення елементів проекту судна в другому наближенні

1.3.1 Розрахунок водотоннажності.

Для визначення водотоннажності у другому наближенні необхідно використовувати рівняння мас, що виражене у функції головних розмірів, у якому складові навантаження мас розраховуються за формулами, які дають більш точні результати. Так маса корпусу в цьому рівнянні виражається залежністю $P_K = q_K C_b^{\Pi} LBD$, а маса обладнання $P_O = q_O (LBD)^{2/3}$. При визначенні маси енергетичної установки та маси палива використовується значення потужності головного двигуна, що прийняте за каталогом. Вирази для маси забезпечення $P_{заб}$, запасу водотоннажності $P_{зв}$, значення яких у навантаженні мас незначні, доцільно залишити незмінним $P_{заб} = a_c \Delta$; $P_{зв} = a_{зв} \Delta$.

Для того, щоб виключити кількість невідомих в рівнянні мас та привести його до такого вигляду, щоб як і у першому наближенні його можна було б вирішити відносно Δ , використовуються наступні перетворення:

$$P_K = q_K C_b^{\Pi} LBD = q_K C_b^{\Pi} LBD \frac{\Delta}{\rho_B k_B C_b L B d} = \Delta \left(q_K \frac{C_b^{\Pi} D}{C_b d} \frac{1}{\rho_B k_B} \right),$$

$$P_O = q_O (LBD)^{2/3} = \Delta^{\frac{2}{3}} \left(q_O \left(\frac{D}{d} \frac{1}{\rho_K k_K C_b} \right)^{\frac{2}{3}} \right).$$

З урахуванням виконаних перетворень рівняння мас приймає вигляд:

$$\Delta_1 \left(1 - q_K \frac{C_b^{\Pi} D}{C_b d} \frac{1}{\rho_B k_B} - a_{заб} - a_{зв} \right) = \Delta_1^{\frac{2}{3}} \left(q_O \left(\frac{D}{d} \frac{1}{\rho_B k_B C_b} \right)^{\frac{2}{3}} \right) + q_{ey} N_{ey}^B + q_{\Pi} k_{мз} k_{вс} N_{ey}^e \frac{R}{v_e} + P_B.$$

					24.ДРБ.135.4111.05.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

Таблиця 1.3.1.1 – Визначення проміжних коефіцієнтів

Назва величини	Формула	Значення
Коефіцієнт повноти об'єму корпусу судна по верхню палубу прототипу	$\bar{C}_b^p = \bar{C}_b \left(\frac{\bar{d}}{\bar{D}} \right) + 1,05 \bar{C}_w \left(1 - \left(\frac{\bar{d}}{\bar{D}} \right) \right)$	0,825
Коефіцієнт повноти об'єму корпусу судна по верхню палубу проекту	$C_b^p = C_b \left(\frac{d_1}{D_1} \right) + 1,05 C_w \left(1 - \left(\frac{d_1}{D_1} \right) \right)$	0,824
Вимірник маси корпусу прототипу	$q_K = \frac{\bar{P}_K}{\bar{C}_b^p \bar{L} \bar{B} \bar{D}}$	0,105
Вимірник маси обладнання	$q_{OB} = \frac{\bar{P}_{OB}}{(\bar{L} \bar{B} \bar{D})^{2/3}}$	1,692
Коефіцієнт морського запасу	$k_{мз}$	1,2
Коефіцієнт збільшення запасу палива	$k_{дод}$	1,15
Коефіцієнти для вирішення рівняння мас	$n = 1 - 0,966 q_K \frac{D}{d} \frac{C_b^p}{C_b} - a_{зв} - a_B$	0,839
	$m = q_{OB} \left(\frac{D_1}{d_1} \frac{1}{C_b \gamma} \right)^{2/3} + q_3$	2,697
	$A = q_{EY} N_{EY}^B + q_{\Pi} k_{мз} k_{доп} N_{EY}^e \frac{R}{v_E} + P_B$	40275
Рівняння мас у функції головних розмірів	$\Delta - \frac{m}{n} \Delta^{2/3} - \frac{A}{n} = 0$	0

Використовуючи метод підбору параметрів у програмі Excel вирішимо рівняння водотоннажності та отримаємо водотоннажність у другому наближенні

$$\Delta = 52547$$

Маючи значення водотоннажності у другому наближенні знайдемо маси статей навантаження судна-проекту в табл. 1.3.1.2.

Таблиця 1.3.1.2 – Розрахунок мас статей навантаження

					24.ДРБ.135.4111.05.ПЗ	Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Назва статі навантаження	Формула	Значення
Маса корпусу, т	$P_K = 0,966 q_K \Delta \left(\frac{H}{d} \right) \left(\frac{\delta_{\Pi}}{\delta} \right)$	7962
Маса обладнання, т	$P_{OB} = q_{OB} \Delta^{\frac{2}{3}} \left(\frac{D}{d} \frac{1}{C_b k_{BЧ} \rho} \right)^{2/3}$	3470
Маса енергетичної установки, т	$P_{EY} = q_{EY} N_{EY}^B$	867
Маса забезпечення, т	$P_3 = q_3 \Delta_2^{2/3}$	314
Маса запасу водотоннажності, т	$P_{3B} = a_{3B} \Delta_2$	525
Маса палива, т	$P_{\Pi} = q_{\Pi} N_{EY}^B \frac{R}{v_e} k_{мз} k_{дод}$	2159
Маса баласту, т	$P_B = a_B \Delta_2$	0
Маса вантажу, т	P_B	37250
Водотоннажність, т	$\Delta_2 = P_K + P_{OB} + P_{EY} + P_{\Pi} + P_3 + P_{3B} + P_B + P_B$	52547

1.3.2 Уточнення головних розмірів через коефіцієнт λ .

За наявності повної геометричної подібності судна-прототипу і проекту обводи корпусу проекту можуть бути одержані шляхом зміни обводів судна-прототипу в одному і тому ж масштабі по довжині, ширині і висоті, що може бути записане таким чином:

$$\frac{L}{\bar{L}} = \frac{B}{\bar{B}} = \frac{H}{\bar{H}} = \frac{d}{\bar{d}} = \lambda$$

$$\lambda = \sqrt[3]{\frac{D_2}{D_1}} = \sqrt[3]{\frac{52547}{51676}} = 1,006$$

Таблиця 1.3.2.1 – Розрахунок головних розмірів у другому наближенні

Ширина судна (м)	$B_2 = B_1 \lambda$	32,3
Довжина судна (м)	$L_2 = L_1 \lambda$	180,7
Осадка судна (м)	$d_2 = d_1 \lambda$	11,2
Висота борта (м)	$H_2 = H_1 \lambda$	15,8

На цьому визначення головних розмірів проекту судна в другому наближенні закінчено.

1.4 Побудова теоретичного креслення та розрахунок елементів плавучості і початкової остійності

Для побудови теоретичного креслення і розрахунку елементів початкової остійності використовується програмний комплекс Maxsurf.

3D модель і теоретичне креслення будуємо в середовищах Maxsurf Modeler і AutoCAD за допомогою афінного перетворення поверхні корпусу прототипу.

Вихідні дані:

- кількість батоксів – 3 (I.. III);
- кількість ватерліній – 7 (0..7);
- кількість шпангоутів – 21 (0, 0.5, 1, 2, 3..17, 18, 19, 19.5, 20);
- теоретична шпация $\Delta L = L/20 = 9,035\text{м}$.

За отриманими даними побудовано теоретичне креслення (24.ДРБ.135.4111.05.01), креслення загального розташування (24.ДРБ.135.4111.05.04) та гідростатичні криві (24.ДРБ.135.4111.05.02).

1.5 Побудова креслення загального розташування

Креслення будуємо у тому ж масштабі, що й теоретичне креслення в середовищі AutoCAD.

На проекції «Вид збоку/Повздовжній переріз» розташовуємо поперечні перебірки, друге дно, розміщуємо надбудову, мачти, крани, леєрну огорожа, суднові пристрої, навігаційні та ходові вогні, усі двері, трапи, ілюмінатори, габаритні обриси головного двигуна, осі валопроводу, рушій.

На проекції «Верхня палуба», засоби комунікацій, поперечні перебірки та розташовуємо в носовій та кормовій кінцівках якірно-швартовний пристрій.

1.6 Визначення місткості вантажних приміщень та цистерн, розрахунок завантаження, визначення координат ЦМ

Після визначення головних розмірів і коефіцієнтів повноти судна потрібно перевірити його вантажомісткість. Ця перевірка є остаточною і виконується з достатньою для цього точністю за допомогою комплексу Maxsurf Stability Enterprise.

Так як довжина судна знаходиться в межах $165 \div 185$ м і розташування машинного відділення кормове, то загальну кількість водонепроникних перебірок приймаємо .

Фактичну шпацию визначаємо за формулою:

$$a_0 = 0,002 \cdot L + 0,48 = 0,02 \cdot 135,5 + 0,48 = 0,841$$

Приймаємо $a_0 = 800$ мм.

Згідно з вимогами Правил Регістру, у форпіку та ахтерпіку шпация приймається $a_{\text{ф}} = a_{\text{ахт}} = 600$ мм . Перехідна шпация між форпіковою перебіркою та перерізом $0,2L$ від носового перпендикуляру приймається $a_{\text{п}} = 700$ мм. Таким чином поперечні перебірки поділяють корпус судна на відсіки представлені у табл.1.6.1.

					24.ДРБ.135.4111.05.ПЗ	Арк.
						18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 1.6.1 – Відсіки судна

Шпація	Відсік	Довжина
221-239	Ахтерпik	$L_{axm}=18\cdot0,6=10,8$ м
188-221	МВ	$L_{me}=33\cdot0,8=26,4$ м
163-188	Трюм №7	$L_{mp7}=25\cdot0,8=20$ м
138-163	Трюм №6	$L_{mp6}=25\cdot0,8=20$ м
113-138	Трюм №5	$L_{mp5}=25\cdot0,8=20$ м
88-113	Трюм №4	$L_{mp4}=25\cdot0,8=20$ м
63-88	Трюм №3	$L_{mp3}=25\cdot0,8=20$ м
36-63	Трюм №2	$L_{mp2}=9\cdot0,8+18\cdot0,7=19,8$ м
15-36	Трюм №1	$L_{mp1}=21\cdot0,7=14,7$ м
0-15	Форпik	$L_{fop}=15\cdot0,6=9,0$ м
Сума		$L = 180,7$ м

Висоту другого дна розраховуємо за формулою:

$$H_{dd} = L - \frac{40}{0,57} + 40B + \frac{3500d}{L} = 180,7 - \frac{40}{0,57} + 40 \cdot 32,3 + \frac{3500 \cdot 11,2}{180,7}$$

$$= 1,618 \text{ м.}$$

Приймаємо $H_{dd} = 1,6$ м.

Ширину подвійного борту визначаємо за формулою:

$$b_{пб} = 0,5 + \frac{DW}{20000} = 0,5 + \frac{39723}{20000} = 2,486 \text{ м.}$$

Приймаємо $b_{пб} = 2,5$ м.

					24.ДРБ.135.4111.05.ПЗ	Арк.
						19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Положення ЦМ визначається розрахунком з використанням Loadcase. При цьому абсциси і аплікати розділів: корпус, обладнання, запас водотоннажності, енергетична установка і постачання визначаються перерахунком із судна прототипу пропорційно довжині і висоті борту за залежностями:

$$X_{gi} = \frac{\overline{X_{gi}}}{\overline{L}} L ; Z_{gi} = \frac{\overline{Z_{gi}}}{\overline{H}} H.$$

Координати центрів мас вантажу, палива приймаються за Loadcase.

Результати розрахунків місткості були виконані у програмному комплексі Maxsurf Stability Enterprise за допомогою Loadcase та представлені в табл.1.6.2.

Таблиця 1.6.2 – Таблиця ємності

№ п/п	Назва приміщення	Теоретичний об'єм, м ³	Завантаження, %	Об'єм під вантаж, м ³	Координати центра ваги, м	
					x	Z
1.	Трюм №1	4557,854	90%	4102,068	-16,915	8,211
2.	Трюм №2	7576,896	91,35%	6921,495	-33,614	8,093
3.	Трюм №3	7665,091	95%	7281,836	-53,5	8,342
4.	Трюм №4	7665,092	95%	7281,838	-73,5	8,342
5.	Трюм №5	7665,091	95%	7281,836	-93,5	8,342
6.	Трюм №6	7665,087	95%	7281,832	-113,5	8,342
7.	Трюм №7	7558,859	95%	7180,916	-133,42	8,436
8.	Σ об'єм під вантаж	50353,971		47331,822		
9.	Баластна цистерна №1 ПБ	133,565	0	0	-23,617	6,545
10.	Цистерна №1 ЛБ	133,565	0	0	-23,617	6,545
11.	Цистерна №2 ПБ	528,913	0	0	-38,612	1,6
12.	Цистерна №2 ПБ	528,913	0	0	-38,612	1,6

13.	Цистерна №3 ЛБ	685,526	0	0	-53,531	1,6
14.	Цистерна №3 ПБ	685,526	0	0	-53,531	1,6

Продовження Табл. 1.6.2

15.	Цистерна №4 ЛБ	685,771	0	0	-73,5	1,6
16.	Цистерна №4 ПБ	685,771	0	0	-73,5	1,6
17.	Цистерна №5 ЛБ	685,012	0	0	-93,355	1,6
18.	Цистерна №5 ПБ	685,012	0	0	-93,355	1,6
19.	Цистерна №6 ЛБ	664,956	0	0	-110,58	1,6
20.	Цистерна №6 ПБ	664,956	0	0	-110,58	1,6
21.	Цистерна №7 ПБ	552,845	0	0	-123,84	1,67
22.	Цистерна №7 ЛБ	552,845	0	0	-123,84	1,67
23.	Форпик	1460,473	0	0	-7,629	0,000
24.	Ахтерпик	2619,887	0	0	-170,33	0,583
25.	Σ об'єм під баласт	11953,536	0	0	0	0
26.	Цистерна 2-го дна №1	310,496	0	0	-18,175	0,000
27.	Цистерна №2	817,302	0	0	-34,78	0,000
28.	Цистерна №3	981,679	0	0	-53,521	0,000
29.	Цистерна №4	983,195	10,88%	106,972	-73,5	0,094
30.	Цистерна №5	974,605	98%	955,113	-93,435	0,8
31.	Цистерна №6	802,859	98%	786,802	-112,84	0,855
32.	Цистерна №7	482,603	98%	472,951	-132,48	0,905

					24.ДРБ.135.4111.05.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

33.	Цистерна МВ	253,49	98%	248,42	-153,44	0,881
-----	-------------	--------	-----	--------	---------	-------

Продовження Табл. 1.6.2

34.	Σ об'єм під паливо	5606,226	45,85%	2570,258	-111,53	0,814
-----	--------------------	----------	--------	----------	---------	-------

Перевірка: $W_B = P_B / \gamma_B = 37250 / 1,27 = 29330,71$

Похибка: $\varepsilon = \frac{37250,144 - 29330,71}{37250,144} \cdot 100\% = 0,21\% < 5\%$

$W_{\Pi} = P_{\Pi} \cdot \gamma_{\Pi} = 2159 / 1,19 = 1814,3$

Похибка:

$\varepsilon = \frac{2159,017 - 1814,3}{2159,017} \cdot 100\% = 0,16\% < 5\%$

Проект судна повністю вміщує в собі увесь вантаж, паливо.

1.7 Удиферентування проекту судна

В розрахунках будемо приймати, що вантаж, паливо розміщуються симетрично відносно ДП і тому крен судна відсутній.

Для удиферентування судна використовується програма Maxsurf Stability Enterprise. Розглянемо І стан навантаження: 100% вантажу, 100% запасів, 0% баласту, отримуючи дані з Loadcase .

Таблиця 1.7.1 – Loadcase для І-го стану навантаження

					24.ДРБ.135.4111.05.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

	Item Name	Quantity	Unit Mass tonne	Total Mass tonne	Unit Volume m³	Total Volume m³	Long. Arm m	Trans. Arm m	Vert. Arm m	Total FSM tonne.m	FSM Typ
1	Hull	1	7962.000	7962.000			-95.500	0.000	9.800	0.000	User Specified
2	Margin	1	525.000	525.000			-107.500	0.000	12.130	0.000	User Specified
3	Engine	1	867.000	867.000			-158.030	0.000	9.330	0.000	User Specified
4	Equipment	1	3470.000	3470.000			-107.700	0.000	18.470	0.000	User Specified
5	Total Lightship			12824,000			-103,520	0,000	12,210	0,000	
6	Hold 1	90%	3587.031	3228.328	4557.854	4102.068	-16.915	0.000	8.211	0.000	User Specified
7	Hold 2	91,35%	5963.017	5447.216	7576.896	6921.495	-33.614	0.000	8.093	0.000	User Specified
8	Hold 3	95%	6032.427	5730.805	7665.091	7281.836	-53.500	0.000	8.342	0.000	User Specified
9	Hold 4	95%	6032.428	5730.806	7665.092	7281.838	-73.500	0.000	8.342	0.000	User Specified
10	Hold 5	95%	6032.427	5730.805	7665.091	7281.836	-93.500	0.000	8.342	0.000	User Specified
11	Hold 6	95%	6032.423	5730.802	7665.087	7281.832	-113.500	0.000	8.342	0.000	User Specified
12	Hold 7	95%	5948.822	5651.381	7558.859	7180.916	-133.418	0.000	8.436	0.000	User Specified
13	Total cargo	94%	39628,575	37250,144	50353,971	47331,822	-78,008	0,000	8,309	0,000	
14	DB Hold 1	0%	260.814	0.000	310.493	0.000	-18.175	0.000	0.000	0.000	User Specified
15	DB Hold 2	0%	686.533	0.000	817.302	0.000	-34.780	0.000	0.000	0.000	User Specified
16	DB Hold 3	0%	824.611	0.000	981.679	0.000	-53.521	0.000	0.000	0.000	User Specified
17	DB Hold 4	10,88%	825.884	89.856	983.195	106.972	-73.500	0.000	0.094	42554.915	IMO A.749(18)
18	DB Hold 5	98%	818.669	802.295	974.605	955.113	-93.435	0.000	0.800	0.000	User Specified
19	DB Hold 6	98%	674.402	660.913	802.859	786.802	-112.844	0.000	0.855	0.000	User Specified
20	DB Hold 7	98%	405.387	397.279	482.603	472.951	-132.483	0.000	0.905	0.000	User Specified
21	DB ER	98%	212.931	208.673	253.490	248.420	-153.439	0.000	0.881	0.000	User Specified
22	Total fuel	45,85%	4709,230	2159,017	5606,226	2570,258	-111,532	0,000	0,814	42554,915	
23	Forepeak	0%	1496.985	0.000	1460.473	0.000	-7.629	0.000	0.000	0.000	User Specified
24	Aftpeak	0%	2685.384	0.000	2619.887	0.000	-170.330	0.000	0.583	0.000	User Specified
25	DS Hold 1 P	0%	136.904	0.000	133.565	0.000	-23.617	-13.500	6.545	0.000	User Specified
26	DS Hold 1 S	0%	136.904	0.000	133.565	0.000	-23.617	13.500	6.545	0.000	User Specified
27	DS Hold 2 P	0%	542.135	0.000	528.913	0.000	-38.612	-14.370	1.600	0.000	User Specified
28	DS Hold 2 S	0%	542.135	0.000	528.913	0.000	-38.612	14.370	1.600	0.000	User Specified
29	DS Hold 3 P	0%	702.664	0.000	685.526	0.000	-53.531	-14.671	1.600	0.000	User Specified
30	DS Hold 3 S	0%	702.664	0.000	685.526	0.000	-53.531	14.671	1.600	0.000	User Specified
31	DS Hold 4 P	0%	702.915	0.000	685.771	0.000	-73.500	-14.675	1.600	0.000	User Specified
32	DS Hold 4 S	0%	702.915	0.000	685.771	0.000	-73.500	14.675	1.600	0.000	User Specified
33	DS Hold 5 P	0%	702.138	0.000	685.012	0.000	-93.355	-14.649	1.600	0.000	User Specified
34	DS Hold 5 S	0%	702.138	0.000	685.012	0.000	-93.355	14.649	1.600	0.000	User Specified
35	DS Hold 6 P	0%	681.580	0.000	664.956	0.000	-110.580	-14.313	1.600	0.000	User Specified
36	DS Hold 6 S	0%	681.580	0.000	664.956	0.000	-110.580	14.313	1.600	0.000	User Specified
37	DS Hold 7 P	0%	566.666	0.000	552.845	0.000	-123.839	-13.500	1.670	0.000	User Specified
38	DS Hold 7 S	0%	566.666	0.000	552.845	0.000	-123.839	13.500	1.670	0.000	User Specified
39	Total ballast	0%	12252,375	0,000	11953,536	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	
40	Supply	1	314.000	314.000			-166.460	0.000	16.820	0.000	User Specified
41	Total Supply			314,000			-166,460	0,000	16,820	0,000	
42	Total Loadcase			52547,161	67913,733	49902,080	-86,140	0,000	9,004	42554,915	
43	FS correction								0,810		
44	VCG fluid								9,814		

Удиферентування проекту виконується у середовищі Maxsurf Stability для повного вантажу: І стан навантаження 100% вантажу, 100% запасів, 0 % баласту. На рис 1.7.1 представлена візуалізація посадки судна, а у табл. 1.7.1 – параметри посадки. За допомогою Loadcase перевіряємо посадку судна (табл.1.7.2).

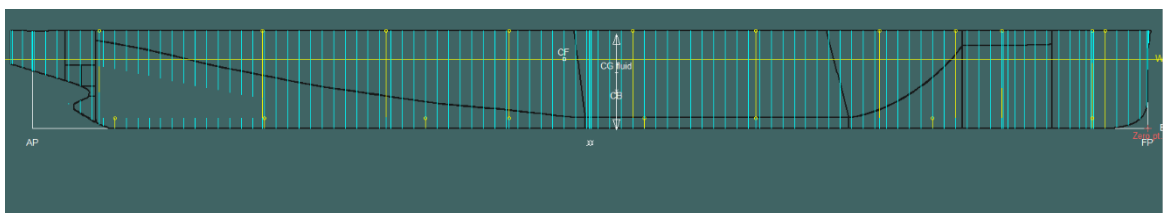


Рисунок 1.7.1 – Удиферентоване судно-проект у повному вантажі

Таблиця 1.7.2 – Посадка судна

Осадка розрахункова (на міделі), м	11,192
Водотоннажність вагова, т	52549
Крен , град	0,0
Осадка носом (на носовому перпендикулярі), м	11,184
Осадка кормою (на кормовому перпендикулярі), м	11,199
Осадка в центрі ваги площі ватерлінії, м	11,192
Диферент (позитивний на корму), м	0,016

Довжина ватерлінії, м	184,26
Ширина ватерлінії, м	31,9
Площа змоченої поверхні, м ²	8369,9
Площа ватерлінії, м ²	5429,6
Коефіцієнт поздовжньої гостроти	0,786
Коефіцієнт загальної повноти	0,78
Коефіцієнт повноти площі мідель-шпангоута	0,993
Коефіцієнт повноти площі ватерлінії	0,925
Відстань ЦВ судна від міделя (абсциса центру величини (позитивна в ніс)), м	-86,14
Відстань ЦТ площі ватерлінії від міделя (абсциса центру ваги площі ватерлінії), м	-94,6

Продовження табл. 1.7.2

Апліката центру величини, м	6,000
Піднесення ЦТ судна на ОЛ (апліката центру ваги), м	9,004
Поперечний метацентричний радіус, м	8,274
Поздовжній метацентричний радіус, м	262,44
Поперечна метацентрична висота, м	5,27
Поздовжня метацентрична висота, м	259,43
Піднесення поперечного метацентра над ОЛ (апліката поперечного метацентра), м	14,28
Піднесення поздовжнього метацентра над ОЛ (апліката поздовжнього метацентра), м	268,44
Число тонн на 1 см опади, т / см	55,65
Момент, диферент на 1 см, т м / см	754,45
Момент, що кренить на 1 градус, т м / град	4833,41
Максимальний нахил палуби, град	0,0050
Кут диферента (позитивний на корму), град	0,0050

В результаті отримуємо диферент 0,050 м на корму.

Таким чином $X_c = -86,14$; $X_g = -86,14$

					24.ДРБ.135.4111.05.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

Згідно даним табл.1.7.2 розрахунковий стан має такі характеристики:

$T_n = 11,184$ – осадка носом, м;

$T_k = 11,199$ – осадка кормою, м;

$\Delta T = 0,016$ – диферент, м;

Для удиферентування потрібно виконання наступних умов:

Диферент не повинен перебільшувати $\Delta T \leq (0,006...0,008)L$ – умова забезпечення задовільної ходовості по опору води:

- $\Delta T \leq (0,006...0,008)L = 0,008 \cdot 180,7 = 1,45$ м – умова забезпечення задовільної ходовості по опору води: $0,016 < 1,46$, умова задовольняє;

- $T_n \geq \frac{L}{40} = \frac{180,7}{40} = 4,52$ м – умова відсутності слемінгу: $11,184 > 4,52$, умова задовольняє;

- $T_k \geq d_{\text{зб}} - d_{\text{зб}} = 7,84$ м – умова забезпечення нормальної роботи гвинта і керованості: $11,199 > 7,84$ – умова задовольняє.

- $T_k \geq T_n$ – умова забезпечення морехідних якостей: $11,199 > 11,184$ – умова задовольняє.

Отже, проект у повному вантажі удиферентовано.

					24.ДРБ.135.4111.05.ПЗ	Арк.
						25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

					24.ДРБ.135.4111.05. ПЗ.02							
Змн.	Арк.З	№ докум.	Підпис№	Дата								
					Визначення остійності та критерія погоди			Літ.	Арк.	Дата	Аркушів	
Студент	Вініченко М.С.											
Консульт.	Пашенко Ю.М.							НУК				
Керівник	Астахова А.О.											
Зав. кафедр.	Некрасов В.О.											

2 Перевірка вимог Правил Регістру до остійності проекту

2.1. Розрахунок та побудова гідростатичних кривих

Криві елементів теоретичного креслення – графічне зображення всіх елементів судна та їх зміни в залежності від осадки судна. Всі криві будуються в функції від осадки, і ординати їх відкладаються паралельно основній площині. Для розрахунку елементів плавучості та початкової остійності застосовуємо програму Maxsurf Stability.

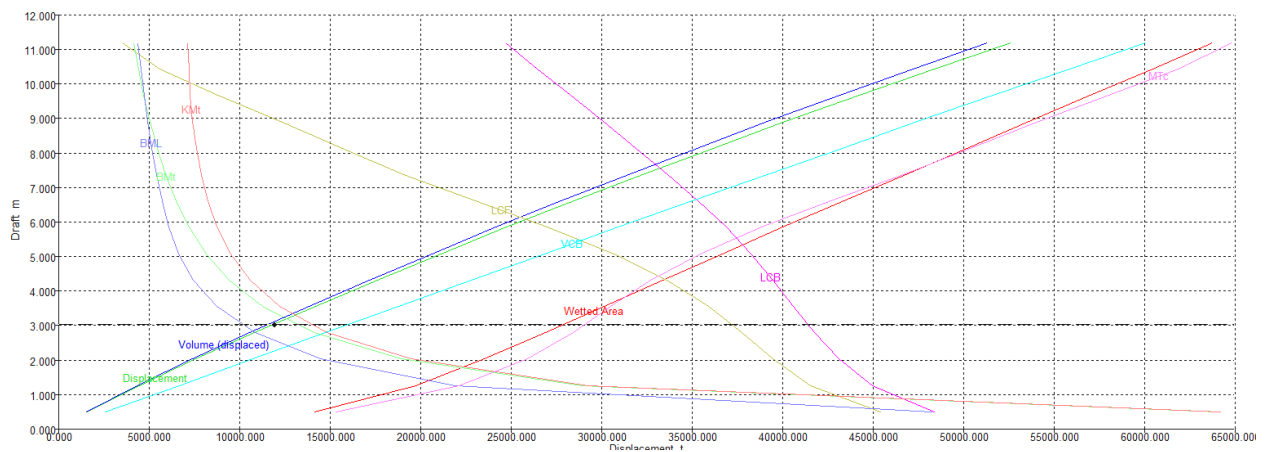


Рисунок 2.1.1 – Гідростатичні криві

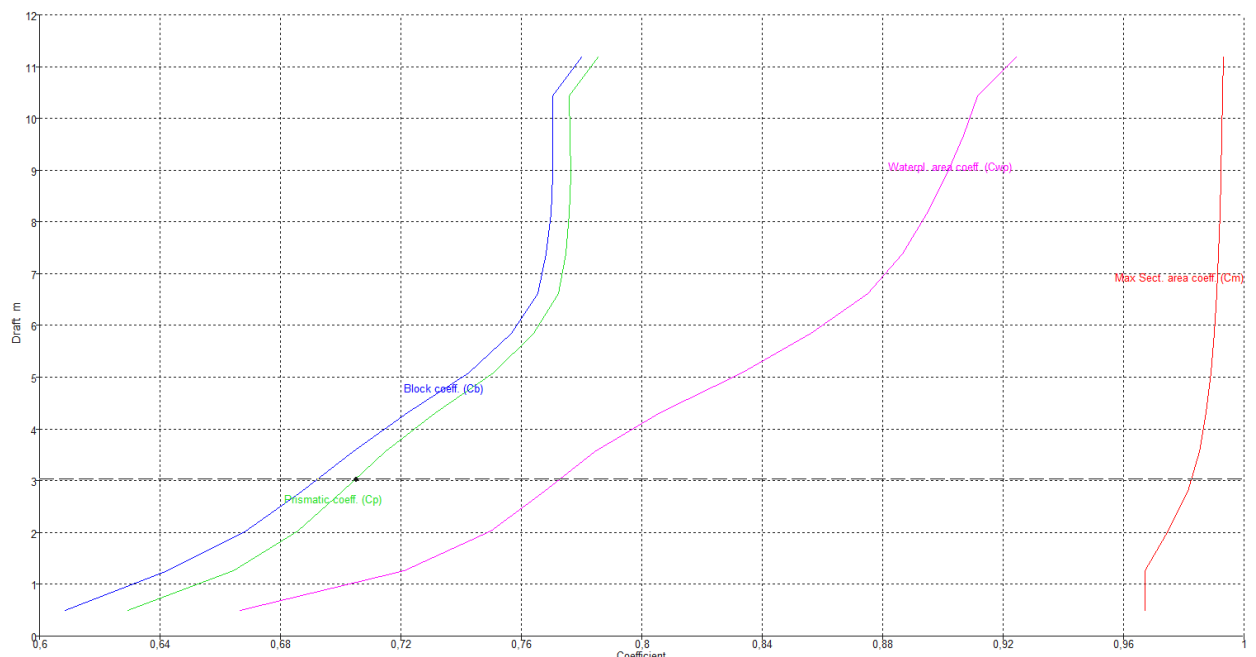


Рисунок 2.1.2 – Криві форми

					24.ДРБ.135.4111.05.ПЗ	Арк.
						27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.2 Розрахунок амплітуди хитавиці

Перевірка остійності здійснюється для 1-го стану завантаження проекту. Використовуючи Maxsurf Stability визначаємо плече статичної остійності.

За даними креслення загального розташування вимірюємо площу парусності, та замірюємо значення аплікати центру парусності .

Амплітуда хитавиці розраховується за формулою

$$\theta_1 = 109 \cdot k \cdot X_1 \cdot X_2 \cdot \sqrt{r \cdot S}$$

де k – коефіцієнт, що враховує вплив скулових кілів, приймаємо $k=1$; X_1 – безрозмірний множник, який визначається в залежності від відношення ширини до осадки B/d ; X_2 – безрозмірний множник, який визначається в залежності від коефіцієнта загальної повноти C_b ; r – параметр, не повинен братися більше 1; S – безрозмірний множник, який залежить від району плавання судна і періоду хитавиці , який розраховується за формулою $T=2cB/\sqrt{h}$, де $c=0,373+0,023 \cdot B/d-0,043 \cdot L_{wl}/100$; h – виправлена метацентрична висота; L_{wl} – довжина судна по ватерлінії.

$$X_1=0,912 (B/T=32,3/11,2=2,88);$$

$$X_2=1 (C_b=0,784);$$

$$r=0,73+0,6 \cdot (z_g-d)/d=0,73+0,6 \cdot (9,814-11,2)/11,2=0,656$$

$$c=0,373+0,023 \cdot B/d-0,043 \cdot L_{wl}/100=0,373+0,023 \cdot 32,3/11,2-0,043 \cdot 184,26/100 =0,3601$$

$$T=2 \sqrt{(C \cdot B)/h}=2 \sqrt{(0,3601 \cdot 32,3)/4,46}=11,04$$

$$S=0,0746$$

$$\theta_1=109 \cdot 1 \cdot 0,912 \cdot 1 \cdot \sqrt{(0,656 \cdot 0,0746)}=21,99^0$$

					24.ДРБ.135.4111.05.ПЗ	Арк.
						28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.3 Розрахунок кренувального моменту від тиску вітру(а) і перекидального моменту (b):

$A_v = \sum S_i = 1254,36 \text{ м}^2$ площа парусності.

$$Z_B = 17,138$$

$Z_v = Z_B - d/2 = 17,138 - 11,2/2 = 11,538 \text{ м}$ - плече парусності, яке приймається рівним вимірній по вертикалі відстані від центра площі парусності A_v , до центра площі проекції підводної частини корпусу на ДП.

Тому тиск вітру $P_v = 504 \text{ Па}$, $D = 52547 \text{ т}$ – водотоннажність,

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

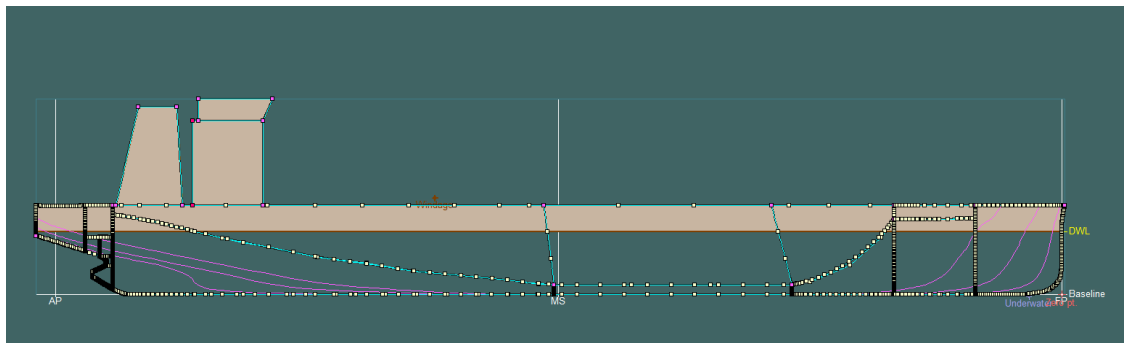


Рисунок 2.3.1 – Схема визначення площі парусності

$$l_{w1} = \frac{P_v \cdot A \cdot Z_v}{1000 \cdot g \cdot D} = \frac{504 \cdot 1254,36 \cdot 11,538}{1000 \cdot 9,81 \cdot 52547} = 0,0142 \text{ м}$$

$$l_{w2} = 1,5 \cdot l_{w1} = 1,5 \cdot 0,0142 = 0,0212 \text{ м}$$

Розрахунок критерія погоди. Остійність судна за критерієм погоди, вважається достатньою, якщо площа b дорівнює або більша площі a , тобто $K \geq 1$. Де площа b обмежена кривою відновлювальних плечей, горизонтальною прямою, що відповідає кренувальному плечу і кутом крену.

					24.ДРБ.135.4111.05.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

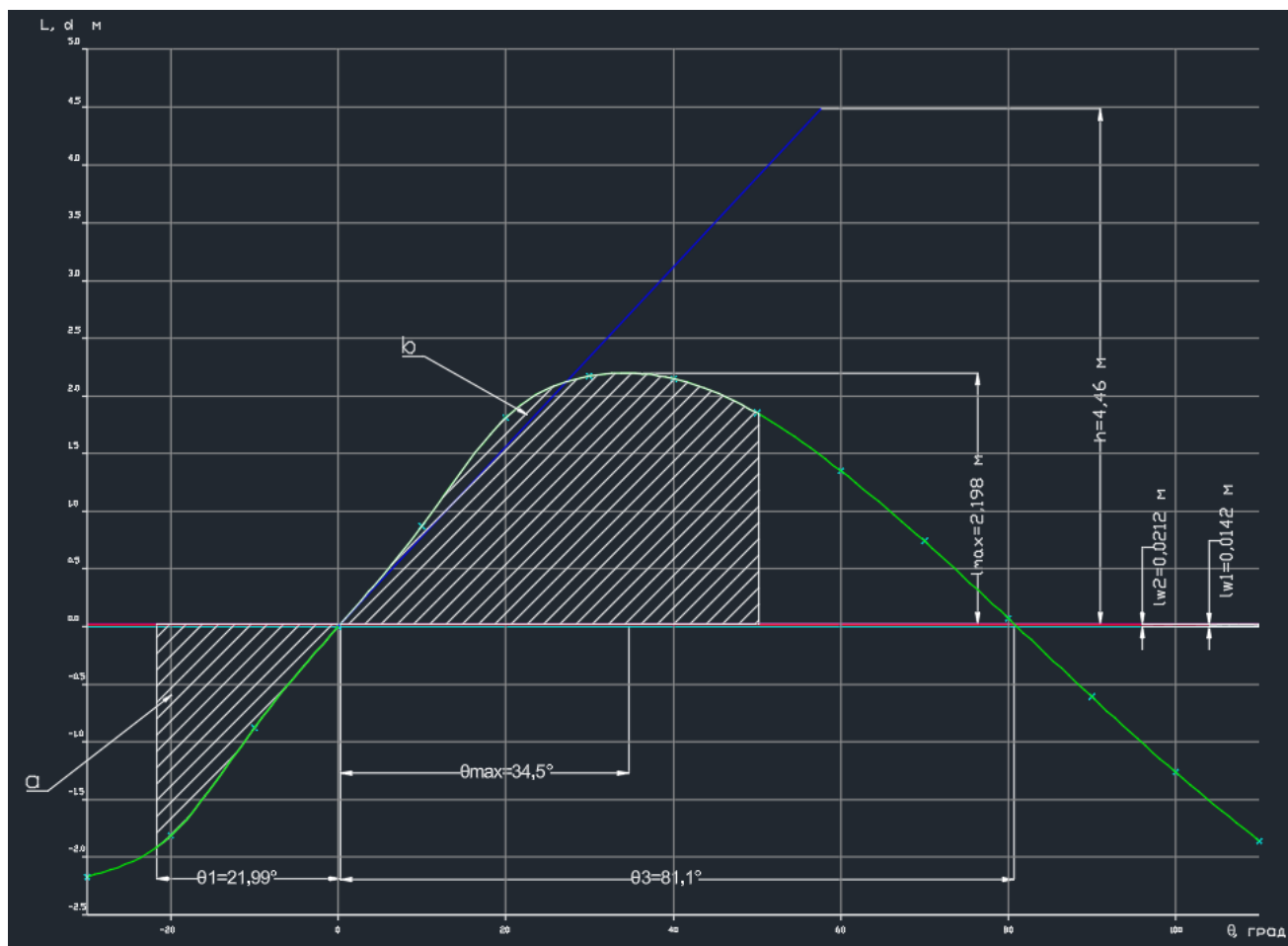


Рисунок 2.3.2 - Діаграма статичної остійності

	Heel to Starboard deg	-30,0	-20,0	-10,0	0,0	10,0	20,0	30,0	40,0	50,0	60,0	70,0	80,0	90,0	100,0	110,0
1	GZ m	-2,171	-1,811	-0,875	0,000	0,875	1,810	2,170	2,152	1,851	1,352	0,740	0,072	-0,609	-1,264	-1,858
2	Displacement t	52547	52547	52547	52547	52547	52547	52549	52547	52547	52547	52547	52547	52549	52546	52548
3	Max sect. area m²	350,13	353,05	353,89	354,14	353,89	353,08	350,14	346,82	344,44	343,12	342,43	342,08	341,91	341,84	341,93
4	Sect. area amidships m²	344,40	349,89	353,15	354,14	353,15	349,89	344,42	337,75	332,74	329,57	327,32	325,64	324,39	323,48	322,86
5	Wetted Area m²	9269,7	8706,6	8373,4	8369,7	8373,3	8706,5	9269,9	9558,1	9672,4	9728,4	9767,4	9793,2	9800,2	9796,2	9785,2
6	Waterpl. Area m²	4284,1	5122,1	5489,4	5429,6	5489,3	5122,0	4283,9	3736,5	3240,5	2908,3	2711,0	2618,4	2616,0	2691,8	2854,2
7	Prismatic coeff. (Cp)	0,795	0,788	0,786	0,786	0,786	0,788	0,795	0,801	0,805	0,809	0,813	0,818	0,825	0,833	0,841
8	Block coeff. (Cb)	0,593	0,587	0,640	0,780	0,640	0,587	0,593	0,590	0,641	0,691	0,737	0,780	0,809	0,768	0,729
9	Max Sect. area coeff. (Cm)	0,766	0,758	0,814	0,993	0,814	0,758	0,766	0,756	0,803	0,863	0,911	0,955	0,992	0,933	0,877
10	Waterpl. area coeff. (Cwp)	0,863	0,902	0,921	0,925	0,921	0,902	0,863	0,834	0,850	0,864	0,876	0,892	0,911	0,932	0,952
11	LCB from zero pt. (+ve fwd) m	-86,12	-86,13	-86,13	-86,14	-86,13	-86,13	-86,12	-86,10	-86,08	-86,06	-86,04	-86,03	-86,02	-86,02	-86,03
12	TCB m	-3,776	-2,896	-1,456	0,000	1,456	2,896	3,776	4,314	4,625	4,795	4,889	4,938	4,954	4,938	4,883
13	VCB m	6,914	6,511	6,128	6,000	6,128	6,511	6,914	7,287	7,594	7,835	8,037	8,220	8,398	8,583	8,785
14	GMt corrected m	0,706	3,681	5,189	4,460	5,189	3,681	0,705	-0,974	-2,409	-3,268	-3,743	-3,947	-3,919	-3,680	-3,215
15	Trim angle (+ve by stern) deg	-0,338	-0,151	-0,033	0,0050	-0,033	-0,152	-0,338	-0,643	-1,113	-1,853	-3,250	-7,227	-90,00	-8,003	-4,038

Рисунок 2.3.3 – Ординати діаграми статичної остійності

$$K = \frac{b}{a} = 2,85 \geq 1$$

Відповідність вимогам Правил Регістру до остійності перевіряється у Maxsurf Stability у вкладці Criteria:

																	Арк.
																	30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата													

24.ДРБ.135.4111.05.ПЗ

Таблиця 1.17 – Порівняння критеріїв

Критерій	Дійсне значення	Вимога Регістру
K	2,85	$K \geq 1$
l_{max} , м	2,198	$l_{max} \geq 0,2$
θ_{max} , град	34,5	$\theta_{max} \geq 30$
θ_{zak} , град	81,1	$\theta_{zak} \geq 60$
$\square$, м	4,46	$\square \geq 0,15$
S_{30} , м · рад	0,6682	$S_{30} \geq 0,055$
S_{40} , м · рад	1,0496	$S_{40} \geq 0,09$
S_{30-40} , м · рад	0,3814	$S_{30-40} \geq 0,03$

Висновок: Спроектоване судно відповідає всім вимогам Регістру України.

					24.ДРБ.135.4111.05.ПЗ.03				
Зм.	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата	Розрахунок конструктивного мідель-шпангоуту				
Студент	Вініченко М.С.								
Консультан	Шарун Г. В.		<i>Шарун</i>						
Керівник	Астахова А.О								
Зав.кафедр	Некрасов В.О.								
					Літ		Аркуш	Аркушів	
					у				
					НУК Ім. Адмірала Макарова				

3. Розрахунок конструктивного мідель-шпангоуту

3.1. Опис архітектурно - конструктивного типу судна

Проектоване судно є балкером з кормовим розташуванням машинного відділення і житлової надбудови, з транцевою кормою. Судно має надлишковий надводний борт, поперечні водонепроникні перегородки.

Схему поздовжнього перерізу корпусу з розділенням судна на відсіки див.(рис.3.2.1).

Назва величини	Позначення	Дані
Довжина, м	L	180,7
Ширина, м	B	32,3
Висота борту, м	D	15,8
Осадка, м	d	11,2
Коефіцієнт загальної повноти	C_B	0,784
Коефіцієнт повноти МШ	C_M	0,995
Швидкість, вузли	V	15,3

Таблиця 3.1.1 – Головні розміри

3.2. Вибір шпаций

Нормальна шпация в середній частині судна визначається за формулою

$$a_0 = 0,002L + 0,48$$

де L - довжина між перпендикулярами, м;

$$a_0 = 0,002 \cdot 180,7 + 0,48 = 0,841 \text{ м}$$

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

Приймаю шпацию $a_0=0,8$ м.

	К-ть шпаций	Розмір шпаций,мм
Форпик	15	600
Трюм 1	21	700
Трюм 2	18,+ 9	700, + 800
Трюм 3	25	800
Трюм 4	25	800
Трюм 5	25	800
Трюм 6	25	800
Трюм 7	25	800
Машинне відділення	33	800
Ахтерпик	18	600

Таблиця 3.2.1 - Розбивка судна по шпациям

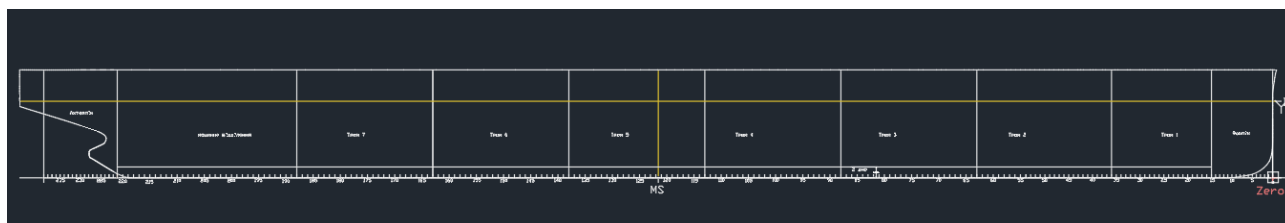


Рисунок 3. 2. 1 – Поздовжній переріз судна.

3.3. Вибір системи набору перекриттів корпусу судна

Короткі надбудови і рубки, бортове перекриття набираємо за поперечною системою набору. Перекриття верхньої палуби і днищове перекриття судна набираємо за поздовжньою системою, що забезпечує необхідну міцність і стійкість їх елементів (пластин) при мінімальних витратах матеріалу.

3.4. Вибір марки і категорії сталі

Вибір сталі залежить від ступеня відповідальності, умов роботи конструкцій та економічних міркувань. Сталі підвищеної міцності рекомендується застосовувати при довжині суден більше 130 м або при можливих температурах експлуатації нижче -20°C .

Для виготовлення суднового корпусу використовую суднобудівну сталь підвищеної міцності з границею плинності $R_{eH}=315$ МПа.

Характеристика сталі наведена в табл.3.4.1

Таблиця 3.4.1

Марка сталі	R_{eH} , МПа	Коефіцієнт використання механічних властивостей, η	Нижня границя температури, $^{\circ}\text{C}$	Відносне подовження, %	Приблизна вартість, т
09Г2С	315	0,78	-60	18	110

Як розрахункові характеристики міцності матеріалу в Правилах взято нормативні границі плинності за нормальними σ_n і дотичними τ_n напруженнями: $\sigma_n = 235/\eta$, $\tau_n = 0,57 \cdot \sigma_n$, МПа, де η - коефіцієнт, що визначається за табл.2.1.

					24.ДРБ.135.4111.05.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

3.5. Креслення обводів мідель-шпангоута

Підйом t лінії днища і радіус R закруглення скули визначаються за формулами

$$t = d(1 - C_m) \text{ м}; R = \sqrt{\frac{Bt}{0,86}} \text{ м},$$

$$t = 11,2 \cdot (1 - 0,995) = 0,056 \text{ м}; R = \sqrt{\frac{32,3 \cdot 0,056}{0,86}} = 1,45 \text{ м. Приймаю; } R = 1,45 \text{ м.}$$

де d - осадка, м; B - ширина судна, м; C_m - коефіцієнт повноти мідель - шпангоута;

Висота подвійного дна розраховується за формулою

$$H_{\text{од}} = L - \frac{40}{0,57} + 40B + \frac{3500d}{L} = 180,7 - \frac{40}{0,57} + 40 \cdot 32,3 + \frac{3500 \cdot 11,2}{180,7} \\ = 1618 \text{ мм.}$$

Приймаю $h = 1,6 \text{ м.}$

Ширина горизонтального кіля визначається за формулою

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

$$b_k = 800 + 5 \cdot 180,7 = 1703,5 \text{ мм.}$$

Приймаю $b_k = 1800 \text{ мм.}$

3.6. Урахування зносу і корозії в'язей корпусу

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

Будівельна товщина, яку вимагають Правила для листових конструкцій, визначається за формулою

					24.ДРБ.135.4111.05.ПЗ	Арк.
						36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

де S' - товщина листа, мм, яка відповідає середині періоду служби судна; ΔS - запас на знос і корозію, м; U - середньорічне зменшення товщини в'язі, мм/рік, внаслідок зносу і корозії, яке беруть відповідно до табл. 3.2; T - період служби конструкції, роки, ($T = 24$ роки); якщо $T < 12$ років, то $\Delta S = 0$.

Таблиця 3.6.1 – Запас на знос і корозію для елементів конструкцій корпусу

№ пункту Правил	Елементи конструкції корпусу	U , мм/рік, група II
1.1	Настил верхньої палуби	0,20
2.1.1	Обшивка надводного борту	0,13
2.1.2	Обшивка борту в районі змінних ватерліній	0,19
2.1.3	Обшивка борту нижче району змінних ватерліній	0,16
2.3.1, 2.3.2	Обшивка подвійного борту надводного і в районі змінних ватерліній, якщо в міжбортовій цистерні розміщено баласт	0,21
2.3.3	Обшивка подвійного борту нижче району змінних ватерліній, якщо в міжбортовій цистерні розміщено баласт	0,18
3.2.3	Обшивка дна в районі баластних відсіків	0,20
4.1.2	Настил внутрішнього дна в районі баластних відсіків	0,20
4.2.1	Обшивка скулових цистерн: нижній пояс/інші пояси	0,30/0, 17

5.2.1, 5.2.2	Обшивка перегородки між вантажними трюмами: верхній пояс ($0,1D$ від верхньої палуби) інші пояси	0,13 0,18
5.5.1, 5.5.2, 5.5.3	Обшивка внутрішнього борту – перегородка між вантажним та баластним відсіками: верхній пояс ($0,1D$ від верхньої палуби) середній пояс нижній пояс	0,30 0,20 0,20
5.6	Обшивка підпалубної цистерни	0,20
6.1.6	Поздовжні балки палуби, балки підпалубної цистерни (баластний відсік)	0,20
6.2.6	Карлінгси, рамні бімси палуби, підпалубної цистерни (баластний відсік)	0,21
6.3	Комінгси вантажних люків	0,12
7.1.2	Основні і рамні шпангоути в трюмі	0,13
7.1.6	Поздовжні балки, рамні шпангоути, вертикальні стояки, рами підпалубної і скулової цистерни	0,21
8.2.3	Вертикальний кіль, днищеві стрингери, флори, поздовжні балки днища і внутрішнього дна у відсіках подвійного дна (баластні цистерни)	0,20
9.1,9.2	Обшивка і набір фальшборту	0,10

3.7. 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 за формулою: $P_{st} = 10 \cdot z_i$, де z_i - відстань точок прикладання навантаження від ватерлінії, м.

Розрахунковий тиск для точок прикладання навантаження, розташованих нижче ватерлінії, $P = P_w + P_{st}$, кПа;

для точок прикладання навантаження, розташованих вище ватерлінії, $P = P_w$, кПа.

Хвильовий тиск:

- для точок прикладання навантажень, розташованих нижче ватерлінії,

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

- для точок прикладання навантаження, розташованих вище ватерлінії,

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

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

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

$$C_w = 10,75 - \left(\frac{300-180,7}{100} \right)^{\frac{3}{2}} = 9,5 \text{ м}$$

$$a_v = \frac{0,8 \cdot V \cdot (L \cdot 10^{-3} + 0,4)}{\sqrt{L}} + 1,5; a_x = k_x \left(1 - 2 \frac{x_1}{L} \right) \geq 0,267;$$

V – специфікаційна швидкість судна, вузли;

					24.ДРБ.135.4111.05.ПЗ	Арк.
						39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$k_x=0,8$ – для поперечних перерізів у ніс від міделя;

$x_1 = 0,3 \cdot L = 0,3 \cdot 180,7 = 54,21$ м – відстань розглядуваного поперечного перерізу від ближнього (носового чи кормового) перпендикуляра;

$$v = \frac{0,8 \cdot 15,3 \cdot (180,7 \cdot 10^{-3} + 0,4)}{\sqrt{180,7}} + 1,5 = 2,03; a_x = 0,8 \left(1 - 2 \frac{54,21}{180,7}\right) = 0,32;$$

Так як a_x повинно бути більше, ніж 0,267, тому приймаю $a_x = 0,32$.

$$a_v \cdot a_x = 2,03 \cdot 0,32 = 0,65;$$

Приймаю $a_v \cdot a_x = 0,65$.

$$P_{w0} = 5 \cdot 9,5 \cdot 2,03 \cdot 0,32 = 30,86 \text{ кПа};$$

Для точки 1: $z_i = 11,2$ м

$$P_W = P_{W0} - \frac{1,5 \cdot C_W \cdot z_i}{d} = 30,86 - \frac{1,5 \cdot 9,5 \cdot 11,2}{11,2} = 16,61 \text{ кПа}$$

$$P_{st} = 10 \cdot z_i = 10 \cdot 11,2 = 112 \text{ кПа}$$

$$P = P_W + P_{st} = 16,61 + 112 = 128,61 \text{ кПа}$$

$$P_{min} = 0,03L + 5 = 0,03 \cdot 180,7 + 5 = 10,42 \text{ кПа}$$

$$P_W > P_{min}$$

Для точки 2: $z_i = 9,6$ м

$$P_W = P_{W0} - \frac{1,5 \cdot C_W \cdot z_i}{d} = 30,86 - \frac{1,5 \cdot 9,5 \cdot 9,6}{11,2} = 18,65 \text{ кПа} > 10,42 \text{ кПа}$$

$$P_{st} = 10 \cdot z_i = 10 \cdot 9,6 = 96 \text{ кПа}$$

$$P = P_W + P_{st} = 18,65 + 96 = 114,65 \text{ кПа}$$

Для точки 3: $z_i = 4,88$ м

$$P_W = P_{W0} - \frac{1,5 \cdot C_W \cdot z_i}{d} = 30,86 - \frac{1,5 \cdot 9,5 \cdot 4,88}{11,2} = 24,65 \text{ кПа} > 10,42 \text{ кПа}$$

					24.ДРБ.135.4111.05.ПЗ	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$P_{st} = 10 \cdot z_i = 10 \cdot 4,88 = 48,8 \text{ кПа}$$

$$P = P_w + P_{st} = 24,65 + 48,8 = 73,45 \text{ кПа}$$

Для точки 4: $z_i = 3,3 \text{ м}$

$$P_w = P_{w0} - \frac{1,5 \cdot C_w \cdot z_i}{d} = 30,86 - \frac{1,5 \cdot 9,5 \cdot 3,3}{11,2} = 26,66 \text{ кПа} > 10,42 \text{ кПа}$$

$$P_{st} = 10 \cdot z_i = 10 \cdot 3,3 = 33 \text{ кПа}$$

$$P = P_w + P_{st} = 26,66 + 33 = 59,66 \text{ кПа}$$

Для точки 5: $z_i = 0 \text{ м}$

$$P = P_{w0} = 30,86 \text{ кПа}$$

Для точки 6: $z_i = 4,6 \text{ м}$

$$P = P_{w0} - 7,5 \cdot a_x \cdot z_i = 30,86 - 7,5 \cdot 0,32 \cdot 4,6 = 19,82 \text{ кПа}$$

№ точок	Відстань до точок z_i , м	Статичний тиск P_{st} , кПа	Хвильовий тиск P_w , кПа	Розрахунковий тиск P , кПа
1	11,2	112	16,61	128,61
2	9,6	96	18,65	114,65
3	4,88	48,8	24,65	73,45
4	3,3	33	26,66	59,66
5	0	0	30,86	30,86
6	4,6	0	19,82	19,82

Таблиця 3.7.1 – Визначення розрахункового тиску

3.8. Навантаження, викликані вантажем, що перевозиться

Розрахунковий тиск на конструкції вантажного трюму навалочного судна визначається з урахуванням сил інерції за формулою

$$P_B = \rho_B g k_B \left(1 + \frac{a_z}{g}\right) z_i \geq 20 \text{ кПа},$$

Де ρ_B – питома вага вантажу, т/м³; $g = 9,81 \text{ м/с}^2$ – прискорення вільного падіння; z_i – відстань по вертикалі розглядуваної точки прикладання навантаження від рівня вільної поверхні вантажу, м; $k_B = \sin^2 \alpha g^2 \left(45^\circ - \frac{\varphi_{\text{в.т.}}}{2}\right) + \cos^2 \alpha$ або $k_B = \cos \alpha$, в залежності від того, що більше; α – кут нахилу стінки до основної площини, град; $\varphi_{\text{в.т.}}$ – кут внутрішнього тертя навалочного вантажу, град; a_z – розрахункове прискорення, м/с², у вертикальному напрямку, яке знаходиться за формулою:

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

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

Проекції прискорень визначаються за формулами:

$$a_{cz} = 0,2 \left(\frac{100}{L}\right)^{1/3} \cdot g = 0,2 \left(\frac{100}{180,7}\right)^{1/3} \cdot 9,81 = 1,61 \text{ м/с}^2$$

$$a_{kz} = \left(\frac{2\pi}{T_k}\right)^2 \cdot \psi \cdot x_0, \text{ м/с}^2$$

$$a_{\delta z} = \left(\frac{2\pi}{T_\delta}\right)^2 \cdot \theta \cdot y_0, \text{ м/с}^2$$

T_k – періоди кільової хитавиці, с:

					24.ДРБ.135.4111.05.ПЗ	Арк.
						42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$T_k = \frac{0,8\sqrt{L}}{1+0,4\frac{V_0}{L}(\frac{L}{10^3}+0,4)} = \frac{0,8\sqrt{180,7}}{1+0,4\frac{15,3}{180,7}(\frac{180,7}{10^3}+0,4)} = 10,55 \text{ с},$$

де $V_0=15,3$ вуз – специфікаційна швидкість судна;

$$\psi = \frac{0,23}{1+L\cdot 10^{-2}} = \frac{0,23}{1+180,7\cdot 10^{-2}} = 0,082 \text{ рад} - \text{розрахунковий кут диференту}$$

$x_0=0,2L=36,14$ м – відстань розглядуваної точки від поперечної площини, що проходить через центр ваги судна;

$$a_{kz} = \left(\frac{2\pi}{T_k}\right)^2 \cdot \psi \cdot x_0 = \left(\frac{2\cdot 3,14}{10,55}\right)^2 \cdot 0,082 \cdot 36,14 = 1,05, \text{ м/с}^2$$

$h=0,07B=0,07\cdot 32,3=2,26$ м – метацентрична висота в найбільш несприятливих умовах експлуатації судна;

$c=0,8$ – числовий коефіцієнт;

T_6 – періоди бортової хитавиці:

$$T_6 = \frac{c\cdot B}{\sqrt{h}} = \frac{0,8\cdot 32,3}{\sqrt{2,26}} = 17,19 \text{ с}$$

Розрахунковий тиск на настил другого дна від вантажу

Розглянемо т. №1

$$\theta = \frac{0,6}{1+0,5L\cdot 10^{-2}} = \frac{0,6}{1+0,5\cdot 180,7\cdot 10^{-2}} = 0,315 \text{ рад} - \text{розрахункові кути крену}$$

$y_0=B/2=32,3/2=16,15$ м – відстань розглядуваної точки від діаметральної площини

$$a_{6z} = \left(\frac{2\pi}{T_6}\right)^2 \cdot \theta \cdot y_0 = \left(\frac{2\pi}{17,19}\right)^2 \cdot 0,315 \cdot 16,15 = 0,68 \text{ м/с}^2$$

$$a_z = \sqrt{a_{cz}^2 + a_{kz}^2 + 0,4a_{6z}^2} = \sqrt{1,61^2 + 1,05^2 + 0,4\cdot 0,68^2} = 1,97 \text{ м/с}^2,$$

$$\alpha = 0^\circ; \varphi_{BT} = 30^\circ$$

$$k_B = \sin^2 \alpha \tan^2 \left(45^\circ - \frac{\varphi_{BT}}{2}\right) + \cos^2 \alpha = \sin^2 0 \tan^2 \left(45^\circ - \frac{30^\circ}{2}\right) + \cos^2 0 = 1$$

					24.ДРБ.135.4111.05.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

Розрахунковий тиск від навалочного вантажу:

$$P_B = \rho_B g k_B \left(1 + \frac{a_z}{g}\right) z_i = 1,27 \cdot 9,81 \cdot 1 \cdot \left(1 + \frac{1,97}{9,81}\right) \cdot 14,2 = 212,44 \text{ кПа.}$$

Випробувальний напір на друге дно визначимо за формулою:

$$P_{\text{Вип}} = 7,5 \cdot h_{\text{П.Т}}, \text{ кПа.}$$

Де $h_{\text{П.Т}} = D - h_{\text{II}} + \Delta z = 15,8 - 1,6 + 1,5 = 15,7$ м – відстань від настилу внутрішнього дна до верху повітряної трубки.

Висота повітряної трубки від настилу верхньої палуби $\Delta z = 1,5$ м для баластних цистерн корпусу судна.

$$\text{Маємо: } P_{\text{Вип}} = 7,5 \cdot 15,7 = 117,75 \text{ кПа.}$$

Тиск баласту:

$$P = 0,75 \rho g (z_i + \Delta z) = 0,75 \cdot 1,025 \cdot 9,81 (14,2 + 1,5) = 118,4 \text{ кПа,}$$

де $z_i = 15,8 - 1,6 = 14,2$ м – відстань виміряна в діаметральній площині, від ВП до другого дна

Приймаю розрахунковий тиск на друге дно **$P = 212,44$ кПа**

Знайдемо розрахунковий тиск від вантажу на похилий лист скулової цистерни

$$\theta = \frac{0,6}{1 + 0,5 \cdot 10^{-2}} = \frac{0,6}{1 + 0,5 \cdot 180,7 \cdot 10^{-2}} = 0,315 \text{ рад} - \text{розрахункові кути крену}$$

$y_0 = B/2 = 32,3/2 = 16,15$ м – відстань розглядуваної точки від діаметральної площини

$$a_{6z} = \left(\frac{2\pi}{T_6}\right)^2 \cdot \theta \cdot y_0 = \left(\frac{2\pi}{17,19}\right)^2 \cdot 0,315 \cdot 16,15 = 0,68 \text{ м/с}^2$$

$$a_z = \sqrt{a_{cz}^2 + a_{kz}^2 + 0,4 a_{6z}^2} = \sqrt{1,61^2 + 1,05^2 + 0,4 \cdot 0,68^2} = 1,97 \text{ м/с}^2,$$

					24.ДРБ.135.4111.05.ПЗ	Арк.
						44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\alpha = 45^\circ; \varphi_{\text{BT}} = 30^\circ$$

$$k_B = \sin^2 \alpha t g^2 \left(45^\circ - \frac{\varphi_{\text{Б.Т.}}}{2} \right) + \cos^2 \alpha = \sin^2 45 t g^2 \left(45^\circ - \frac{30^\circ}{2} \right) + \cos^2 45 = 0,667$$

Розрахунковий тиск від навалочного вантажу:

$$P_B = \rho_B g k_B \left(1 + \frac{a_z}{g} \right) z_i = 1,27 \cdot 9,81 \cdot 0,667 \cdot \left(1 + \frac{1,97}{9,81} \right) \cdot 14,2 = 141,7 \text{ кПа.}$$

Приймаю розрахунковий тиск на похилий лист скулової цистерни
вР=141,7 кПа

Знайдемо розрахунковий тиск від вантажу на борт

$$\theta = \frac{0,6}{1+0,5L \cdot 10^{-2}} = \frac{0,6}{1+0,5 \cdot 180,7 \cdot 10^{-2}} = 0,315 \text{ рад} - \text{розрахункові кути крену}$$

$y_0 = B/2 = 32,3/2 = 16,15 \text{ м}$ – відстань розглядуваної точки від діаметральної площини

$$a_{6z} = \left(\frac{2\pi}{T_6} \right)^2 \cdot \theta \cdot y_0 = \left(\frac{2\pi}{17,19} \right)^2 \cdot 0,315 \cdot 16,15 = 0,68 \text{ м/с}^2$$

$$a_z = \sqrt{a_{cz}^2 + a_{kz}^2 + 0,4a_{6z}^2} = \sqrt{1,61^2 + 1,05^2 + 0,4 \cdot 0,68^2} = 1,97 \text{ м/с}^2,$$

$$\alpha = 90^\circ; \varphi_{\text{BT}} = 30^\circ$$

$$k_B = \sin^2 \alpha t g^2 \left(45^\circ - \frac{\varphi_{\text{Б.Т.}}}{2} \right) + \cos^2 \alpha = \sin^2 90 t g^2 \left(45^\circ - \frac{30^\circ}{2} \right) + \cos^2 90 = 0,333$$

Розрахунковий тиск від навалочного вантажу:

$$P_B = \rho_B g k_B \left(1 + \frac{a_z}{g} \right) z_i = 1,27 \cdot 9,81 \cdot 0,333 \cdot \left(1 + \frac{1,97}{9,81} \right) \cdot 14,2 = 70,74 \text{ кПа.}$$

Приймаю розрахунковий тиск від вантажу на борт **Р=70,74 кПа**

					24.ДРБ.135.4111.05.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

3.9. Визначення згинальних моментів

Для розрахунку загальної поздовжньої міцності корпусу судна необхідно визначити згинальні моменти M_{sw} і перерізуючі сили N_{sw} на тихій воді для основних випадків навантаження судна за стандартними програмами, при чому розрахунковий згинальний момент на тихій воді, одержаний інтегруванням кривої навантаження судна, повинен бути не менший від $M_{sw} = \pm 76 \cdot C_W \cdot B \cdot L^2 \cdot (C_b + 0,7) \cdot 10^{-3}$ кНм, де згинальні моменти, які викликають перегин корпусу судна, вважаються додатними, а прогин - від'ємними.

$$M_{sw} = \pm 76 \cdot 9,5 \cdot 32,3 \cdot 180,7^2 \cdot (0,784 + 0,7) \cdot 10^{-3} = 11,3 \cdot 10^5 \text{ кНм}$$

Хвильовий згинальний момент, який викликає перегин корпусу судна:

$$M_w = 190 \cdot C_W \cdot B \cdot L^2 \cdot C_b \cdot 10^{-3} = 190 \cdot 9,5 \cdot 32,3 \cdot 180,7^2 \cdot 0,784 \cdot 10^{-3} = 14,93 \cdot 10^5 \text{ кНм}$$

Хвильовий згинальний момент, який викликає прогин корпусу судна, знаходиться за формулою

$$M_w = -110 \cdot C_W \cdot B \cdot L^2 \cdot (C_b + 0,7) \cdot 10^{-3} = 190 \cdot 9,5 \cdot 32,3 \cdot 180,7^2 \cdot 0,784 \cdot 10^{-3} = -16,36 \cdot 10^5 \text{ кНм}$$

де C_W - хвильовий коефіцієнт;

C_b - коефіцієнт загальної повноти судна;

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

$$W_d = W_b = \frac{M_T}{\sigma} \cdot 10^{-3}, \text{ м}^3$$

					24.ДРБ.135.4111.05.ПЗ	Арк.
						46
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$DeM_T = |M_{sw} + M_w|$ - розрахунковий згинальний момент, кНм, у перерізі судна, що розглядається, який дорівнює максимуму абсолютної величини алгебраїчної суми складових моментів M_{sw} і M_w ;

$\sigma = 175/\eta = 175/0,78 = 224,36$ – допустимі напруження, МПа;

$\eta = 0,78$ – коефіцієнт використання механічних властивостей;

Сумарний згинальний момент:

при прогині

$$M_{T1} = |M_w + M_{sw}| = 2,77 \cdot 10^6 \text{ кН} \cdot \text{м};$$

при перегині

$$M_{T2} = |M_w + M_{sw}| = 2,62 \cdot 10^6 \text{ кН} \cdot \text{м};$$

$$W_d = \frac{2,77 \cdot 10^6}{224,36} \cdot 10^{-3} = 12,35 \text{ м}^3$$

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

$$W_{\min} = C_W \cdot B \cdot L^2 \cdot (C_b + 0,7) \cdot \eta = 9,5 \cdot 32,3 \cdot 180,7^2 \cdot (0,784 + 0,7) \cdot 0,78 = 11,6 \text{ м}^3$$

Момент інерції поперечного перерізу корпусу в середній частині судна повинен бути не менший за

$$I_{\min} = 3 \cdot C_W \cdot B \cdot L^3 \cdot (C_b + 0,7) = 3 \cdot 9,5 \cdot 32,3 \cdot 180,7^3 \cdot (0,784 + 0,7) = 80,6 \text{ м}^4$$

$e = 0,4D = 0,4 \cdot 15,8 = 6,32$ м – відстань нейтральної вісі від основної площини;

Розрахунковий момент інерції корпусу судна:

$$I^* = W_d(D - e) = 12,35 \cdot (15,8 - 6,32) = 117,08 \text{ м}^4$$

					24.ДРБ.135.4111.05.ПЗ	Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.10. Визначення товщин листових конструкцій



24.ДРБ.135.4111.05.ПЗ

3.10.1. Зовнішня обшивка днища

Товщина листів з умов міцності має бути не менше ніж розрахована за формулою:

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

де $m=15,8$, $k_{\sigma}=0,6$ – коефіцієнти згинального моменту і допустимих напружень, які визначаються у відповідних розділах Правил; $a=0,8$ – відстань (шпация) між балками, які розглядаються, м; P – розрахунковий тиск на обшивку (настил), кПа; $k = 1,2 - 0,5 \frac{a}{b} \leq 1,0$; $a=0,8$, $b=3,2$ – менший і більший розміри боків опорного контуру листового елемента, м; σ_n – нормативна границя плинності за нормальними напруженнями, МПа; $\Delta S = 2,4$ – запас на знос та корозію, мм.

Маємо:

$$k = 1,2 - 0,5 \frac{a}{b} = 1,2 - 0,5 \frac{0,8}{3,2} = 1,075, \text{ Приймаємо } k = 1,0.$$

$$\sigma_{\Pi} = \frac{175}{\eta} = \frac{175}{0,78} = 224,36, \text{ МПа}.$$

$$S = m \cdot a \cdot k \cdot \sqrt{\frac{P}{k_{\sigma} \cdot \sigma_{\Pi}}} + \Delta S = 15,8 \cdot 0,8 \cdot 1 \cdot \sqrt{\frac{128,61}{0,6 \cdot 224,36}} + 2,4 = 14,76, \text{ мм}.$$

Прийнято $S=15$ мм.

Розрахункові стискальні напруження знаходяться за формулою

$$\sigma_c = \frac{M_{sw} + M_w}{I} z_i \cdot 10^{-3} = \frac{2,62 \cdot 10^6}{117,08} \cdot 6,32 \cdot 10^{-3} = 141,42 \text{ МПа},$$

					24.ДРБ.135.4111.05.ПЗ	Арк.
						49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де $I = W_d(D - e) = 12,35 \cdot (15,8 - 6,32) = 117,08 \text{ м}^4$ - момент інерції поперечного перерізу корпусу судна, м^4 ;

Критичні напруження $\sigma_{cr} = k_{\sigma\sigma}$ визначаються за умови стійкості пластин зовнішньої обшивки, при цьому $k = 1,0$ – коефіцієнт запасу стійкості для пластин/

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

$$R_{eH} = 315 \text{ МПа.}$$

$$\sigma_{кр}/R_{eH} = 141,42/315 = 0,45$$

при $\sigma_{cr}/R_{eH} \leq 0,5$; $\sigma_e = \sigma_{cr} = 141,42 \text{ МПа}$;

Товщина пластини зовнішньої обшивки днища, яка відповідає умовам стійкості, знаходиться за формулою:

$$S = b \sqrt{\frac{\sigma_e}{0,1854n}} + \Delta S = 0,8 \sqrt{\frac{141,42}{0,1854 \cdot 4}} + 2,0 = 13,05 \text{ мм,}$$

де b - бік пластини, що сприймає нормальні стискальні напруження, м;

n - коефіцієнт, що враховує співвідношення боків пластини і розподіл нормальних стискальних напружень уздовж кромки пластини; ΔS - додаток товщини на знос і корозію, мм.

$$S_{min} = (5,5 + 0,04L)\sqrt{\eta} = (5,5 + 0,04 \cdot 180,7) \cdot \sqrt{0,78} = 11,24 \text{ мм.}$$

Приймаю товщину днищової пластини: $S_{\partial H} = 15 \text{ мм}$.

Товщина горизонтального кіля повинна бути на 2 мм більше товщини зовнішньої обшивки днища: $S_{2K} = 17 \text{ мм}$.

					24.ДРБ.135.4111.05.ПЗ	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розрахункові величини та означення	Обшивка дна	Надскуловий пояс обшивки борту	Обшивка борту на рівні вантажної ваватерлінватерлінії	Обшивка борту на рівні верхньої палуби
	Розрахункові точки			
	1	2	3	4
Менший розмір пластини a , м	0,8	0,8	0,8	0,8
Більший розмір пластини b , м	3,2	4,5	3,2	3,2
Відношення a/b	0,25	0,18	0,25	0,25
Коефіцієнт $k = 1.2 - 0.5 \times a/b$	1	1	1	1
Розрахунковий тиск P , кПа	128,61	114,65	30,86	19,82
Коефіцієнт k_σ	0,6	0,6	0,6	0,3
$S' = 15.8 \cdot a \cdot k \cdot \sqrt{\frac{P}{k_\sigma \cdot \sigma_n}}$	12,36	11,67	6,05	6,86
Додаток товщини ΔS , мм	2,4	2,4	2,28	1,56
Товщина пластини $S = S' + \Delta S$, мм	14,76	14,07	8,33	8,42

Розрахункові величини	Перегин		Прогин	
	Обшивка дна	Надскуло- вий пояс	Обшивка на рівні ВП	Обшивка на рівні ватерлінії
$M_{sw}, кНм$	$11,3 \cdot 10^5$	$11,3 \cdot 10^5$	$-11,3 \cdot 10^5$	$-11,3 \cdot 10^5$
$M_w, кНм$	$14,93 \cdot 10^5$	$14,93 \cdot 10^5$	$-16,36 \cdot 10^5$	$-16,36 \cdot 10^5$
$M_T, кНм$	$2,62 \cdot 10^6$	$2,62 \cdot 10^6$	$2,77 \cdot 10^6$	$2,77 \cdot 10^6$
$z_i, м$	6,32	4,72	9,48	7,23
$\sigma_c, Мпа$	141,43	105,62	224,29	171,06
$\sigma_{cr} = k\sigma_c, Мпа$	141,43	105,62	224,29	171,06
σ_{cr}/R_{eH}	0,45	0,34	0,71	0,54
$\sigma_e, Мпа$	141,43	105,62	273,47	172,34
$a, м$	3,2	0,8	3,2	3,2
$b, м$	0,8	4,5	0,8	0,8
$\gamma = a/b$	4	0,18	4	4
Ψ	1	0,047	1	1
n	4	80,17	4	4
$S' = b \cdot \sqrt{\frac{\sigma_e}{0.1854 \cdot n}}, мм$	11,05	11,99	15,36	12,2
$\Delta S, мм$	2,0	1,0	1,56	2,28
$S = S' + \Delta S, мм$	13,05	12,99	16,92	14,48

3.10.2. Проектування настилу верхньої палуби.

Розрахункові стискальні напруження знаходяться за формулою: прогин

$$\sigma_{3T} = \frac{M_{\Sigma 1} \cdot (D-e)}{I_0} \cdot 10^{-3} = \frac{2,77 \cdot 10^6 \cdot (15,8-6,32)}{117,08} \cdot 10^{-3} = 224,29, \text{ МПа},$$

$$\text{Приймаю } \sigma_{кр} = k \cdot \sigma_c = 224,29 \text{ МПа}, \quad R_{EH} = 315 \text{ МПа}, \quad \sigma_{кр}/R_{EH} = 224,29/315 = 0,71 > 0,5$$

$$\sigma_e = \frac{0,25 \cdot R_{EH}^2}{R_{EH} - \sigma_{кр}} = \frac{0,25 \cdot 315^2}{315 - 224,29} = 273,47, \text{ МПа}$$

Тоді Ейлерові напруження палубної пластини: $\sigma_e = 273,47, \text{ МПа},$

Виходячи з умови стійкості, товщина пластини верхньої палуби повинна бути не менша від визначеної за формулою:

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

Отримаємо:

$$S' = b \cdot \sqrt{\frac{\sigma_e}{0,1854 \cdot n}} = 0,8 \cdot \sqrt{\frac{273,47}{0,1854 \cdot 4}} = 15,36 \text{ мм}.$$

$$S = S' + \Delta S = 15,36 + 2,0 = 17,36 \text{ мм}.$$

Мінімальна будівельна товщина настилу верхньої палуби повинна бути не менша від $S_{min} = (5,5 + 0,04L)\sqrt{\eta} = (5,5 + 0,04 \cdot 180,7) \cdot \sqrt{0,78} = 11,24 \text{ мм}$

Приймаю товщину настилу верхньої палуби $S_{В.П.} = 20 \text{ мм}.$

3.10.3. Проектування обшивки похилої стінки підпалубної цистерни

Товщина обшивки нахиленої стінки бортової підпалубної цистерни:

$m=15,8$ – коефіцієнт згинального моменту;

$k_\sigma=0,8$ – коефіцієнт допустимих напружень;

					24.ДРБ.135.4111.05.ПЗ	Арк.
						53
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$a=0,8$ м – відстань (шпація) між балками, які розглядаються;

$P = 35,11$ кПа – розрахунковий тиск на похилий лист підпалубної цистерни посередині прольоту;

$\sigma_{\Pi} = \frac{175}{\eta} = \frac{175}{0,78} = 224,36$, МПа – нормативна границя плинності за нормальними напруженнями; $\Delta S = 2,4$ мм – запас на знос та корозію.

$$S = m \cdot a \cdot k \cdot \sqrt{\frac{P}{k_{\sigma} \cdot \sigma_{\Pi}}} + \Delta S = 15,8 \cdot 0,8 \cdot 1 \cdot \sqrt{\frac{35,11}{0,6 \cdot 224,36}} + 2,4 = 8,86 \text{ , мм.}$$

Мінімальна товщина похилої стінки підпалубної цистерни:

$$S_{min} = 10 + 0,025L = 10 + 0,025 \cdot 180,7 = 14,52$$

Приймаю товщину обшивки нахиленої стінки бортової підпалубної цистерни $S = 15$ мм

3.10.4. Проектування обшивки похилої стінки скулової цистерни

Товщина обшивки нахиленої стінки бортової скулової цистерни:

$m=15,8$ – коефіцієнт згинального моменту;

$k_{\sigma}=0,8$ – коефіцієнт допустимих напружень;

$a=0,8$ м – відстань (шпація) між балками, які розглядаються;

$P = 141,7$ кПа – розрахунковий тиск на похилий лист скулової цистерни посередині прольоту;

$\sigma_{\Pi} = \frac{175}{\eta} = \frac{175}{0,78} = 224,36$, МПа – нормативна границя плинності за нормальними напруженнями; $\Delta S = 2,4$ мм – запас на знос та корозію.

$$S = m \cdot a \cdot k \cdot \sqrt{\frac{P}{k_{\sigma} \cdot \sigma_{\Pi}}} + \Delta S = 15,8 \cdot 0,8 \cdot 1 \cdot \sqrt{\frac{141,7}{0,6 \cdot 224,36}} + 2,4 = 15,37 \text{ , мм.}$$

Мінімальна будівельна товщина листів обшивки бортової скулової цистерни повинна бути не менша від

					24.ДРБ.135.4111.05.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54

$$S_{min} = (7 + 0,035L)\sqrt{\eta} = (7 + 0,035 \cdot 180,7) \cdot \sqrt{0,78} = 11,77 \text{ мм}$$

Приймаю товщину обшивки нахиленої стінки скулової цистерни $S = 16 \text{ мм}$

3.10.5. Настил другого дна

Найбільше навантаження що діє на друге дно $P=212,44 \text{ кПа}$.

Товщина настилу другого дна за умовою міцності визначається за формулою:

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

де $m=15,8$, $k_{\sigma}=0,8$ – коефіцієнти згинального моменту і допустимих напружень, які визначаються у відповідних розділах Правил; $a=0,8$ – відстань (шпація) між балками, які розглядаються, м; P – розрахунковий тиск на обшивку (настил), кПа; $k = 1,2 - 0,5 \frac{a}{b} \leq 1,0$; $a=0,8$, $b=3,2$ – менший і більший розміри боків опорного контуру листового елемента, м; σ_n – нормативна границя плинності за нормальними напруженнями, МПа; $\Delta S = 2,4$ – запас на знос та корозію, мм.

Маємо:

$$k = 1,2 - 0,5 \frac{a}{b} = 1,2 - 0,5 \frac{0,8}{3,2} = 1,075, \text{ Приймаємо } k = 1,0.$$

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

$$S = m \cdot a \cdot k \cdot \sqrt{\frac{P}{k_{\sigma} \cdot \sigma_n}} + \Delta S = 15,8 \cdot 0,8 \cdot 1 \cdot \sqrt{\frac{212,44}{0,8 \cdot 301,3}} + 2,0 = 13,87, \text{ мм}.$$

Перевіряємо на стійкість пластини настилу другого дна. Пластина є стійкою, якщо: $k \cdot \sigma_c \leq \sigma_{кр}$, де σ_c – стискальні напруження, МПа; $\sigma_{кр}$ – критичні напруження, МПа; $k=1,0$

					24.ДРБ.135.4111.05.ПЗ	Арк.
						55
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розрахункові стискальні напруження знаходяться за формулою:

$$\sigma_c = \frac{M_{sw} + M_w}{I} z_i \cdot 10^{-3} = \frac{2,62 \cdot 10^6}{117,08} \cdot 4,72 \cdot 10^{-3} = 105,62 \text{ МПа.}$$

Приймаю $\sigma_{кр} = k \cdot \sigma_c = 1 \cdot 105,62 = 105,62$, МПа, $R_{EH} = 315$ МПа.

$$\sigma_{кр}/R_{EH} = 105,62/315 = 0,34 < 0,5$$

Тоді Ейлерові напруження на настил другого дна: $\sigma_e = \sigma_{кр} = 105,62$, МПа,

Виходячи з умови стійкості, товщина настилу другого дна повинна бути не менша від визначеної за формулою:

$$S' = b \cdot \sqrt{\frac{\sigma_e}{0,1854 \cdot n}} = 0,8 \cdot \sqrt{\frac{105,62}{0,1854 \cdot 4}} = 9,55 \text{ мм.}$$

$$S = S' + \Delta S = 9,55 + 2,0 = 11,55, \text{ мм.}$$

Приймаю товщину пластини другого дна: $S_{дон}=15$ мм.

3.11. Набір в'язей корпусу судна за Правилами Регістру

3.11.1. Днищове перекриття

Визначити товщину суцільних флорів можна за формулою:

$$S = \alpha \cdot a \cdot k \cdot \sqrt{\eta} + \Delta S, \text{ мм,}$$

де $\alpha=0,023L+5,8>6,5$; $k=k_1 \cdot k_2$; $a=0,8$ – відстань між ребрами жорсткості, м;
 $\Delta S=2,4$ – запас на знос та корозію, мм; k_1 та k_2 визначаються за таблицями.

Маємо:

$$\alpha = 0,023 \cdot L + 5,8 = 0,023 \cdot 180,7 + 5,8 = 9,96$$

$$k = k_1 \cdot k_2 = 1,20 \cdot 0,88 = 1,056$$

$$S = \alpha \cdot a \cdot k \cdot \sqrt{\eta} + \Delta S = 9,96 \cdot 0,8 \cdot 1,056 \cdot \sqrt{0,78} + 2,4 = 9,83, \text{ мм.}$$

Мінімальна будівельна товщина суцільного флора

					24.ДРБ.135.4111.05.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56

$$S_{min} = 0,035L + 6 = 0,035 \cdot 180,7 + 6 = 12,33 \text{ мм}$$

Приймаю товщину суцільних флорів: $S_{фл}=14$ мм при $S_{min}=12,3$ мм.

Товщина водонепроникних флорів визначається за формулою:

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

де $m=15,8$, $k_{\sigma}=0,85$ – коефіцієнти згинального моменту і допустимих напружень, які визначаються у відповідних розділах Правил; $a=0,8$ – відстань (шпация) між балками, які розглядаються, м; P – розрахунковий тиск на обшивку (настил), кПа; $k = 1,2 - 0,5 \frac{a}{b} \leq 1,0$; $a=0,8$, $b=3,2$ – менший і більший розміри боків опорного контуру листового елемента, м; σ_n – нормативна границя плинності за нормальними напруженнями, МПа; $\Delta S = 2,4$ – запас на знос та корозію, мм.

Маємо:

$$k = 1,2 - 0,5 \frac{a}{b} = 1,2 - 0,5 \frac{0,8}{3,2} = 1,075, \text{ Приймаємо } k = 1,1/$$

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

Розрахунковий мінімальний тиск визначається за формулою:

$$P_{min} = \rho \cdot g \cdot Z_i + P_k, \text{ кПа},$$

де $P_k=15$ кПа, $\rho=1,025$ т/м³; $g=9,81$ м/с² – прискорення вільного падіння; Z_i – відстань від верхньої палуби до середини висоти флора, м.

$$\text{при } Z_i \text{ D- } h_{вк} / 2 = 15,8 - 1,6 / 2 = 15 \text{ м.}$$

$$P_{min} = \rho \cdot g \cdot Z_i + P_k = 1,025 \cdot 9,81 \cdot 15 + 15 = 165,83 \text{ кПа},$$

$$S = m \cdot a \cdot k \cdot \sqrt{\frac{P}{k_{\sigma} \cdot \sigma_{\Pi}}} + \Delta S = 15,8 \cdot 0,8 \cdot 1 \cdot \sqrt{\frac{165,83}{0,85 \cdot 301,3}} + 2,4 = 12,57, \text{ мм.}$$

					24.ДРБ.135.4111.05.ПЗ	Арк.
						57
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Товщина водонепроникного флора повинна бути не менша, ніж товщина суцільного флора.

Приймаю товщину водонепроникного флору: $S_{фл}=14$ мм.

3.11.2. Проектування балок основного набору другого дна та днища.

$W = W' \cdot \omega_k$ - момент опору поздовжніх балок $W, \text{см}^3$:

$W' = \frac{Q \cdot l \cdot 10^3}{m \cdot k_\sigma \cdot \sigma_n}$ - момент опору балки до середини строку служби, см^3 ;

$Q = P \cdot a \cdot l$ - розрахункове навантаження для балки кН.

$a = 0,8$ м. – відстань між ребрами жорсткості,

$P = 128,61$ - загальний тиск на зовнішню обшивку днища кПа;

$P = 212,44$ - загальний тиск на обшивку другого дна, кПа.

$l = 3,2$ м. - довжина ребра жорсткості,

$m = 12$;

$k_\sigma = 0,6$ – коефіцієнт напружень для обшивки другого дна, що допускається;

$k_\sigma = 0,45$ – коефіцієнт напружень для зовнішньої обшивки днища, що допускається;

$\sigma_n = 301,3$ МПа;

$Q = 128,61 \cdot 0,8 \cdot 3,2 = 329,24$ кН;

$W' = \frac{329,24 \cdot 3,2 \cdot 10^3}{12 \cdot 0,45 \cdot 301,3} = 647,55 \text{ см}^3$ – для зовнішньої обшивки днища.

$\omega_k = 1 + \alpha_k \cdot \Delta S$ – див. розрахунок моменту опору балки.

де $\alpha_k = \frac{1}{0,15} \left(0,01 + \frac{1}{W'} \right)$, при $W' \geq 200 \text{ см}^3$

$\alpha_k = \frac{1}{0,15} \left(0,01 + \frac{1}{W'} \right) = \frac{1}{0,15} \left(0,01 + \frac{1}{647,55} \right) = 0,077$.

					24.ДРБ.135.4111.05.ПЗ	Арк.
						58
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$\Delta S = 2,4$ - запас, мм, на знос і корозію;

$$\omega_k = 1 + 0,077 \cdot 2,4 = 1,19.$$

$$W = 647,55 \cdot 1,19 = 770,59 \text{ см}^3$$

Приймаємо симетричний штабобульб 30810h300:

$$h_{\text{ст}} = 300 \text{ мм}; S_{\text{пр}} = 51,0 \text{ см}^2; I = 20000 \text{ см}^4. W = 850 \text{ см}^3;$$

$$Q = 212,44 \cdot 0,8 \cdot 3,2 = 543,85 \text{ кН};$$

$$W' = \frac{543,85 \cdot 3,2 \cdot 10^3}{12 \cdot 0,6 \cdot 301,3} = 802,23 \text{ см}^3 - \text{для обшивки другого дна.}$$

$$\omega_k = 1 + \alpha_k \cdot \Delta S - \text{див. розрахунок моменту опору балки.}$$

$$\text{де } \alpha_k = \frac{1}{0,15} \left(0,01 + \frac{1}{W'} \right), \text{ при } W' \geq 200 \text{ см}^3$$

$$\alpha_k = \frac{1}{0,15} \left(0,01 + \frac{1}{W'} \right) = \frac{1}{0,15} \left(0,01 + \frac{1}{802,23} \right) = 0,075.$$

$\Delta S = 2,4$ - запас, мм, на знос і корозію;

$$\omega_k = 1 + 0,075 \cdot 2,4 = 1,18.$$

$$W = 802,23 \cdot 1,18 = 946,63 \text{ см}^3$$

Приймаємо симетричний штабобульб 30812h320:

$$h_{\text{ст}} = 320 \text{ мм}; S_{\text{пр}} = 59,4 \text{ см}^2; I = 24100 \text{ см}^4. W = 980 \text{ см}^3; \text{тому що}$$

$$S_{\text{min}} = 0,025 \cdot L + 5,5 = 0,025 \cdot 180,7 + 5,5 = 10,02 \text{ мм.}$$

3.11.3 Товщина вертикального кіля та стрингерів:

Висота вертикального кіля: $h_{\text{вк}} = 1,6$ м. Товщина вертикального кіля визначається за формулою:

$$S = \alpha_k \cdot h \cdot \frac{h}{h_{\phi}} \cdot \sqrt{\eta} + \Delta S, \text{де}$$

$$\alpha_k = 0,03 \cdot L + 8,3 \leq 11,2,$$

					24.ДРБ.135.4111.05.ПЗ	Арк.
						59
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\alpha_k = 0,03 \cdot L + 8,3 = 0,03 \cdot 180,7 + 8,3 = 13,72 > 11,2.$$

Приймаємо: $\alpha_k = 11,2$.

$h = 1,618$ - висота вертикального кіля, яка вимагається Правилами, м;

$h_\phi = 1,6$ - фактична висота вертикального кіля, м;

$\Delta S = 2,4$ - запас, мм, на знос і корозію;

$$S = 11,2 \cdot 1,618 \cdot \frac{1,618}{1,6} \cdot \sqrt{0,78} + 2,4 = 18,59 \text{ мм.}$$

Мінімальна товщина вертикального кіля:

$$S_{min} = 0,025L + 7 = 0,025 \cdot 180,7 + 7 = 11,52 \text{ мм.}$$

З урахуванням мінімальної товщини приймаємо товщину вертикального кіля: $S = 19$ мм.

3.11.4. Бортова скулова цистерна

В бортовій скуловій цистерні поперечна система набору отже:

$W = W' \cdot \omega_k$ - момент опору поперечних балок $W, \text{см}^3$:

$W' = \frac{Q \cdot l \cdot 10^3}{m \cdot k_\sigma \cdot \sigma_n}$ - момент опору балки до середини строку служби, см^3 ;

$Q = P \cdot a \cdot l$ - розрахункове навантаження для балки кН.

$a = 0,8$ м.

$P = 141,7$ кПа – розрахунковий тиск для бортової скулової цистерни.

$l = 6,364$ м. - довжина ребра жорсткості, поперечна рама

$m = 10$;

$k_\sigma = 0,6$ – коефіцієнт напружень що допускається;

$\sigma_n = 345,6$ МПа;

					24.ДРБ.135.4111.05.ПЗ	Арк.
						60
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$Q = 141,7 \cdot 0,8 \cdot 6,364 = 721,42 \text{ кН};$$

$$W' = \frac{721,42 \cdot 6,364 \cdot 10^3}{10 \cdot 0,6 \cdot 345,6} = 2214,08 \text{ см}^3$$

$$W' > 200 \text{ см}^3, \text{ тому}$$

$$\omega_k = 1 + h_k \cdot \Delta S$$

$$\text{де } h_k = \frac{1}{0,15} \left(0,01 + \frac{1}{W'} \right) = \frac{1}{0,15} \left(0,01 + \frac{1}{2214,08} \right) = 0,07.$$

$$\Delta S = 2,4 - \text{запас, мм, на знос і корозію};$$

$$\omega_k = 1 + 0,07 \cdot 2,4 = 1,168.$$

$$W = 2214,08 \cdot 1,168 = 2586,05 \text{ см}^3$$

Приймаю тавр зварний РД.9373-80 профілю 50а, $f=95,2 \text{ см}^2$; $W=2600 \text{ см}^3$, $f_{\text{пояс}}=100 \text{ см}^2$

3.11.5 Бортове перекриття

Визначимо розрахунковий тиск посередині прольоту шпангоута.

Розрахунковий статичний тиск визначається за формулою:

$$P_{st} = \rho \cdot g \cdot Z_i = 1,025 \cdot 9,81 \cdot 2,975 = 29,91 \text{ кПа},$$

де $\rho=1,025 \text{ т/м}^3$ – щільність морської води; $g=9,81 \text{ м/с}^2$ – прискорення вільного падіння; $Z_i=2,975 \text{ м}$ – відстань точки прикладання навантаження від літньої ватерлінії, м.

Розрахунковий хвильовий тиск визначається за формулою:

$$P_W = P_{W0} - \frac{1,5 \cdot C_W \cdot Z_i}{d} = 30,86 - \frac{1,5 \cdot 9,5 \cdot 2,975}{11,2} = 27,08 \text{ кПа}$$

При $Z_i=2,975 \text{ м}$

Розрахунковий тиск посередині прольоту шпангоута:

$$P = P_W + P_{st} = 27,08 + 29,91 = 56,99 \text{ кПа}$$

					24.ДРБ.135.4111.05.ПЗ	Арк.
						61
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$P_{\min} = 10z + 0,15L + 10 = 10 \cdot 2,975 + 0,15 \cdot 180,7 + 10 = 66,86 \text{ кПа}$$

Приймаю розрахунковий тиск посередині прольоту шпангоута $P = 66,86 \text{ кПа}$

Момент опору балки без урахування зносу на корозію:

$$W' = \frac{Q \cdot l \cdot 10^3}{m \cdot k_{\sigma} \cdot \sigma_n} - \text{момент опору балки до середини строку служби, см}^3;$$

$$Q = P \cdot a \cdot l - \text{розрахункове навантаження для балки кН.}$$

$$a = 0,8 \text{ м.}$$

$$l = 4,25 \text{ м.} - \text{довжина ребра жорсткості, шпангоута}$$

$$m = 18;$$

$$k_{\sigma} = 0,65 - \text{коефіцієнт напружень що допускається;}$$

$$\sigma_n = 345,6 \text{ МПа;}$$

$$Q = 66,86 \cdot 0,8 \cdot 4,25 = 227,32 \text{ кН;}$$

$$W' = \frac{227,32 \cdot 4,25 \cdot 10^3}{18 \cdot 0,65 \cdot 345,6} = 238,93 \text{ см}^3$$

$$W' > 200 \text{ см}^3, \text{ тому}$$

$$\omega_k = 1 + h_k \cdot \Delta S$$

$$\text{де } h_k = \frac{1}{0,15} \left(0,01 + \frac{1}{W'} \right) = \frac{1}{0,15} \left(0,01 + \frac{1}{238,93} \right) = 0,095.$$

$$\Delta S = 1,56 - \text{запас, мм, на знос і корозію;}$$

$$\omega_k = 1 + 0,095 \cdot 1,56 = 1,148.$$

$$W = 238,93 \cdot 1,148 = 274,34 \text{ см}^3$$

Згідно ГОСТу 9235-76, вибираємо штабобульб симетричний 20610,

$$h_{cm} = 200 \text{ мм, } S_{cm} = 10 \text{ мм; } f = 29,26 \text{ см}^2; W = 280 \text{ см}^3, f_{нояс} = 50 \text{ см}^2, \text{ мінімальна}$$

$$\text{товщина стінки шпангоута } S_{\min} = (1 + 0,03 \cdot L)k = (1 + 0,03 \cdot 180,7) \cdot 1,25 = 8,03 \text{ мм}$$

					24.ДРБ.135.4111.05.ПЗ	Арк.
						62
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.11.6. Поздовжні балки ВП

Приймаю розрахунковий тиск що діє на палубу та підпалубні балки $P=19,82$ кПа

Момент опору балки без урахування зносу на корозію:

$$W' = \frac{Q \cdot l \cdot 10^3}{m \cdot k_\sigma \cdot \sigma_n} - \text{момент опору балки до середини строку служби, см}^3;$$

$Q = P \cdot a \cdot l$ - розрахункове навантаження для балки кН.

$$a = 0,8 \text{ м.}$$

$l = 3,2$ м. - довжина ребра жорсткості,

$$m = 12;$$

$k_\sigma = 0,45$ – коефіцієнт напружень що допускається;

$$\sigma_n = 326 \text{ МПа};$$

$$Q = 19,82 \cdot 0,8 \cdot 3,2 = 50,74 \text{ кН};$$

$$W' = \frac{50,74 \cdot 3,2 \cdot 10^3}{12 \cdot 0,45 \cdot 326} = 92,23 \text{ см}^3$$

$$W' < 200 \text{ см}^3, \text{ тому}$$

$$\omega_k = 1 + h_k \cdot \Delta S$$

$$\text{де } h_k = 0,07 + \frac{6}{W'} = 0,07 + \frac{6}{92,23} = 0,14.$$

$\Delta S = 2,4$ - запас, мм, на знос і корозію;

$$\omega_k = 1 + 0,14 \cdot 2,4 = 1,336.$$

$$W = 92,23 \cdot 1,336 = 123,22 \text{ см}^3$$

Згідно ГОСТу 21937-76, вибираємо штабобульб несиметричний 18б,
 $h_{cm}=180$ мм, $S_{cm}=11$ мм; $f=25,8\text{см}^2$; $i=3130 \text{ см}^4$, $W=206 \text{ см}^3$, тому що мінімальна

					24.ДРБ.135.4111.05.ПЗ	Арк.
						63
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

будівельна товщина конструкцій підпалубної цистерни
 $S_{min}=5,5+0,025 \cdot L=5,5+0,025 \cdot 180,7=10,02$ мм

Перевіримо стійкість поздовжніх балок підпалубної цистерни:

$$\sigma_e = \frac{206i}{fl^2} = \frac{206 \cdot 3130}{25,8 \cdot 3,2^2} = 2440,6 \text{ МПа}$$

Так як $\sigma_e = 2440,6 \text{ МПа} > 0,5 \cdot R_{EH} = 0,5 \cdot 355 = 177,5 \text{ МПа}$, тому

$$\sigma_{кр} = R_{EH} \left(1 - \frac{R_{EH}}{4\sigma_e} \right) = 355 \left(1 - \frac{355}{4 \cdot 2440,6} \right) = 342 \text{ МПа}$$

$\sigma_{кр} = 342 \text{ МПа} > k \cdot \sigma_c = 1,1 \cdot 231,7 = 254,9 \text{ МПа}$, тому робимо висновок, що поздовжні балки підпалубної цистерни будуть стійкими.

3.11.7 Поздовжні балки похилого листа бортової підпалубної цистерни

Приймаю розрахунковий тиск що діє на похилу стінку підпалубної цистерни посередині прогину $P=35,11$ кПа

Момент опору балки без урахування зносу на корозію:

$$W' = \frac{Q \cdot l \cdot 10^3}{m \cdot k_\sigma \cdot \sigma_n} - \text{момент опору балки до середини строку служби, см}^3;$$

$Q = P \cdot a \cdot l$ - розрахункове навантаження для балки кН.

$$a = 0,8 \text{ м.}$$

$l = 3,2 \text{ м.}$ - довжина ребра жорсткості,

$$m = 12;$$

$k_\sigma = 0,55$ – коефіцієнт напружень що допускається;

$$\sigma_n = 326 \text{ МПа};$$

$$Q = 35,11 \cdot 0,8 \cdot 3,2 = 89,88 \text{ кН};$$

					24.ДРБ.135.4111.05.ПЗ	Арк.
						64
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$W' = \frac{89,88 \cdot 3,2 \cdot 10^3}{12 \cdot 0,55 \cdot 326} = 133,68 \text{ см}^3$$

$$W' < 200 \text{ см}^3, \text{ тому}$$

$$\omega_k = 1 + h_k \cdot \Delta S$$

$$\text{де } h_k = 0,07 + \frac{6}{W'} = 0,07 + \frac{6}{133,68} = 0,12.$$

$\Delta S = 2,4$ - запас, мм, на знос і корозію;

$$\omega_k = 1 + 0,12 \cdot 2,4 = 1,288.$$

$$W = 133,68 \cdot 1,288 = 172,18 \text{ см}^3$$

Згідно ГОСТу 21937-76, вибираємо штабобульб несиметричний 18б,
 $h_{cm}=180$ мм, $S_{cm}=11$ мм; $f=25,8\text{см}^2$; $i=3130 \text{ см}^4$, $W=206 \text{ см}^3$, тому що мінімальна
будівельна товщина конструкцій підпалубної цистерни
 $S_{min}=5,5+0,025 \cdot L=5,5+0,025 \cdot 180,7=10,02$ мм

Перевіримо стійкість поздовжніх балок підпалубної цистерни:

$$\sigma_e = \frac{206i}{fl^2} = \frac{206 \cdot 3130}{25,8 \cdot 3,2^2} = 2440,6 \text{ МПа}$$

Так як $\sigma_e = 2440,6 \text{ МПа} > 0,5 \cdot R_{EH} = 0,5 \cdot 355 = 177,5 \text{ МПа}$, тому

$$\sigma_{кр} = R_{EH} \left(1 - \frac{R_{EH}}{4\sigma_e} \right) = 355 \left(1 - \frac{355}{4 \cdot 2440,6} \right) = 342 \text{ МПа}$$

$\sigma_{кр} = 342 \text{ МПа} > k \cdot \sigma_c = 1,1 \cdot 231,7 = 254,9 \text{ МПа}$, тому робимо висновок,
що поздовжні балки підпалубної цистерни будуть стійкими.

3.11.8. Поздовжні балки борту

Приймаю розрахунковий тиск що діє на борт при відстані від ВП $z=2,7$ м
 $P = 42,15 \text{ кПа}$

$$P=0,75\rho g(z_i + \Delta z) = 0,75 \cdot 1,025 \cdot 9,81(2,7 + 1,5) = 31,67 \text{ кПа},$$

					24.ДРБ.135.4111.05.ПЗ	Арк.
						65
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$P = \rho \cdot g \cdot z_i + P_k = 1,025 \cdot 9,81 \cdot 2,7 + 15 = 42,15 \text{ кПа}$$

$$W' = \frac{Q \cdot l \cdot 10^3}{m \cdot k_\sigma \cdot \sigma_n} - \text{момент опору балки до середини строку служби, см}^3;$$

$$Q = P \cdot a \cdot l - \text{розрахункове навантаження для балки кН.}$$

$$a = 0,8 \text{ м.}$$

$$l = 3,2 \text{ м.} - \text{довжина ребра жорсткості,}$$

$$m = 12;$$

$$k_\sigma = 0,55 - \text{коефіцієнт напружень що допускається;}$$

$$\sigma_n = 326 \text{ МПа;}$$

$$Q = 42,15 \cdot 0,8 \cdot 3,2 = 107,9 \text{ кН;}$$

$$W' = \frac{107,9 \cdot 3,2 \cdot 10^3}{12 \cdot 0,55 \cdot 326} = 160,48 \text{ см}^3$$

$$W' < 200 \text{ см}^3, \text{ тому}$$

$$\omega_k = 1 + h_k \cdot \Delta S$$

$$\text{де } h_k = 0,07 + \frac{6}{W'} = 0,07 + \frac{6}{160,48} = 0,107.$$

$$\Delta S = 2,4 - \text{запас, мм, на знос і корозію;}$$

$$\omega_k = 1 + 0,107 \cdot 2,4 = 1,257.$$

$$W = 160,48 \cdot 1,257 = 201,72 \text{ см}^3$$

Згідно ГОСТу 21937-76, вибираємо штабобульб несиметричний 18б,
 $h_{cm}=180 \text{ мм}, S_{cm}=11 \text{ мм}; f=25,8 \text{ см}^2; i=3130 \text{ см}^4, W=206 \text{ см}^3$, тому що мінімальна
 будівельна товщина конструкцій підпалубної цистерни
 $S_{min}=5,5+0,025 \cdot L=5,5+0,025 \cdot 180,7=10,02 \text{ мм}$

Перевіримо стійкість поздовжніх балок підпалубної цистерни:

					24.ДРБ.135.4111.05.ПЗ	Арк.
						66
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\sigma_e = \frac{206i}{fl^2} = \frac{206 \cdot 3130}{25,8 \cdot 3,2^2} = 2440,6 \text{ МПа}$$

Так як $\sigma_e = 2440,6 \text{ МПа} > 0,5 \cdot R_{EH} = 0,5 \cdot 355 = 177,5 \text{ МПа}$, тому

$$\sigma_{кр} = R_{EH} \left(1 - \frac{R_{EH}}{4\sigma_e} \right) = 355 \left(1 - \frac{355}{4 \cdot 2440,6} \right) = 342 \text{ МПа}$$

$\sigma_{кр} = 342 \text{ МПа} > k \cdot \sigma_c = 1,1 \cdot 231,7 = 254,9 \text{ МПа}$, тому робимо висновок, що поздовжні балки підпалубної цистерни будуть стійкими.

3.11.9. Горизонтальні поздовжні балки поздовжніх перегородок підпалубної цистерни

Приймаю розрахунковий тиск що діє на горизонтальні балки поздовжніх перегородок $z=1,58 \text{ м}$, $P=30,89 \text{ кПа}$

$$P=0,75\rho g(z_i + \Delta z) = 0,75 \cdot 1,025 \cdot 9,81(1,58 + 1,5) = 23,23 \text{ кПа},$$

$$P=\rho g z_i + Pk = 1,025 \cdot 9,81 \cdot 1,58 + 15 = 30,89 \text{ кПа},$$

Момент опору балки без урахування зносу на корозію:

$$W' = \frac{Q \cdot l \cdot 10^3}{m \cdot k_\sigma \cdot \sigma_n} - \text{момент опору балки до середини строку служби, см}^3;$$

$Q = P \cdot a \cdot l$ - розрахункове навантаження для балки кН.

$$a = 0,8 \text{ м.}$$

$l = 3,2 \text{ м.}$ - довжина ребра жорсткості,

$$m = 12;$$

$k_\sigma = 0,55$ – коефіцієнт напружень що допускається;

$$\sigma_n = 326 \text{ МПа};$$

$$Q = 30,89 \cdot 0,8 \cdot 3,2 = 79,08 \text{ кН};$$

					24.ДРБ.135.4111.05.ПЗ	Арк.
						67
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$W' = \frac{79,08 \cdot 3,2 \cdot 10^3}{12 \cdot 0,55 \cdot 326} = 117,61 \text{ см}^3$$

$$W' < 200 \text{ см}^3, \text{ тому}$$

$$\omega_k = 1 + h_k \cdot \Delta S$$

$$\text{де } h_k = 0,07 + \frac{6}{W'} = 0,07 + \frac{6}{117,61} = 0,12.$$

$\Delta S = 2,4$ - запас, мм, на знос і корозію;

$$\omega_k = 1 + 0,12 \cdot 2,4 = 1,288.$$

$$W = 117,61 \cdot 1,288 = 151,48 \text{ см}^3$$

Згідно ГОСТу 21937-76, вибираємо штабобульб несиметричний 18б,
 $h_{cm}=180$ мм, $S_{cm}=11$ мм; $f=25,8\text{см}^2$; $i=3130 \text{ см}^4$, $W=206 \text{ см}^3$, тому що мінімальна
 будівельна товщина конструкцій підпалубної цистерни
 $S_{min}=5,5+0,025 \cdot L=5,5+0,025 \cdot 180,7=10,02$ мм

Перевіримо стійкість поздовжніх балок підпалубної цистерни:

$$\sigma_e = \frac{206i}{fl^2} = \frac{206 \cdot 3130}{25,8 \cdot 3,2^2} = 2440,6 \text{ МПа}$$

Так як $\sigma_e = 2440,6 \text{ МПа} > 0,5 \cdot R_{EH} = 0,5 \cdot 355 = 177,5 \text{ МПа}$, тому

$$\sigma_{кр} = R_{EH} \left(1 - \frac{R_{EH}}{4\sigma_e} \right) = 355 \left(1 - \frac{355}{4 \cdot 2440,6} \right) = 342 \text{ МПа}$$

$\sigma_{кр} = 342 \text{ МПа} > k \cdot \sigma_c = 1,1 \cdot 231,7 = 254,9 \text{ МПа}$, тому робимо висновок,
 що поздовжні балки підпалубної цистерни будуть стійкими.

3.11.10. Проектування комінгс- карлінгсу

Момент опору балки без урахування зносу на корозію:

$$W' = \frac{Q \cdot l \cdot 10^3}{m \cdot k_\sigma \cdot \sigma_n} - \text{момент опору балки до середини строку служби, см}^3;$$

					24.ДРБ.135.4111.05.ПЗ	Арк.
						68
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$Q = P \cdot a \cdot l$ - розрахункове навантаження для балки кН.

$a = 12,1$ - відстань між ДП та серединою прогону рамного бімса підпалубної цистерни м.

$l = 14,45$ м. – прогін комінгс-карлінгса,

$m = 10$;

$k_{\sigma} = 0,65$ – коефіцієнт напружень що допускається;

$\sigma_{\Pi} = 326$ МПа;

$Q = 19,82 \cdot 12,1 \cdot 14,45 = 3465,43$ кН;

$$W' = \frac{3465,43 \cdot 14,45 \cdot 10^3}{10 \cdot 0,65 \cdot 326} = 23631,65 \text{ см}^3$$

$$\omega_k = 1 + h_k \cdot \Delta S$$

$$\text{де } h_k = \frac{1}{0,15} \left(0,01 + \frac{1}{W'} \right) = \frac{1}{0,15} \left(0,01 + \frac{1}{23631,65} \right) = 0,067.$$

$\Delta S = 1,44$ - запас, мм, на знос і корозію;

$$\omega_k = 1 + 0,067 \cdot 1,44 = 1,097.$$

$$W = 23631,65 \cdot 1,097 = 25923,92 \text{ см}^3$$

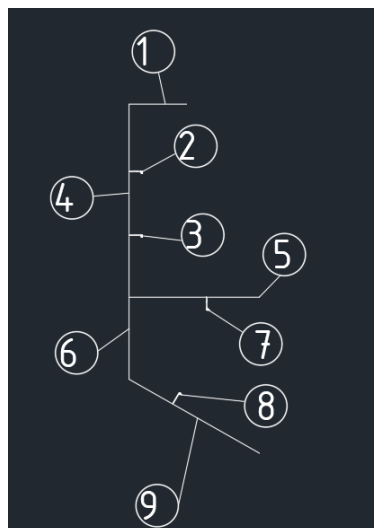


Рисунок 3.11.1 – Конструкція комінгс-карлінгса

					24.ДРБ.135.4111.05.ПЗ	Арк.
						69
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розміри комінгса люка визначаємо конструктивно

№	Розміри, мм	$F_i, \text{см}^2$	$Z_i, \text{м}$	$F_i Z_i, \text{см}^2 \text{м}$	$F_i Z_i^2, \text{см}^2 \text{м}^2$	$I, \text{см}^2 \text{м}^2$
1	20x600	120,0	2	240	480	-
2	186	25,8	1,3	33,54	43,6	-
3	186	25,8	0,65	16,77	10,9	-
4	2000x15	300,0	1	300	300	100
5	20x1350	270	0	0	0	-
6	850x15	127,5	-0,425	-54,19	23	7,68
7	186	25,8	-0,112	-2,89	0,32	-
8	186	25,8	-1,3	-33,54	43,6	-
9	1553x15	232,95	-1,22	-284,2	346,72	-
	Σ	$A=1153,65$		$B=215,49$	$C=1355,82$	

Відстань центра ваги вузла від осі порівняння (ОП):

$$e = \frac{B}{A} = \frac{215,49}{1126,65} = 0,19 \text{ м}$$

Момент інерції вузла відносно ОП:

$$I = C - e^2 A = 1355,82 - 0,19^2 \cdot 1126,65 = 0,13 \text{ м}^4$$

$$W_{\text{факт}} = \frac{I}{e} = \frac{0,13}{0,19} = 0,684211 \text{ м}^3 = 684211 \text{ см}^3$$

$$W_{\text{факт}} > W_{\text{нотр.}}$$

					24.ДРБ.135.4111.05.ПЗ	Арк.
						70
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.12. Розрахунок еквівалентного бруса і перевірка загальної поздовжньої міцності

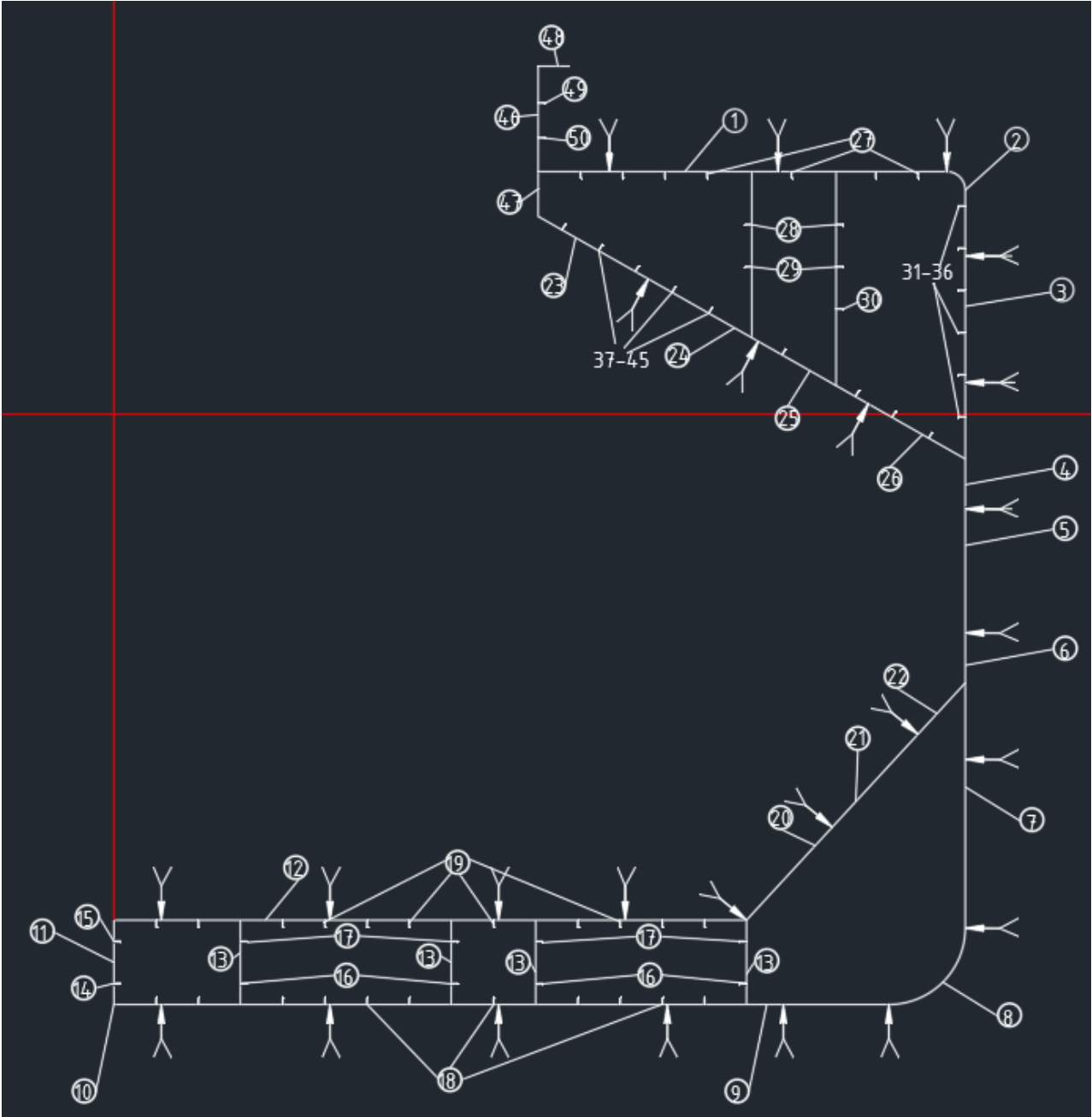


Рисунок 3.12.1 – Схема еквівалентного бруса

№	Найменування	Товщина , мм	Ширина, мм	$F_i, \text{см}^2$	$Z_i, \text{м}$	$\text{Fix}Z_i,$ $\text{см}^2 \cdot \text{м}$	$\text{Fix}Z_i^2,$ $\text{см}^2 \cdot \text{м}^2$	$I_i,$ см^4
---	--------------	-----------------	---------------	--------------------	-----------------	--	--	-------------------------

							2	2
1	Настил ВП	20	7750	1550,0	15,8	24490,00	386942,00	0,00
2	Ширстрек	22	1800	396,0	15	5940,00	89100,00	106,92
3	Лист обшивки зовнішнього борту	17	2400	408,0	12,6	5140,80	64774,08	195,84
4	Лист обшивки зовнішнього борту	17	2400	408,0	10,2	4161,60	42448,32	195,84
5	Лист обшивки зовнішнього борту	17	2350	399,5	7,85	3136,08	24618,19	183,85
6	Надскуловий лист	15	2400	360,0	5,45	1962,00	10692,90	172,80
7	Надскуловий лист	15	3200	480,0	2,25	1080,00	2430,00	409,60
8	Скуловий лист	15	3028	454,2	0,43	193,04	82,04	347,04
9	Лист обшивки днища	15	13800	2070,0	0,00	0,00	0,00	0,00
10	Горизонтальний кіль	17	900	153,0	0,00	0,00	0,00	0,00
11	Вертикальний кіль	19	1600	304,0	0,80	243,20	194,56	64,85
12	Настил 2-го дна	15	12000	1800,0	1,60	2880,00	4608,00	0,00
13	Стрингер днищовий, 4 шт	19	1600	1216,0	0,80	972,80	778,24	129,71
14	РЖ ВК	(30810h3 00)	1 шт	51,0	0,40	20,40	8,16	0,00
15	РЖ ВК	(30810h3 00)	1 шт	51,0	1,20	61,20	73,44	0,00
16	РЖ стрингерів	(30810h3 00)	4 шт	204,0	0,40	81,60	32,64	0,00

					24.ДРБ.135.4111.05.ПЗ			Арк.
								72
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				

17	РЖ стрингерів	(30810h300)	4 шт	204,0	1,20	244,80	293,76	0,00
18	Поздовжні балки днища	(30810h300)	11 шт	561,0	0,15	84,15	12,62	0,00
19	Поздовжні балки 2-го дна	(30812h320)	11 шт	653,4	1,44	940,90	1354,89	0,00
20	Похила стінка скулової цистерни	16	2400	384,0	2,48	952,32	2361,75	184,32
21	Похила стінка скулової цистерни	16	2400	384,0	4,25	1632,00	6936,00	184,32
22	Похила стінка скулової цистерни	16	1320	211,2	5,61	1184,83	6646,91	30,67
23	Похила стінка підпал.цистерни	15	2400	360,0	14,36	5168,52	74204,44	172,80
24	Похила стінка підпал.цистерни	15	2400	360,0	13,17	4741,20	62441,60	172,80
25	Похила стінка підпал.цистерни	15	2400	360,0	11,99	4315,32	51727,74	172,80
26	Похила стінка підпал.цистерни	15	2115	317,3	10,87	3448,51	37485,28	118,26
27	Поздовжні балки ВП	186	7 шт	180,6	15,71	2837,23	44572,82	0,00
28	РЖ перегородок	186	2 шт	51,6	14,80	763,68	11302,46	0,00
29	РЖ перегородок	186	2 шт	51,6	14,00	722,40	10113,60	0,00
30	РЖ перегородки	186	1 шт	25,8	13,20	340,56	4495,39	0,00
31	РЖ борту	186	1 шт	25,8	15,15	390,87	5921,68	0,00
32	РЖ борту	186	1 шт	25,8	14,35	370,23	5312,80	0,00
33	РЖ борту	186	1 шт	25,8	13,55	349,59	4736,94	0,00
34	РЖ борту	186	1 шт	25,8	12,75	328,95	4194,11	0,00

					24.ДРБ.135.4111.05.ПЗ				Арк.
									73
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

35	РЖ борту	186	1 шт	25,8	11,95	308,31	3684,30	0,00
36	РЖ борту	186	1 шт	25,8	11,15	287,67	3207,52	0,00
37	РЖ похилого листа підпал. цистерни	186	1 шт	25,8	14,70	379,26	5575,12	0,00
38	РЖ похилого листа підпал.цистерни	186	1 шт	25,8	14,30	368,94	5275,84	0,00
39	РЖ похилого листа підпал.цистерни	186	1 шт	25,8	13,90	358,62	4984,82	0,00
40	РЖ похилого листа підпал.цистерни	186	1 шт	25,8	13,50	348,30	4702,05	0,00
41	РЖ похилого листа підпал.цистерни	186	1 шт	25,8	13,10	337,98	4427,54	0,00
42	РЖ похилого листа підпал.цистерни	186	1 шт	25,8	12,30	317,34	3903,28	0,00
43	РЖ похилого листа підпал. цистерни	186	1 шт	25,8	11,50	296,70	3412,05	0,00
44	РЖ похилого листа підпал.цистерни	186	1 шт	25,8	11,10	286,38	3178,82	0,00
45	РЖ похилого листа підпал.цистерни	186	1 шт	25,8	10,70	276,06	2953,84	0,00
46	Комінгс-карлінгс	15	2000	300,0	16,80	5040,00	84672,00	100,00
47	Комінгс-карлінгс	15	850	127,5	15,38	1960,31	30139,80	7,68
48	Поясок комінгс люка	20	600	120,0	17,80	2136,00	38020,80	0,00

					24.ДРБ.135.4111.05.ПЗ			Арк.
								74
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				

49	РЖ комінгс-карлінгса	186	1	25,8	17,10	441,18	7544,18	0,00
50	РЖ комінгс-карлінгса	186	1	25,8	16,45	424,41	6981,54	0,00
							1173560,89	2950,10
				15395,3		92746,22	1176510,99	

$$I = 2(C - e^2 \cdot A) \cdot 10^{-4} = 123,6 \text{ (м}^4\text{)}$$

$$e = B/A = 6,02 \text{ (м)}$$

$$W_b^\phi = I/e = 20,5 \cdot 10^6 \text{ (см}^3\text{)}$$

$$W_d^\phi = I/(D - e) = 12,64 \cdot 10^6 \text{ (см}^3\text{)}$$

$$I_{\min} = 80,6 \text{ м}^4$$

$$W_{\text{треб}} = 12,35 \text{ (м}^3\text{)}$$

$$W_b^\phi > W_{\text{треб}}$$

$$W_d^\phi > W_{\text{треб}}$$

$$I > I_{\min}$$

Висновок: Загальна поздовжня міцність судна забезпечена.

					24.ДРБ.135.4111.05.ПЗ	Арк.
						75
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

					24.ДРБ.135.4111.05.ПЗ						
Зм.	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата							
Студент	Вініченко М.С.				Перевірка міцності пластини днища				Літ	Аркуш	Аркушів
Консультант	Коростильов Л.І.								у		
Керівник	Астахова А.О.								НУК Ім. Адмірала Макарова		
Зав.кафедри	Нєкрасов В.О.										

4 Перевірка міцності зовнішньої обшивки днища

Перевірка міцності на згинання зовнішньої обшивки днища здійснюється у відповідності з вимогами Норм міцності морських судів.

4.1 Вихідні дані

$$L_{\perp\perp} = 180,7 \text{ м};$$

$$B = 32,2 \text{ м};$$

$$D = 15,8 \text{ м};$$

$$d = 11,2 \text{ м};$$

$$U_{п.х} = 15,3 \text{ уз};$$

$$C_B = 0,784.$$

4.2 Розрахункова схема пластини днищового перекриття

При поздовжній системі набору днища розрахунковим є прямокутне поле зовнішньої обшивки, що обмежується жорстким днищевим набором – поздовжніми ребрами жорсткості (вертикальним кілем, днищевими стрингерами) та суцільними флорами, що встановлюються через декілька шпаций. Відношення довгої сторони a поля b до короткої завжди більше одиниці – $\gamma = a/b > 1$.

У дипломній роботі приймається:

$$b = 800 \text{ мм}; a = 4b = 4 \cdot 800 = 3200 \text{ мм}; \gamma = 3200/800 = 4 > 1.$$

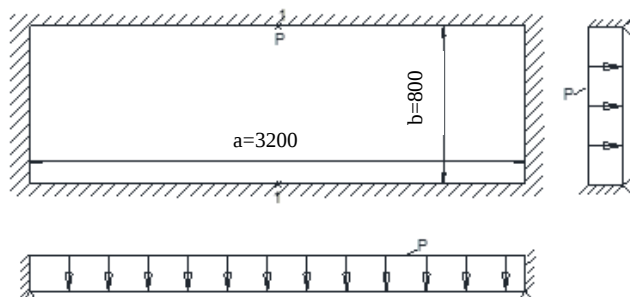


Рисунок 4.1 - Розрахункова схема пластини днища з вказаним розташування найбільш напружених точок 1 та 1'

					24.ДРБ.135.4111.05.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		77

4.3 Розрахункове навантаження

Розрахункове навантаження p на пластину днища відповідно до Норм міцності визначається без протитиску зсередини по формулі:

$$p = p_{\text{ст}} + p_{\text{в0}} = 112,61 + 47,97 = 160,58 \text{ кПа};$$

де $p_{\text{ст}}$ - розрахунковий статичний тиск води, а $p_{\text{в0}}$ - тиск, що зумовлений хитавицею на хвилюванні.

$$p_{\text{ст}} = \rho_{\text{в}} \cdot g \cdot d = 1,025 \cdot 9,81 \cdot 11,2 = 112,61 \text{ кПа};$$

$$p_{\text{в0}} = \rho_{\text{в}} \cdot g \cdot \frac{h_1}{2} a_v a_x = 1,025 \cdot 9,81 \cdot \frac{9,4}{2} \cdot 2,03 \cdot 0,5 = 47,97 \text{ кПа};$$

де $\rho = 1,025 \text{ т/м}^3$ - щільність морської води;

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

d - осадка судна на рівні поля, що перевіряється на міцність, м;

h_1 - висота розрахункової хвилі при екстремальних умовах, що визначається або за графіком Норм міцності, або за формулами:

$$h_1 = k_c \cdot C_w = 0,99 \cdot 9,5 = 9,4 \text{ м}$$

$$k_c = 1,05 - \frac{2425}{L^2 + 8530} = 1,05 - \frac{2425}{180,7^2 + 8530} = 0,99 \leq 1,$$

$$C_w = 10,75 - \left(\frac{300 - L}{100} \right)^{\frac{3}{2}} = 10,75 - \left(\frac{300 - 180,7}{100} \right)^{\frac{3}{2}} = 9,5 \text{ м} \leq 10,75$$

a_v, a_x - параметри хитавиці, що розраховуються за наближеними залежностями.

$$a_v = \frac{0,8 \cdot v_0 \cdot (L \cdot 10^{-3} + 0,4)}{\sqrt{L}} + 1,5 = \frac{0,8 \cdot 15,3 \cdot (180,7 \cdot 10^{-3} + 0,4)}{\sqrt{180,7}} + 1,5 = 2,03;$$

$$a_x = k_x \left(1 - 2 \frac{x_n}{L} \right) = 1,25 \left(1 - 2 \frac{54,21}{180,7} \right) = 0,5.$$

У формулах зазначених вище:

v_0 - швидкість судна на тихій воді, у вузлах;

L - довжина судна, в м;

x_n - відстань від центра поля пластини до носового перпендикуляра, в м;

$k_x = 1,25$ - для поперечних перерізів у ніс від міделя;

					24.ДРБ.135.4111.05.ПЗ	Арк.
						78
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4.4 Визначення напружень у небезпечних точках поля пластини

На розрахунковій схемі (рис. 4.1) небезпечні точки 1 та 1' вказані по середині довгої сторони опорного контуру.

Відповідно до теорії згину тонких пластин максимальне нормальне напруження $\sigma_{\max}$ у вказаних точках визначаються за формулою:

$$\sigma_{\max} = \frac{6 \cdot 8560,84}{15^2} = 228,29 \text{ МПа.}$$

t – товщина пластини, в мм;

M – погонний момент в точках 1, 1' опорного контуру;

$$M = kpb^2 \cdot 10^{-3} = 0,0833 \cdot 160,58 \cdot 800^2 \cdot 10^{-3} = 8560,84 \text{ Н.}$$

$p = 143,31$ – розрахунковий тиск, в кПа;

$b = 800$ – менший розмір пластини (шпація), в мм;

$k = 0,0833$ – коефіцієнт, що залежить від відношення довжин кромки пластини $\gamma = a/b$, визначається по довідниковим таблицям згину ізотропних жорстких пластин при умовах жорсткого закріплення на опорному контурі.

4.5 Перевірка умов міцності та висновки

Умова міцності має вигляд: $\sigma_{\max} \leq k_{\sigma} \sigma_T^H$

де $\sigma_{\max} = 228,29$ – максимальне згинаюче напруження, МПа;

σ_T^H – нормативна границя плинності матеріалу по нормальним напруженням, МПа:

$$\sigma_T^H = k_H \cdot R_{eH} = 0,97 \cdot 315 = 305,55 \text{ МПа;}$$

$$k_H = \frac{1}{1 + 0,16 \left(\frac{R_{eH}}{235} - 1 \right)^2} = \frac{1}{1 + 0,16 \left(\frac{315}{235} - 1 \right)^2} = 0,97;$$

$R_{eH} = 315$ – границя плинності, в МПа;

$k_{\sigma} = 1,0$ – коефіцієнт допустимих напружень, який приймається відповідно до Норм для пластин днища.

$$k_{\sigma} \sigma_T^H = 1 \cdot 305,5 = 305,5$$

$$\sigma_{\max} = 228,29 \leq k_{\sigma} \sigma_T^H = 305,5$$

Умова міцності виконується.

					24.ДРБ.135.4111.05.ПЗ	Арк.
						79
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Висновки

Згідно завданню виданим кафедрою теорії та проектування суден було виконано розрахунок основних елементів і характеристик балкеру. Виконано розрахунок елементів в першому наближенні; розрахунок водотоннажності; характеристики форми корпусу; головні розміри та потужність. Розраховано елементи початкової остійності та плавності хитавиці; визначена потужність головного двигуна та обрана марка головного двигуна з каталогу.

Створено тривимірну модель параметрично з судна прототипу, за допомогою програми Maxsurf Modeler Advanced було отримане теоретичне креслення. В системі AutoCAD побудовані теоретичне креслення та креслення загального розташування судна. Завдяки використанню інструментів програми Maxsurf Stability Advanced отримані гідростатичні криві та діаграма статичної остійності, виконано розрахунок місткості вантажних приміщень та цистерн, розрахунок координати центру мас та удиферентування балкеру.

Виконана перевірка вимог класифікаційного товариства (Регістру судноплавства України) до остійності судна. Побудовано діаграму статичної остійності судна.

Розраховано набір корпусу, розраховано навантаження, перевірена загальна міцність корпусу. За результатами розрахунку побудовано креслення конструктивного мідель-шпангоута.

Перевірено міцність пластини днища корпусу судна.

Отже спроектоване судно, повністю відповідає поставленому завданню та вимогам Регістра Судноплавства України.

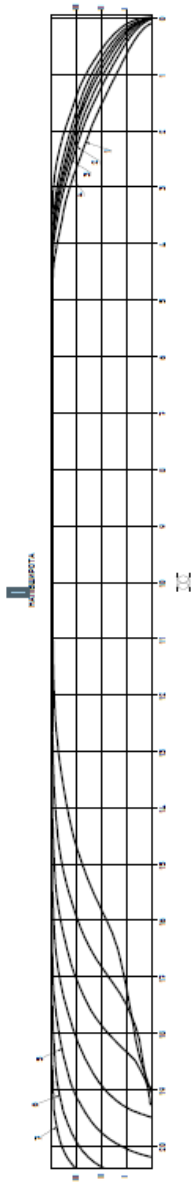
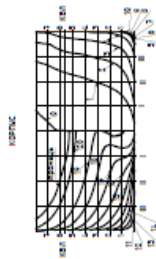
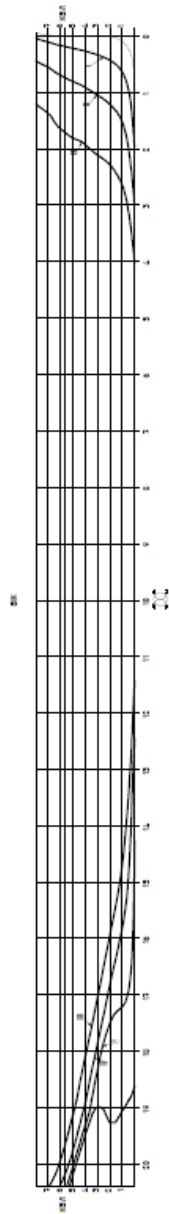
					24.ДРБ.135.4111.05.ПЗ	Арк.
						80
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Список літератури

1. Бондаренко О.В., Кротов О.І., Сорокін В.І. Методичні вказівки до практичних занять з дисципліни "Основи проектування суден". – Миколаїв: НУК, 2005. – 48 с.
2. Матвеев В.Г., Шарун Г.В. Проектування конструктивного мідель-шпангоута навалочних суден: Методичні вказівки. – Миколаїв: УДМТУ, 2003. – с.
3. 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.
4. Правила класифікації та побудови морських суден. Регістр судноплавства України. - К., 2017. - Т.1., Т.2., Т.3. - 362 с
5. Проектування морських транспортних суден: Навчальний посібник/ О.І. Кротов, В. І. Голіков, О.Ю. Єганов – Миколаїв: УДМТУ, 2003.-156.

					24.ДРБ.135.4111.05.ПЗ	Арк.
						81
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

24.ДРБ.135.4111.05.01

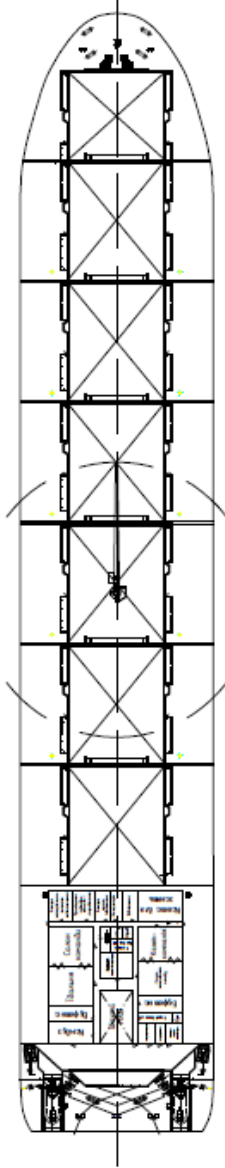
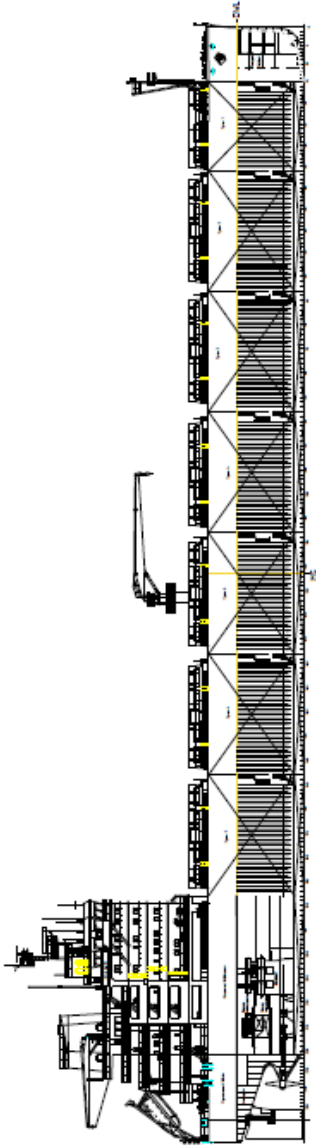


Додаток

Головні розміри судна:
Довжина найбільша, L_{oa} , м – 184,82
Довжина між перпендикулярами, L_{pp} , м – 180,7
Ширина, B , м – 32,3
Висота борту, D , м – 15,8
Осадка, d , м – 11,2
Водотоннажність об'ємна, m^3 – 49902
Водотоннажність вагова Δ , т – 5254,7
Абсциса центра величини, X_c , м – 4,21
Апліката центра величини, Z_c , м – 6,00
Коефіцієнт загальної повноти, C_b – 0,784
Коефіцієнт повноти площі ватерлінії, C_{wp} – 0,915
Коефіцієнт повноти площі мідел-шпангоута, C_m – 0,995
Початок координат знаходиться на носовому перпендикулярі.

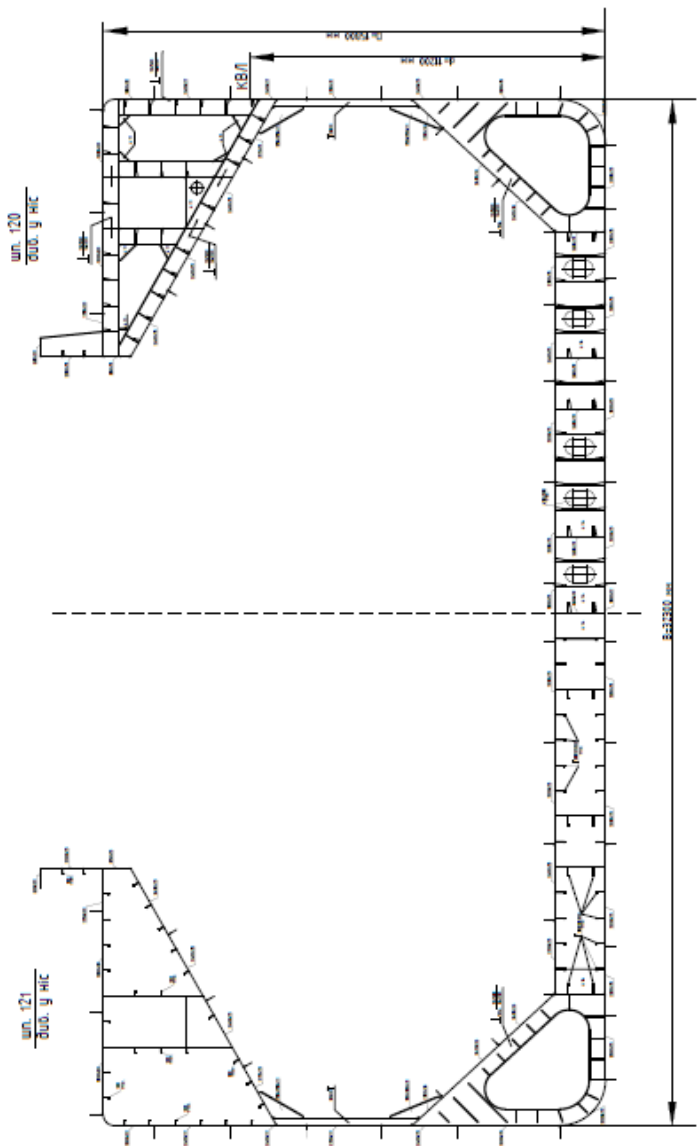
24.ДРБ.135.4111.05.01				
Теоретичне креслення				
Зм	Арк.	№ док.ум.	Підпис	Дата
Студент	Вініченко	М.С.		
Консультант	Астахова	А.О.		
Керівник	Астахова	А.О.		
Зав. кафедр	Некрасов	В.О.		
Балкер $P=37250$ т			НУК	
			Аркуш 1	Аркушів 5
			Літера	Масштаб
				1:1000

24.ДРБ.135.4111.05.04



№	Наименование	Единица измерения	Количество	Значение
1	Длина судна	м	1	111,27
2	Ширина судна	м	1	16,10
3	Глубина судна	м	1	5,3
4	Объем судна	м³	1	95,3
5	Объем груза	м³	1	11,2
6	Объем груза	м³	1	11,2
7	Объем груза	м³	1	11,2
8	Объем груза	м³	1	11,2
9	Объем груза	м³	1	11,2
10	Объем груза	м³	1	11,2
11	Объем груза	м³	1	11,2
12	Объем груза	м³	1	11,2
13	Объем груза	м³	1	11,2
14	Объем груза	м³	1	11,2
15	Объем груза	м³	1	11,2
16	Объем груза	м³	1	11,2
17	Объем груза	м³	1	11,2
18	Объем груза	м³	1	11,2
19	Объем груза	м³	1	11,2
20	Объем груза	м³	1	11,2
21	Объем груза	м³	1	11,2
22	Объем груза	м³	1	11,2
23	Объем груза	м³	1	11,2
24	Объем груза	м³	1	11,2
25	Объем груза	м³	1	11,2
26	Объем груза	м³	1	11,2
27	Объем груза	м³	1	11,2
28	Объем груза	м³	1	11,2
29	Объем груза	м³	1	11,2
30	Объем груза	м³	1	11,2
31	Объем груза	м³	1	11,2
32	Объем груза	м³	1	11,2
33	Объем груза	м³	1	11,2
34	Объем груза	м³	1	11,2
35	Объем груза	м³	1	11,2
36	Объем груза	м³	1	11,2
37	Объем груза	м³	1	11,2
38	Объем груза	м³	1	11,2
39	Объем груза	м³	1	11,2
40	Объем груза	м³	1	11,2
41	Объем груза	м³	1	11,2
42	Объем груза	м³	1	11,2
43	Объем груза	м³	1	11,2
44	Объем груза	м³	1	11,2
45	Объем груза	м³	1	11,2
46	Объем груза	м³	1	11,2
47	Объем груза	м³	1	11,2
48	Объем груза	м³	1	11,2
49	Объем груза	м³	1	11,2
50	Объем груза	м³	1	11,2
51	Объем груза	м³	1	11,2
52	Объем груза	м³	1	11,2
53	Объем груза	м³	1	11,2
54	Объем груза	м³	1	11,2
55	Объем груза	м³	1	11,2
56	Объем груза	м³	1	11,2
57	Объем груза	м³	1	11,2
58	Объем груза	м³	1	11,2
59	Объем груза	м³	1	11,2
60	Объем груза	м³	1	11,2
61	Объем груза	м³	1	11,2
62	Объем груза	м³	1	11,2
63	Объем груза	м³	1	11,2
64	Объем груза	м³	1	11,2
65	Объем груза	м³	1	11,2
66	Объем груза	м³	1	11,2
67	Объем груза	м³	1	11,2
68	Объем груза	м³	1	11,2
69	Объем груза	м³	1	11,2
70	Объем груза	м³	1	11,2
71	Объем груза	м³	1	11,2
72	Объем груза	м³	1	11,2
73	Объем груза	м³	1	11,2
74	Объем груза	м³	1	11,2
75	Объем груза	м³	1	11,2
76	Объем груза	м³	1	11,2
77	Объем груза	м³	1	11,2
78	Объем груза	м³	1	11,2
79	Объем груза	м³	1	11,2
80	Объем груза	м³	1	11,2
81	Объем груза	м³	1	11,2
82	Объем груза	м³	1	11,2
83	Объем груза	м³	1	11,2
84	Объем груза	м³	1	11,2
85	Объем груза	м³	1	11,2
86	Объем груза	м³	1	11,2
87	Объем груза	м³	1	11,2
88	Объем груза	м³	1	11,2
89	Объем груза	м³	1	11,2
90	Объем груза	м³	1	11,2
91	Объем груза	м³	1	11,2
92	Объем груза	м³	1	11,2
93	Объем груза	м³	1	11,2
94	Объем груза	м³	1	11,2
95	Объем груза	м³	1	11,2
96	Объем груза	м³	1	11,2
97	Объем груза	м³	1	11,2
98	Объем груза	м³	1	11,2
99	Объем груза	м³	1	11,2
100	Объем груза	м³	1	11,2

										24.ДРБ.135.4111.05.04																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								</

24.ДРБ.135.4111.05.05	
	
24.ДРБ.135.4111.05.05	
Конструктивний мідель-шпангоут	
Балкер Р=37250 т	
НУК	
Літера Маса Масштаб	
1:200	
Аркш 5 Аркшів 5	
Зм Арк. №докум. Підпис Дата	
Студент Вінченко М.С.	
Консультант Шарін Г.В.	
Керівник Астахова А.О.	
Заб. кафедри Некрасов В.О.	