

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

Кафедра Суднобудування та ремонту суден

«Допущений до захисту»
Завідувач кафедри



О.В. Щедролосєв

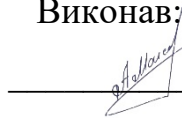
«06» червня 2025 р.

Кваліфікаційна робота

на здобуття ступеня вищої освіти «бакалавр»

на тему: Проект багатоцільового самохідного кранового судна

Виконав: студент 4111 групи

 Моїсеєнко А.С.
(підпис)

Керівник роботи:

К.Н., доцент

(посада, науковий ступень, вчене звання)



Коновалова Г.В.

(підпис)

Херсон – 2025 р.

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХЕРСОНСЬКИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ
НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ КОРАБЛЕБУДУВАННЯ
ІМЕНІ АДМІРАЛА МАКАРОВА**

Кафедра Суднобудування та ремонту суден

Спеціальність 135 «Суднобудування»

Освітня програма «Суднокорпусобудування»

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Гарант освітньої програми



Щедролосєв О.В.

«12» березня 2025 року

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

Моїсєєнко Анатолій Сергійович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Проект багатоцільового несамохідного кранового судна

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

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

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

2. Строк подання студентом роботи 06.06.2025 року

3. Вихідні дані до роботи:

3.1. Вантажопідйомність (вантажомісткість) 800 т

3.2. Вид вантажу (питома завантажувальна кубатура) Будівельні матеріали $\mu=0.7$ т/м³

3.3. Швидкість експлуатаційна 8,0 вузлів

3.4. Клас судна за Правилами РСУ для морських суден: KE ⚡-2.1 R3-RSN crane-vessel

3.5. Дальність та район плавання обмежаний R3-RSN

3.6. Додаткові вимоги Забезпечити осадку судна не більше 2,90 м

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

4.1. Визначення водотоннажності та головних розмірювань судна.

4.2. Розробка теоретичного креслення.

4.3. Набір корпусу за Правилами Регістру.

4.4. Розрахунок якірно-швартовного пристрою

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

5.1. Теоретичне креслення.

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

5.3. Конструктивний мідель-шпангоут судна.

5.4. Креслення якірно-швартовного пристрою.

5.5. Демонстраційна таблиця.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата			
		завдання видав		завдання прийняв	
проектування судна	старший викладач Соценко В.В.		12.03. 2025		12.03. 2025
побудова теоретичного креслення	старший викладач Соценко В.В.				
конструкція корпусу	доцент Кузнєцов А.І.				
суднові пристрої та системи	доцент Кузнєцов А.І.				

7. Дата видачі завдання 12.03.2025 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Номер	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1.	Визначення основних елементів і характеристик судна-проекту.	14.03.2025	
2.	Побудова теоретичного креслення.	28.03.2025	
3.	Набір корпусу за Правилами класифікаційного товариства. Конструктивний мідель-шпангоут.	11.04.2025	
4.	Розрахунок якірно-швартовного пристрою. Схема якірно-швартовного пристрою.	16.05.2025	
5.	Оформлення пояснювальної записки та завершення оформлення кваліфікаційної роботи й презентацій.	06.06.2025	

Студент



А.С. Моїсєнко

Керівник



Г.В. Коновалова

ЗМІСТ

Анотація	5
Вступ.....	7
1. Визначення водотоннажності та головних розмірів.....	9
2. Розробка теоретичного креслення.....	13
3. Проектування конструктивного мідель-шпангоута	18
4. Розробка якірно-швартовного пристрою.....	32
Висновки	38
Список використаної літератури.....	39

АНОТАЦІЯ

Згідно з завданням на дипломну роботу бакалавра, виданого кафедрою суднобудування та ремонту суден Херсонського науково-навчального інституту НУК, було спроектовано багатоцільове несамохідне кранове судно.

У частині проекту було виконано наступне:

- визначено водотоннажність судна та основні розміри: довжина між перпендикулярами $L = 44,15$ м; ширина $B = 10,00$ м; висота борту $D = 4,00$ м; осадка на середині $d = 2,85$ м;
- створено теоретичний кресли корпусу судна;
- спроектовано конструктивний межшпигуючий стрингер судна у відповідності до Правил Регістру судноплавства України;
- розроблено якірно-швартовний пристрій.

Для проведення розрахунків і створення графічної частини дипломної роботи я скористався спеціалізованими комп'ютерними програмами (САПР): «FreeShip+», AutoCAD 2022.

Дипломна робота бакалавра на тему проєкт багатоцільового несамохідного кранового судна задовольняє всім вимогам завдання на дипломне проектування, Правил Регістру Судноплавства України та іншим нормативним документам.

Ключові слова: кранове обладнання, несамохідне судно, суднобудування, якірно-швартовний пристрій.

ANNOTATION

According to the assignment for the bachelor's thesis issued by the Department of Shipbuilding and Ship Repair of the Kherson Research and Educational Institute of NUK, a multipurpose non-self-propelled crane vessel was designed.

As part of the project, the following was accomplished

- the displacement of the vessel and its main dimensions were determined: length between perpendiculars $L = 44.15$ m; width $B = 10.00$ m; beam height $D = 4.00$ m; draft in the middle $d = 2.85$ m
- a theoretical drawing of the ship's hull was created;
- design of the vessel's structural interstitial stringer in accordance with the Ukrainian Shipping Register;
- an anchoring and mooring device was developed.

To perform calculations and create the graphic part of the thesis, I used specialized computer programs (CAD): «FreeShip+», AutoCAD 2022.

The bachelor's thesis on the project of a multipurpose non-self-propelled crane vessel meets all the requirements of the diploma design assignment, the Rules of the Shipping Register of Ukraine and other regulatory documents.

Keywords: crane equipment, non-self-propelled vessel, shipbuilding, anchor and mooring device.

ВСТУП

Найбільш розповсюдженими в наш час плавучими засобами проведення гідротехнічних робіт, побудови та ремонту берегових і стаціонарних морських споруд є кранові судна. Номенклатура кранових суден досить велика. Роботи, які можуть виконувати багатоцільові крани нараховують десятки тисяч операцій. В той же час країнах Східної Європи середній вік кранових суден та плавучих кранів з металевими корпусами досяг в середньому 89% строку експлуатації. В Україні станом на 2022 рік плавучих кранів, які не вичерпали свій строк служби не існує. Через це вони не експлуатуються взагалі, або виконують допоміжні роботи в акваторіях портів та підприємств з обмеженням по висоті хвилі, швидкості та силі вітру. Таким чином проектування та побудова кранових суден є досить актуальною задачею для України, особливо для регіонів, які мають вихід до морів .

При визначенні головних розмінювань кранового судна були досліджені основні райони Південного регіону України, де існують необхідності виконання гідротехнічних робіт та будівництва берегових та стаціонарних споруд на воді.

У якості прототипу прийнято плавучий кран «Чорноморець» та краново-коперне судно «Viking».

Спроектоване судно є несамохідним однопалубним обмежаного району плавання з кормовим розташуванням машинно-котельного відділення та надбудови, з баржеподібними обводами. Вантажопідйомність крана складає 110 т. Судно оснащено дизель-молотом – копром. Передбачено можливість працювати ковшом та спеціальним пристроєм для підняття підводних кабелів та буїв. Насосне відділення оснащено бетононасосом SANY HBT60.

Теоретичне креслення згенеровано у програмному комплексі Freeship+. При цьому також отримані параметри плавучості та початкової остійності.

Обводи судна у порівнянні з прототипом спрощені, але ходнові якості при цьому покращилися.

Система набору корпусу – змішана. Форпик та ахтерпик набрано по поперечній системі набору, днище, друге дно, подвійні борта та повздовжня перебірка – по повздовжній. Усі деталі корпусу судна виготовлені із листової низьколегованої сталі товщиною 8 мм, що підвищує його рівень технологічності і робить його більш конкурентно-спроможним у порівнянні з прототипами.

Під час проектування за вимогами Регістру розроблено якірний та швартовно-буксирний пристрій.

Взагалі судно повністю відповідає завданню та вимогам Правил Регістра судноплавства України.

1 ВИЗНАЧЕННЯ ВОДОТОННАЖНОСТІ ТА ГОЛОВНИХ РОЗМІРІВ

Основні дані судна прототипу

У якості судна-прототипа прийнято близьке за вантажопідйомністю несамохідне кранове судно «Чорноморець» (Рисунок 1.1) з характеристиками, які наведено у таблиці 1.1.

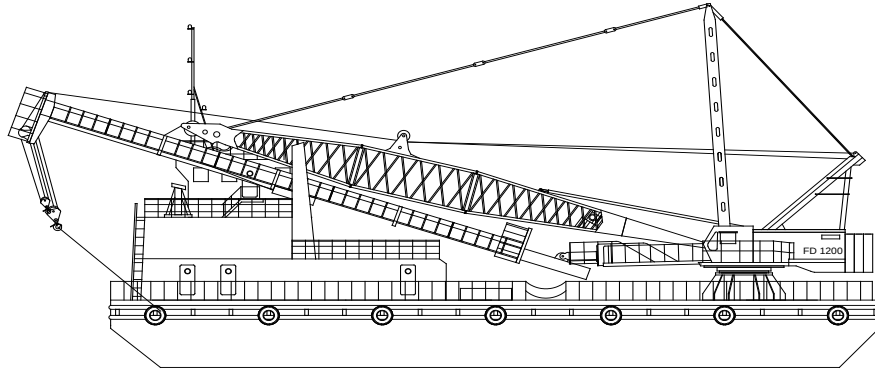


Рисунок 1.1 – Кранове судно «Чорноморець»

Таблиця 1.1 – Основні характеристики кранового судна «Чорноморець»

Показник	Одиниці вимірювання	Кількість
Довжина	м	41,00
Ширина	м	17,00
Висота борту	м	3,50
Осадка порожнем	м	1,41
Водотоннажність	тн	921,79
Якоря, «Холла»	шт · кг	4 x 1250
Буксирне забезпечення:		
при роботі у порту	к.с.	750
при роботі поза портом	к.с.	1200
Максимальна вантажопідйомність крана	т	45
Кількість дизельмолотів	шт	2

Визначення водотоннажності судна

Водотоннажність у нульовому наближенні визначено за залежністю:

$$\Delta_0 = m_1 \cdot m_2 \cdot Q$$

де: $m_1 = 1,19$ – при кількості екіпажу $n = 4$ чол.;

$m_2 = 1,02$ – для несамохідних кранових суден [1](стор. 20);

$Q = 800$ т – вантажопідйомність судна.

$$\Delta_0 = 1,19 \cdot 1,02 \cdot 800 = 970 \text{ т}$$

Враховуючи точність розрахунків на даному етапі проектування водотоннажність прийнято $\Delta_0 = \Delta = 970$ тон без подальших змін.

1.2 Розрахунок головних розмірювань судна.

Розрахунок довжини судна між перпендикулярами виконано за залежністю:

$$L = l \cdot \Delta^{(1/3)}$$

де: $l = k \left[\left(\frac{v}{2+v} \right) \right]^2$

$v = 8$ вузлів – швидкість буксирування;

$k = 7,34$ – для кранових суден [1];

$$l = 7,32 \left[\left(\frac{8}{2+8} \right) \right]^2 = 4,7$$

$$L = 4,7 \cdot 970^{(1/3)} = 47,15 \text{ м}$$

Ширину корпусу кранового судна знайдено, як [2]:

$$B = L / 16,5 + k = 47,15 / 16,5 + 7,34 = 10,0 \text{ м}$$

Оптимальна осадка судна d знайдена з рівняння [2]:

$$B \cdot d = k_L \frac{\Delta}{(L \cdot C_B)}$$

де:

$C_B = 0,710$ – коефіцієнт повноти водотонножності; прийнято у залежності від довжини судна та швидкості ходу

$k_L = 0,98$ – для кранових несамохідних суден.

$$B \cdot d = 0,98 \cdot 970 / (47,15 \cdot 0,710) = 28,5$$

Таким чином осадка судна складатиме $d = (B \cdot d) / B = 28,5 / 10,0 = 2,85$ м.

Осадка 2,85 м відповідає вимогам завдання, тому залишається у подальших розрахунках без змін.

Висота борту розрахована за залежністю:

$$D = d(p_1 + \sqrt{(\mu/q_1)} - r_1)$$

де: p_1, q_1, r_1 - коефіцієнти, які обрано у залежності від водотоннажності.

При $\Delta = 970$ т :

$$p_1 = 1,34$$

$$q_1 = 19,8$$

$$r_1 = 0,06$$

$\mu = 0,7$ м³/т – питома завантажувальна кубатура (згідно завдання).

$$D = 2,85(1,34 + \sqrt{(0,7/19,8) - 0,06}) = 4,0 \text{ м}$$

Коефіцієнти повноти міделя та повноти вантажної ватерлінії прийнято за прототипом з метою забезпечення максимальної точності розрахунків координат теоретичного креслення шляхом афінного перетворення теоретичного креслення судна – прототипа.

Таким чином прийнято $C_m = 0,930$; $C_W = 0,880$.

1.3 Перевірка правильності розрахунку головних розмірювань виконана шляхом розрахунку рівняння плавучості:

$$\Delta = L \cdot B \cdot d \cdot C_B \cdot k_{BC} = 44,15 \cdot 10,0 \cdot 2,85 \cdot 0,710 \cdot 1,15 = 970 \text{ т}$$

Таким чином головні розмірення можна вважати остаточними і прийняти їх, як вихідні дані для подальших розрахунків.

1.4 Перевірка забезпечення остійності кранового судна виконане за методикою В.С. Ігнатовича.

Вагове навантаження судна повинне із похибкою не більше 5% відповідати рівнянню:

$$\Delta = 0,0035Q^2 + 2,5Q + 1000 = 0,0035 \cdot [800]^2 + 2,5 \cdot 800 + 1000 = 972 \text{ т} \approx 970$$

т, що забезпечує вимогу.

Відношення B/d повинне бути не менше 2,8.

Для даного проекту $B/d = 10,0 / 2,85 = 3,5 > 2,8$ що задовільняє вимозі, вказаній у завданні.

Вимоги, які описано у пункті 1.4 погоджено з Правилами Регістру стосовно кранових суден тому можна вважати, що головні розмірення, які отримано в данному розрахунку відповідають вимогам РМРС.

1.5 Розташування поперечних водонепроникних перебірок.

Розрахунок шпациї судна виконано за залежністю:

$$a_0 = 0,002L + 0,48 = 0,002 \cdot 44,15 + 0,48 = 0,51 \text{ м}$$

Згідно з ОСТ 5.1099-78 та рекомендаціями Правил Регістру шпация по всій довжині судна прийнята 500 мм.

Розстановка поперечних перебірок виконана шляхом перерахування довжини відсіків з судна-прототипа помноженням на коефіцієнт $\gamma(L_{\text{ПП}})/L_{\text{ПП}}$ за умов кратності відсіків прийнятій шпациї. Результатти розставлення поперечних перебірок показано на рисунку 1.2.

Остаточні головні розмірення судна, що проектується, прийнято:

Довжина між перпендикулярами, м.....44,15;

Ширина на міделі, м.....10,00;

Висота борту, м.....4,00;

Осадка по КВЛ, м.....2,85;

Коефіцієнт загальної повноти.....0,710;

Коефіцієнт повноти міделя.....0,930;

Коефіцієнт повноти КВЛ.....0,880.

[illegible]

2.2. Розрахунок кривих елементів теоретичного креслення проводиться за програмою FreeShip+. Вихідними даними є: головні розміри судна L , B , D , d , коефіцієнт загальної повноти C_v , коефіцієнт повноти мідель-шпангоута C_m , довжина бака, ахтерпіка, машинного відділення.

Значення елементів плавучості та початкової остійності виводяться на друк у вигляді таблиці (таблиця 2.1).

Результати розрахунку будуть використані у подальших розділах для визначення параметрів остійності на великих кутах крену та навантажень на корпусні конструкції.

Обводи штевнів побудовано шляхом перерахунку координат судна-прототипа у ДП в графічному редакторі NavalCAD. Результати представлено на рисунку 2.1.

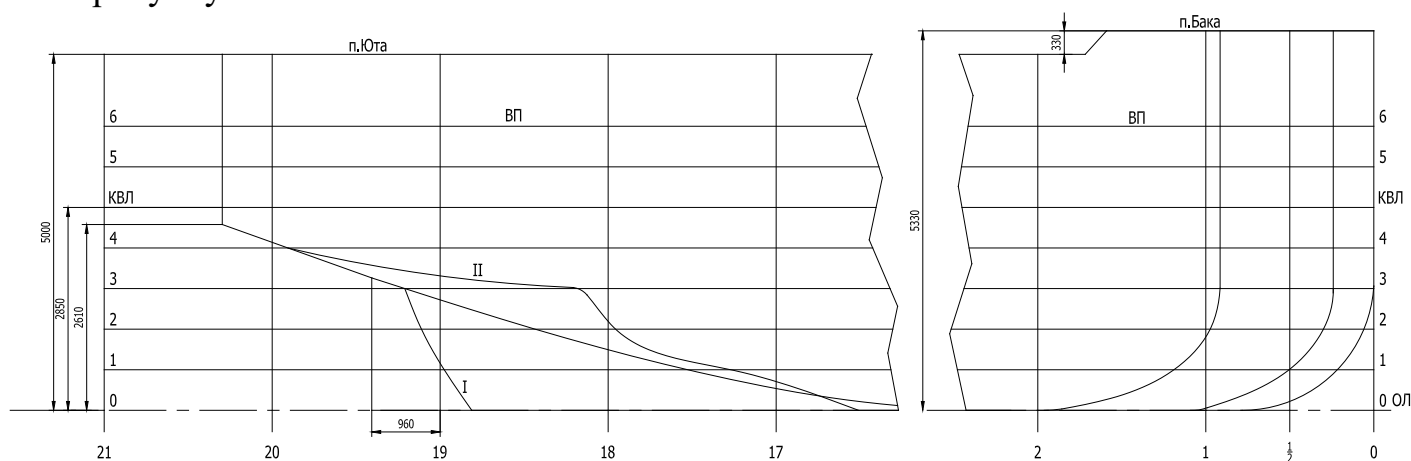


Рисунок 2.1 – Обводи штевнів

Таблиця 2.1 - Розрахунок кривих елементів теоретичного креслення

Результаты гидростатики																			
Проект		:																	
Проектант		:																	
Создан		:																	
Комментарий		:																	
the middle.		:																	
Имя файла		:	D:\Install\Freeship+\Ships\new\BrierCreekBoat2.fbm																
Длина между перпенд.		:	47.073 м																
Длина максимальная		:	47.073 м																
Ширина на миделе		:	10.000 м																
Ширина максимальная		:	10.000 м																
Draft		Trim	Lwl	Bwl	Volume	Displ.	LCB	VCB	Cb	Am	Cm	Aw	Cw	LCF	Cp	S	KM _t	KMI	
м	м	м	м	м	м³	тонн	м	м	[-]	м²	[-]	м²	[-]	м	[-]	м²	м	м	
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
0.500	0.000	27.375	8.398	74.826	75.485	19.779	0.297	0.6509	4.156	0.9897	0.9442	217.07	0.9442	19.437	0.6577	233.11	15.689	173.33	
1.000	0.000	37.297	8.559	203.11	204.90	19.497	0.590	0.6362	8.395	0.9807	0.8985	286.84	0.8985	19.519	0.6487	331.72	7.862	149.38	
1.500	0.000	40.684	8.721	354.33	357.45	19.826	0.874	0.6658	12.714	0.9719	0.8935	317.00	0.8935	20.920	0.6850	397.57	5.594	112.06	
2.000	0.000	43.600	8.882	519.43	524.00	20.359	1.153	0.6707	17.114	0.9634	0.8858	343.04	0.8858	22.041	0.6962	462.03	4.712	94.544	
2.500	0.000	45.312	9.043	696.38	702.51	20.894	1.432	0.6798	21.594	0.9552	0.8807	360.89	0.8807	22.635	0.7117	521.43	4.301	80.149	
3.000	0.000	45.581	9.204	879.04	886.78	21.258	1.706	0.6984	26.155	0.9472	0.8814	369.79	0.8814	22.662	0.7373	573.63	4.121	66.419	
3.500	0.000	45.851	9.365	1066.2	1075.5	21.507	1.978	0.7094	30.796	0.9395	0.8821	378.77	0.8821	22.690	0.7551	626.23	4.090	57.322	
4.000	0.000	46.120	9.527	1257.8	1268.9	21.890	2.248	0.7157	35.518	0.9321	0.8827	387.83	0.8827	22.718	0.7678	679.24	4.147	50.888	

2.3 Розрахунок періодів власних коливань.

Розрахунок проводиться для судна в повнім вантажу зі 100% запасів. Період власних коливань судна при бортовій хитавиці визначається за формулою:

$$\tau = 0,58 \cdot B \cdot \sqrt[3]{\left[1 + 4 \cdot \left(Z_g^2 / D^2\right) / \sqrt{h_0}\right]};$$

де $B = 10$ м - ширина судна;

$D = 4,00$ м - висота борту;

$Z_g = 3,4$ м - апліката центру тяжіння судна, м; (прийнято за прототипом)

Z_c - апліката центру величини судна, м; $Z_c = 3,52$ м (за кривими елементів теоретичного креслення);

h_0 - поперечна метацентрична висота, м;

$$h_0 = r + Z_c - Z_g, \text{ м}$$

де r - поперечний метацентричний радіус, м; $r = 2,80$ м (за кривими елементів теоретичного креслення);

$$h_0 = 2,8 + 3,52 - 3,4 = 2,92$$

$$\tau = 0,58 \cdot 10 \cdot \sqrt[3]{\left[1 + 4 \cdot \left(3,4^2 / 4,00^2\right) / \sqrt{2,92}\right]} = 18,1 \text{ с.}$$

Період власних коливань при кильовій хитавиці визначається за формулою:

$$\tau_\phi = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{1}{g} \cdot \frac{C_B}{C_W} \cdot d \cdot \left(1 + \frac{B}{(3 - 2 \cdot C_W) \cdot (3 - C_W) \cdot d}\right)},$$

де $C_B = 0,785$ – коефіцієнт загальної повноти;

$C_W = 0,879$ – коефіцієнт повноти ВВЛ;

$D = 2,85$ м – осадка судна;

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

$$\tau_\phi = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{1}{g} \cdot \frac{0,785}{0,879} \cdot d \cdot \left(1 + \frac{10,00}{(3 - 2 \cdot 0,879) \cdot (3 - 0,897) \cdot 2,85}\right)} = 6,52 \text{ с.}$$

Період власних коливань при вертикальній хитавиці визначається за формулою:

$$\tau_{\psi} = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{1}{g} \cdot \frac{C_B}{C_w} \cdot d \cdot \left(1 + \frac{0,85 \cdot C_w \cdot B}{(3 - 2 \cdot C_w) \cdot (3 - C_w) \cdot d} \right)},$$
$$\tau_{\psi} = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{1}{g} \cdot \frac{0,785}{0,879} \cdot d \cdot \left(1 + \frac{0,85 \cdot 0,879 \cdot 10,00}{(3 - 2 \cdot 0,879) \cdot (3 - 0,879) \cdot 2,85} \right)} = 2,86 \text{с.}$$

Параметри власних коливань судна задовольняють вимогам Правил Регістру і прийняті остаточно без змін.

3 НАБІР КОРПУСУ ЗА ПРАВИЛАМИ РЕГІСТРУ

3.1 Перевірка відповідності головних розмірювань судна вимогам Регістру Судноплавства України.

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

$$\frac{L}{d} \leq 23; \frac{\hat{A}}{d} \leq 4,5$$

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

$$\frac{L}{d} = \frac{44,15}{10,0} = 4,41 \leq 23; \frac{\hat{A}}{d} = \frac{10,00}{2,85} = 3,51 \leq 4,5$$

Умова відповідності Регістру виконується.

3.2 Вибір шпациї.

Шпация судна розрахована у розділі I (пункт 1.2) і приймається без змін (згідно ОСТ 5.1099-78), тобто 500 мм.

3.3 Розрахунок висоти подвійного дна

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

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

прийнято $h_{BK} = 1,10 \text{ м}$;

3.3 Вибір системи набору.

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

3.4. Матеріали.

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

товщин у якості матеріалу для верхньої палуби та днища прийнято сталь категорії А36, для перекрить подвійного дна та борту – сталь категорії А. Фізичні та технологічні властивості конструкційних матеріалів корпусу наведено у таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Фізичні та технологічні властивості сталей.

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

3.5 Розрахункові навантаження.

3.5.1 Зовнішні навантаження на корпус судна

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

$$P_{st} = 10z_i, \text{ кПа},$$

для точок прикладання навантажень вище ВВЛ:

$$P = P_w, \text{ кПа}.$$

Хвильовий тиск:

для точок прикладання навантажень нижче ВВЛ:

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

для точок прикладання навантажень вище ВВЛ:

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

де $d = 6,06$ м – осадка судна по ВВЛ;

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

$$P_{w0} = 11,7C_w a_v a_x,$$

C_w – хвильовий коефіцієнт, що визначається за формулою:

$$C_w = 0,0856L \text{ при } L < 90 \text{ м}; \quad C_w = 0,0865 \cdot 44,15 = 3,81;$$

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

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

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

$a_x = 0$ для мідель-шпангоута.

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

Хвильовий тиск на рівні ВВЛ складатиме:

$$P_{w0} = 11,7 \cdot 3,81 \cdot 0,6 = 26,8 \text{ кПа.}$$

Для бортової обшивки на рівні верхньої палуби:

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

Для обшивки на рівні основної площини:

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

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

Сумуючи статичну та динамічну складові навантаження вздовж ватерлінії на надводного борту отримано епюру зовнішніх навантажень (Рисунок 3.1).

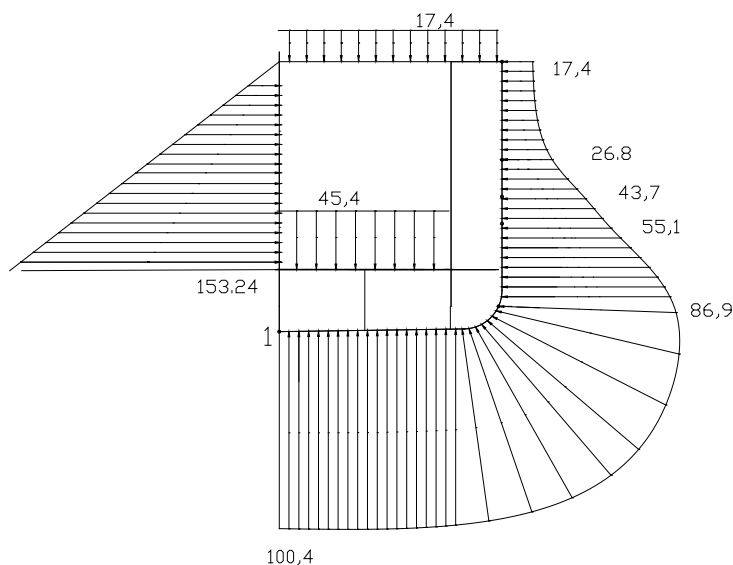


Рисунок 3.1 – Зовнішні навантаження.

3.6 Загальні вимоги до проектування елементів корпусних конструкцій.

Товщина листів наружної обшивки розрахована як:

$$S = \max\{S; S_{\min}\} + \Delta S;$$

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

m - коефіцієнт моменту що згинає для конкретної конструкції;

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

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

P - розрахункове навантаження, кПа (за рисунком 3.1);

k_{σ} - коефіцієнт запасу;

$$\sigma_i = \frac{R_{EH}}{\eta} \text{ - за таблицею 3.1.}$$

$S_{\min}$ - мінімально допустимі товщини для конкретної конструкції згідно;

ΔS - запас на зношення та корозію у розрахунку на 24 роки згідно.

Момент опору для повздовжніх балок полосового профілю розраховано, як:

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

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

h - відстань ребра жорсткості від основи балки, см;

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

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

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

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

набору,

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

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

$W_{\min}$ - мінімально допустимий момент опору, визначається для кранових суден.

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

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

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

Результати розрахунків повздовжніх в'язей корпусу судна представлено у таблицях: 3.2-3.4.

Таблиця 3.2 – Розрахунок товщин наружної обшивки.

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

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

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

Таблиця 3.4 – Розрахунок товщин набору.

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

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

3.1 Розрахунок мінімально допустимих геометричних характеристик перетину мідель шпангоута за Правилами Регістру.

Розрахунок мінімально допустимого моменту опору та моменту інерції виконано за залежністю:

$$W_{min} = \frac{M_T}{\sigma} \cdot 10^3$$

де: $M_T = |M_{sw} + M_w|$;

$$M_{sw} = \pm 76 C_w B L^2 (C_b + 0,7) \cdot 10^{-3} = \pm 76 \cdot 3,81 \cdot 10,00 \cdot 47,15^2 (0,785 + 0,7) \cdot 10^{-3} = \pm 7881 \text{ кН}\cdot\text{м};$$

Хвильовий згинаючий момент, що викликає перегин корпусу судна, визначається за формулою:

$$M_w^1 = 190 C_w B L^2 C_b \cdot 10^{-3} \text{ кН}\cdot\text{м}.$$

Хвильовий згинаючий момент, що викликає прогин корпусу судна, знаходиться за формулою:

$$M_w^2 = -110 C_w B L^2 (C_b + 0,7) \cdot 10^{-3} \text{ кН}\cdot\text{м},$$

$$M_w^1 = 190 \cdot 3,81 \cdot 10,00 \cdot 47,15 \cdot 0,785 \cdot 10^{-3} = 757 \cdot 10^3 \text{ кН}\cdot\text{м} \quad (\text{для перегину});$$

$$M_w^2 = -110 \cdot 3,81 \cdot 10,00 \cdot 47,15 (0,785 + 0,7) \cdot 10^{-3} = -824 \cdot 10^3 \text{ кН}\cdot\text{м} \quad (\text{для прогину}).$$

$\sigma = 175/\eta$ – допустимі напруження, МПа;

η – коефіцієнт

для розрахунку верхньої палуби та днища $\eta = 0,72$;

$$\sigma = 175/0,78 = 243 \text{ МПа};$$

В усіх випадках момент опору площі поперечного перерізу корпусу в середній частині судна (для палуби й днища) повинний бути не менший за:

$$W_{min} = C_w B L^2 (C_b + 0,7) \cdot \eta \text{ см}^3;$$

$$W_{min} = 3,81 \cdot 10,00 \cdot 47,15 (0,785 + 0,7) \cdot 0,78 = 5,85 \cdot 10^6 \text{ см}^3;$$

Сумарний згинаючий момент від статичного та динамічного впливу моря складатиме:

- при перегині корпусу

$$M_T = 570 \cdot 10^3 + 757 \cdot 10^3 = 1327 \cdot 10^3 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

$$W_d = (1327 \cdot 10^3 / 243) 10^3 = 5,85 \cdot 10^3 \text{ см}^6;$$

- при прогині корпусу

$$M_T = -570 \cdot 10^3 - 824 \cdot 10^3 = -1394 \cdot 10^3 \text{ кН} \cdot \text{м}$$

$$W_b = (1394 \cdot 10^3 / 243) 10^3 = 6,22 \cdot 10^6 \text{ см}^3;$$

Момент інерції площі поперечного перерізу корпусу в середній частині судна повинний бути не менш:

$$I_{min} = 3C_w B L^3 (C_b + 0,7) = 3 \cdot 3,81 \cdot 10,00 \cdot 47,15^3 (0,785 + 0,7) = 0,4 \cdot 10^9 \text{ см}^4.$$

3.2 Розрахунок геометричних характеристик еквівалентного бруса.

До складу розрахункового перерізу еквівалентного бруса входять усі поздовжні в'язі корпусу, що беруть участь у загальному поздовжньому згині (Рисунок 4.1). Розрахунок геометричних характеристик еквівалентного бруса виконується в таблиці 4.1.

Вісь порівняння прийнято на зовнішній кромці обшивки днища.

Таблиця 4.1 – Розрахунок геометричних характеристик еквівалентного бруса

Найменування в'язів еквівалентного бруса	Розміри в'язів, мм	Площа поперечного перерізу в'язів $F, \text{см}^2$	Відстань центру тяжіння перерізу в'язі від осі порівняння $z, \text{м}$	Статичний момент Fz площі перерізу в'язів відносно осі порівняння, $\text{см}^2 \cdot \text{м}$	Момент інерції площі перерізу в'язів відносно осі порівняння $Fz^2, \text{см}^2 \cdot \text{м}^2$	Власний момент інерції площі перерізу в'язі, $\text{см}^2 \cdot \text{м}^2$
1. Лист настилу верхньої палуби	8 x 10000	800	5	4000	20000	-
2. Поздовжні балки палуби	8 x (8x150)	96	4,9	470	2304	1,8
3. Ширстрек	10 x 400	40	4,8	192	921	5,5
4. Пояс зовнішньої обшивки	8x3500	480	2,3	1104	2539	2850
5. Скуловий пояс	8 x 2300	184	1,1	202	222	887
6. Пояс днища	8 x 4500	450	0,4	180	72	338
7. Пояс другого борту	8 x 3900	448	2,3	1030	2370	3950

Найменування в'язів еквівалентного бруса	Розміри в'язів, мм	Площа поперечного перерізу в'язів $F, \text{см}^2$	Відстань центру тяжіння перерізу в'язі від осі порівняння $z, \text{м}$	Статичний момент Fz площі перерізу в'язів відносно осі порівняння, $\text{см}^2\text{м}$	Момент інерції площі перерізу в'язів відносно осі порівняння $Fz^2, \text{см}^2\text{м}^2$	Власний момент інерції площі перерізу в'язі, $\text{см}^2\text{м}^2$
8. Настил другого дна	8x4000	320	1,1	352	387	2740
9. Лист у другого борту в районі днища	8 x 1100	880	0,55	484	266	8,87
10. Вертикальний киль	8 x 1100	88	0,55	48,4	266	887
11. РЖ днища	9x(8x150)	108	0,07	7,56	0,52	1,8
12. РЖ другого дна	7x(8x150)	84	1,0	84	84	1,8
13. РЖ зовнішнього борту	8x(8x140)	89,6	2,3	206,08	473	-
14. РЖ внутрішнього борту	8x(8x140)	89,6	2,3	206,08	473,984	-
15. Повздовжня перебірка	8x3900	312	2,3	717,6	1650,48	2184
16. РЖ повздовжньої перебірки	7x(8x140)	78,4	2,3	180,32	414,736	-
Сумарне значення	-	$\Sigma_1=4547$	-	$\Sigma_2=9465$	$\Sigma_3=32447$	$\Sigma_4=13859$

4.3 Перевірка загальної повздовжньої міцності.

За результатами таблиці 4.1 отримано:

- 1) площа еквівалентного бруса

$$P_{e6} = 2\Sigma_1 = 2 \cdot 4547 = 9094 \text{ см}^2;$$

- 2) відстань нейтральної осі від осі порівняння

$$e = \Sigma_1 / \Sigma_2 = 13945 / 4547 = 3,07 \text{ м};$$

- 3) центральний момент інерції поперечного перерізу корпусу судна відносно нейтральної осі:

$$I = 2[(\Sigma_3 + \Sigma_4) - e^2 \Sigma_1] = 2[(99551 + 13859) - 3,07^2 \cdot 4547] = 141110 \text{ см}^2\text{м}^2 =$$

$$1,41 \cdot 10^9 \text{ см}^4 > 0,4 \cdot 10^9 \text{ см}^4;$$

4) фактичний момент опору поперечного перерізу корпусу:

для верхньої палуби

$$W_d^{\phi} = I / (D - e) = 1,41 \cdot 10^9 / (5 - 3,07) = 0,73 \cdot 10^8 \text{ см}^3 > W_d^H = 5,85 \cdot 10^6 \text{ см}^3;$$

для днища

$$W_b^{\phi} = I / e = 1,414 \cdot 10^9 / 3,07 = 0,45 \cdot 10^9 \text{ см}^3 > W_b^{TP} = 6,22 \cdot 10^6 \text{ см}^3.$$

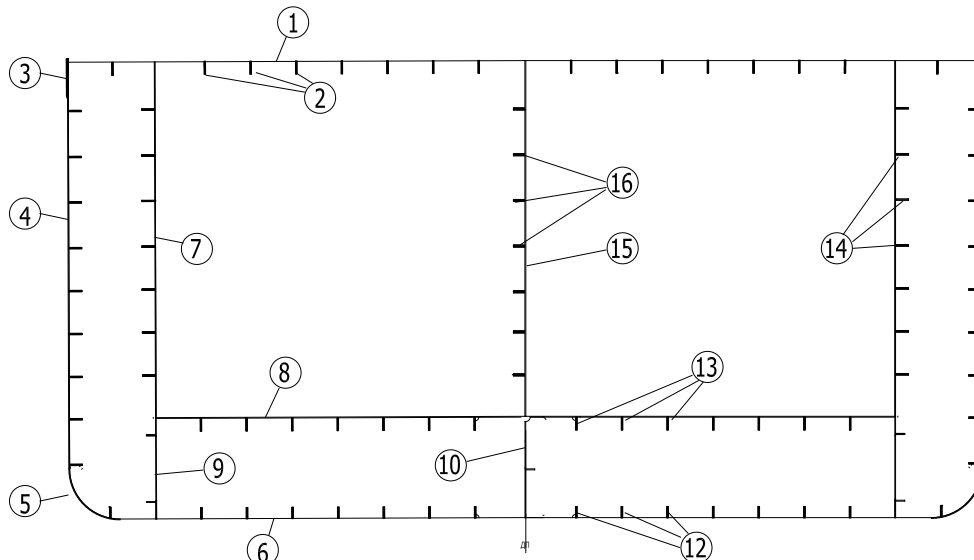


Рисунок 4.2 – В'язі, які входять до еквівалентного бруса.

4.4 Перевірка стійкості палубного перекриття.

Розрахункова схема перекриття показана на рисунку 4.3.

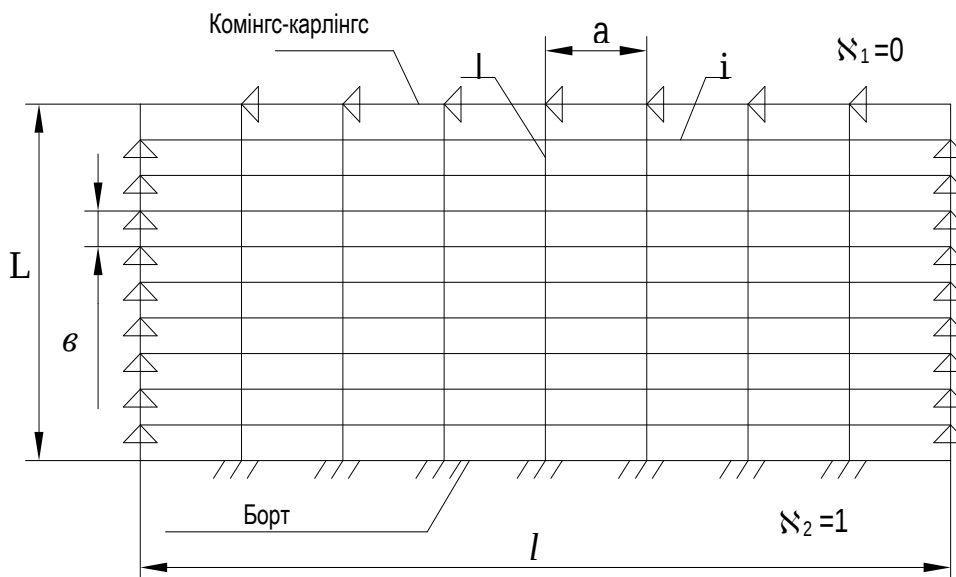
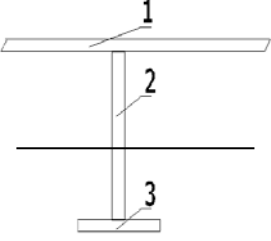


Рисунок 4.3 – Розрахункова схема палубного перекриття.

Момент інерції палубного рамного бiмса розраховано у таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 – Розрахунок момент інерції рамного бiмса.

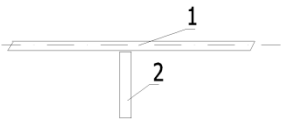
Найменування в'язів	Розмір в'язів		Площа см ²	Відстань від о.п. см	Статич. момент см ³	Момент інерції	
	Висота см	Ширина см				власний см ⁴	перенос. см ⁴
							
1. Настил	0,8	50	40	15	750	2,12	11250
2. Стінка	0,8	12	10	0	0	20486	0
3. Полка	30	0,8	24	15	-360	125	5400
Сума	У ₁ =84		У ₂ =390		У ₃ =16650		

Відстань нейтральної осі від осі порівняння $e = Y_2 / Y_1 = 390/84 = 5,0$ см.

Головний центральний момент інерції $I = 2(Y_3 - Y_1 \cdot e^2) = 2(16650 - 84 \cdot 5^2) = 2910$ см⁴.

Розрахунок моменту інерції підпалубного ребра жорсткості виконано у таблиці 4.3.

Таблиця 4.3 – Розрахунок моменту інерції підпалубного ребра жорсткості.

Найменування в'язів	Розмір в'язів		Площа см ²	Відстань від о.п. см	Статич. момент см ³	Момент інерції	
	Висота см	Ширина см				власний см ⁴	перенос. см ⁴
							
Настил	0,8	25	20	0	0	1,06	
Профіль РЖ	15	0,8	12	7,3	88,0	225	642
Сума	У ₁ =123		У ₂ =255		У ₃ = 5195		

Відстань нейтральної осі від осі порівняння $e = Y_2 / Y_1 = 225/123 = 2,0$ см.

Головний центральний момент інерції $I = 2(Y_3 - Y_1 \cdot e^2) = 2(5195 - 123 \cdot 2^2) = 9406$ см⁴.

Повздовжні балки можна вважати вільно обпертими на поперечних перебірках, тому що останні практично не деформуються у своїй площині. Борт так само не деформується у своїй площині. Прийнято, що на борті кут повороту

бімса приблизно дорівнює нулю, це відповідає твердому закладенню бімса. Іншим кінцем бімс опирається на карлінгс, твердість якого порівнянна із твердістю бімса мала. Тому вважається, що бімс вільно обпертий на карлінгс.

Необхідна жорсткість бімса визначається за формулою:

$$I_H = (\pi/\mu)^4 (L/a)^3 (L/b) \cdot \varphi \cdot i \cdot \chi_j(\lambda_{\max}), \text{ см}^4$$

де $(\pi/\mu)^4$ - коефіцієнт, що залежить від коефіцієнтів опорної пари бімсів:

$$\aleph_1 \text{ і } \aleph_2, (\pi/\mu)^4 = 0,195$$

a - відстань між бімсами, a = 150 см;

b - відстань між поздовжніми балками, b = 50 см;

L - ширина перекриття, L = 9100 см;

n - кількість бімсів, n = 6;

σ_S - границя текучості стали, $\sigma_S = 355$ МПа;

$\sigma_{кр}$ - критичні напруження, $\sigma_{кр} = 0,8 \cdot \sigma_S = 0,8 \cdot 355 = 284$ МПа;

σ_e - ейлерови напруження, що виникають у поздовжніх балках,

що працюють у складі перекриття, знаючи відношення $\sigma_{кр}/\sigma_S = 0,8$

за графіком $\sigma_e/\sigma_S = 1,1$, звідки $\sigma_e = 347$ МПа;

φ - коефіцієнт, що враховує відступ від закону Гука,

$$\varphi = \sigma_{кр}/\sigma_e = 284/347 = 0,82 < 1;$$

f - площа поперечного перерізу бімса, f = 84 см²;

i - момент інерції повздовжньої балки із приєднаним пояском палубного настилу, i = 9406 см⁴;

σ_e^0 - ейлерови напруження, що виникають у повздовжніх балках, що втрачають стійкість між бімсами,

$$\sigma_e^0 = \pi^2 E \cdot i / (f \cdot a^2) = 3,14^2 \cdot 210000 \cdot 9406 / (84 \cdot 150^2) = 1355 \text{ МПа};$$

λ - параметр, $\lambda = \sigma_e/\sigma_e^0 = 347/1355 = 0,256 < 1$;

$\chi_j(\lambda_{\max})$ - функція, що залежить від числа напівхвиль j, числа прольотів

повздовжніх ребер жорсткості й параметра λ , $\chi_j(\lambda_{\max}) = 0,0767$ число напівхвиль втрати стійкості j = 3;

$$I_H = 0,195 \cdot (1240/240)^3 (9100/150) \cdot 0,726 \cdot 4653 \cdot 0,0767 = 1084 \text{ см}^4.$$

Висновок. Перекриття верхньої палуби не втрачає стійкості, тому що необхідний момент інерції менше фактичного:

$$I = 9406 \text{ см}^4 \geq I_H = 1084 \text{ см}^4.$$

4. ПРОЕКТУВАННЯ ЯКІРНОГО ТА ШВАРТОВНО-БУКСИРНОГО ПРИСТРОЮ

Постачання судна якорями, якірними ланцюгами, швартовними та буксирними канатами, а також деталями якірного та швартовно-буксирного пристроїв назначається у залежності від характеристики постачання N_c згідно Правил класифікації та побудови морських суден Регістра Судноплавства України.

4.1 Розрахунок характеристики постачання.

Характеристика постачання для плавучих кранів та кранових суден визначається за залежністю:

$$N_c = 1,5\Delta^{2/3} + 2Bh + 2S + 0,1A$$

де: $\Delta = 940 \text{ м}^3$ – об'єм водотоннажності по літню вантажну ватерлінію (розділ 1.2);

$B = 10,0$ – ширина судна;

$h = 5,23 \text{ м}$ – висота від літньої вантажної ватерлінії до кромки палуби найвищої рубки;

S - проекція на площину модель-шпангоуту площі вітрильності верхньої будівлі у похідному положенні, яка розташована вище кромки палуби найвищої рубки, яку враховано при визначенні h , при цьому площа вітрильності визначається як площа, яка обмежена зовнішнім контуром.

Розрахунок площі вітрильності S виконано у графічному редакторі Auto CAD використовуючи креслення загального розташування (рисунок 6.1).

$$S = 1,235 \cdot 0,245 + 0,5(1,235 - 0,245 + 0,191) \times (2,259 - 0,270) = 0,35 \text{ м}^2$$

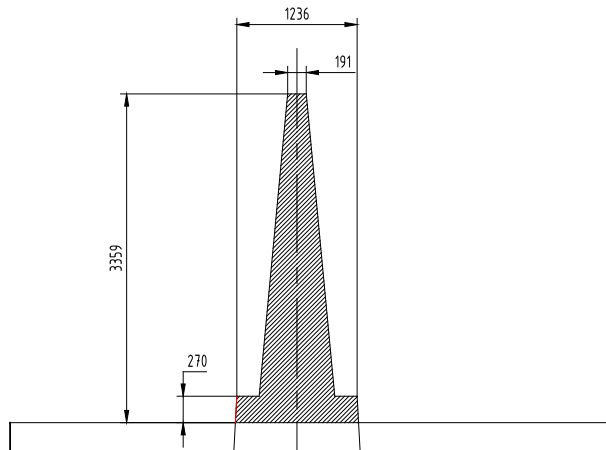


Рисунок 4.1 – До розрахунку площі вітрильності конструкцій вище верхнього містка $A = 108,8 \text{ м}^2$ – площа парусності в межах довжини судна $L = 44,15 \text{ м}$ відраховуючи від літньої вантажної ватерлінії з врахуванням особливостей.

$$N_c = 1,5 \cdot 940^{2/3} + 2 \cdot 10,0 \cdot 5,23 + 2 \cdot 0,35 + 0,1 \cdot 108,8 = 271$$

Згідно для суден обмежаного району плавання R3-RSN характеристика постачання може бути зменшена на 25%, тобто:

$$N_c = 0,75 \cdot 271 = 203,4$$

Остаточну характеристику постачання прийнято $N_c = 203,4$.

4.2 Визначення характеристик елементів якірного пристрою.

4.2.1 Параметри елементів якірного та швартовно-буксирного пристроїв визначено за таблицею постачання. Для характеристики постачання N_c 175...205

Кількість станових якорів – 2.

Маса кожного – 570 кг.

Сумарна довжина якірних ланцюгів – 302,5 м.

Калібр ланцюгу (категорія 1) – 24 мм.

(категорія 2) – 20,5 мм.

Довжина буксирного тросу – 180 м.

Розривне зусилля буксирного тросу – 112 кН.

Кількість швартовних канатів – 3.

Довжина кожного швартовного канату – 120 м.

Розривне зусилля кожного швартовного канату – 59 кН.

4.2.2 За найближчими ти порядками виробів для якірного постачання прийнято:

- якір Холла К600 (ГОСТ 761-74) у кількості 2 шт масою по 600 кг кожен;

- стоп-анкер на судні не передбачається, як для судна, у якого $N_c \leq 205$ [7](3.3.1);

- якірні ланцюги у кількості 2 шт довжиною по 165 м (6 смичок по 27,5 м);

- калібр ланцюгу (для категорії 2) – 20,5 мм

4.2.3 Вибір якірних механізмів.

Тягове зусилля F_1 на зірочці якірного механізму повинне бути не менш визначеного за формулою:

$$F_1 = ad^2, \text{ Н};$$

де: $a = 41,7$ – для ланцюгів категорії 2;

$d = 20,5$ мм – калібр якірного ланцюга.

$$F_1 = 41,7 \cdot 20,5^2 = 17524 \text{ Н}$$

Для відриву якоря від ґрунту якірний механізм повинний забезпечувати на протязі двох хвилин створення в ланцюзі на одній зірочці тягового зусилля не менш

$$F_3 = 1,5F_1 = 1,5 \cdot 17524 = 26286 \text{ Н} = 26,2 \text{ кН}.$$

Необхідна потужність якірного механізму

$$N_{\text{я}} = 10^{-3} \cdot (F_1 v / \eta), \text{ кВт}$$

де $v = 0,17$ м/с – необхідна швидкість вибирання ланцюгу;

$\eta = 0,7$ – загальний ККД механізму;

$$N_{\text{я}} = 10^{-3} \cdot (26286 \cdot 0,17 / 0,7) = 6,30, \text{ кВт}.$$

За каталогом «Euromarine» обрано дві блок-зірочки КУ 41-46 з потужністю 8,2 кВт.

4.2.4 Для кожного якірного ланцюгу передбачено фрикційний стопор, розрахований на зусилля 0,8 від розривного зусилля ланцюгу.

4.2.5 Розрахунок параметрів циліндричної ланцюгової шухляди.

Діаметр ланцюгової шухляди розраховано за рекомендаціями [10]:

$$D = k_1 \cdot d$$

$$k_1=0,04;$$

$$D = 0,04 \cdot 20,4 = 1,01 \text{ м}$$

Прийнято: $D = 1,0$

Висота ланцюгової шухляди визначається за формулою:

$$H=1,27 \cdot V/D^2+h_k+h, \text{ м}$$

де V – об'єм шухляди, необхідний для укладання якірного ланцюгу без урахування конусної частини, м^3 ;

$$V=0,9d_l^2(L-L_1) \cdot 10^{-5};$$

$L=165$ м – загальна довжина якірного ланцюгу, що поміщається в ящик;

L_1 – довжина ланцюгу, що розміщується в конусі, утвореному при самоукладанні, м;

$$L_1=1,6(D^3/d_e^2) \cdot 10^4=1,6(1,0^3/20,5^2) \cdot 10^4=3,8 \text{ м};$$

$$V=0,9 \cdot 20,5^2(165-3,8) \cdot 10^{-5}=0,6 \text{ м}^3;$$

h_k – висота конуса, утвореного якірним ланцюгом при самоукладанні у верхній частині ланцюгового ящика, м;

$$h_k=0,55D=0,55 \cdot 1,0=0,55 \text{ м};$$

$h=2,5l_{36}$ – запас висоти ланцюгового ящика, м;

$l_{36}=6d_l$ – довжина загальної ланки якірного ланцюгу, м (див. рис. 8.5);

$$l_{36}=6 \cdot 0,021=0,126 \text{ м}; \quad h=2,5 \cdot 0,126=0,315 \text{ м};$$

$$H=1,27 \cdot 0,6/1,0^2+0,55+0,315=1,62 \text{ м}.$$

Враховуючи висоту раструбу у ланцюгову шухляду та виходячи з зручності розміщення пристрою для кріплення та віддачі кореневого кінця якірного ланцюгу прийнято додатковий запас висоти ланцюгової шухляди $H_p=0,9$ м – визначено конструктивно.

Враховуючи встановлення перфорованого листа для стоку грязі, яка попадає у ланцюгову шухляду, та з урахуванням розміщення арматури пристрою для розмиву грязі й осушення грязьового колодязю, прийнято додатковий запас висоти ланцюгової шухляди $H_{пл}=0,2$ м – визначено конструктивно.

Загальна висота ланцюгової шухляди складатиме:

$$H_{\text{ящ}} = H + H_{\text{р}} + H_{\text{пл}} = 1,62 + 0,9 + 0,2 = 2,72 \text{ м}$$

4.3 Визначення характеристик елементів швартовно-буксирного пристрою.

4.3.1 У відповідності перевірено доцільність збільшення кількості швартовних канатів через співвідношення:

$$\frac{A}{N_c} = \frac{203,4}{108,8} = 1,86$$

$$\frac{A}{N_c} = 1,86 > 1,2 \quad - \quad \text{таким чином кількість швартовних тросів необхідно}$$

збільшити на 3 і загальна кількість швартовних тросів складатиме $3+3=6$.

Розривне зусилля для швартовних тросів із синтетичного волокна розраховано за залежністю:

$$F_c = 0,0742 \cdot \delta_{\text{ср}} \cdot F_{\text{т}}^{8/9}$$

де: $\delta_{\text{ср}} = 35\%$ - середнє відносне розтягіння при розриві тросу (поліпропіленовий канат).

$F_{\text{т}} = 59 \text{ кН}$ - розривне зусилля, регламентоване Регістром.

$$F_c = 0,0742 \cdot 35 \cdot 59^{8/9} = 97,4 \text{ кН}$$

У склад швартовного постачання прийнято:

- поліпропіленові 8-прядні швартовні канати у кількості 6 шт діаметром 56 мм довжиною по 125 м кожен, з розривним зусиллям 105 кН;
- у якості швартовних механізмів передбачені: в носовій частині якірно-швартовні напів-брашпілі із швартовними барабанами і турачками з тяговим зусиллям на барабані 80 кН; в кормовій частині дві якірно-швартовні лебідки з електроприводом і двома турачками кожна, тягове зусилля на турачці 50 кН.

Для проведення та кріплення швартовних канатів у залежності від розривного зусилля передбачено необхідні кнехти та ключи.

4.3.2 У якості буксирного постачання прийнято сталевий трос довжиною 180 м, з розривним зусиллям 128 кН – 1 шт.

Для проводки та кріплення буксирного тросу передбачено відповідні ключи бітінги у залежності від розривного зусилля.

ВИСНОВКИ

У результаті роботи над дипломним проектуванням було спроектовано багатоцільове кранове судно для виконання вантажних робіт, транспортування будівельних матеріалів, встановленню та бетонуванню свай, обслуговування стаціонарних гідротехнічних споруд.

Швидкість буксирування складає 8 вузлів.

Автономність по запасам пального та провізії – 15 діб.

Кількість членів екіпажу – 4 чол. На борт можуть бути прийняті 6 робітників у двохмістні кают із обмеженням автономності по запасам провізії.

Головні розмірювання та теоретичне креслення проектувалися оперуючись на сучасні джерела літератури.

При проектуванні корпусу судна та якірного пристрою, були виконані вимоги «Правил побудови морських суден» Регістру Судноплавства України.

СПИСОК ВИКОРАСТОННОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Регістр судноплавства України. Правила класифікації та побудови морських суден. Т. 2. Київ : Регістр судноплавства України, 2020. 792 с.
2. Регістр судноплавства України. Правила класифікації та побудови морських суден. Т. 3. Київ : Регістр судноплавства України, 2020. 632 с.
3. Регістр судноплавства України. Правила класифікації та побудови морських суден. Т. 4. Київ : Регістр судноплавства України, 2020. 560 с.
4. Регістр судноплавства України. Правила про вантажну марку морських суден. Київ : Регістр судноплавства України, 2020. 81 с.
5. Babicz J. Ship Systems and Machinery : Introduction to Marine Engineering. Gdansk : Baobab Naval Consultancy, 2015. 172 p.
6. Бондаренко О. В., Кротов О. І., Матвєєв Л. Г., Прокудин С. О. Особливості проектування морських транспортних суден: навчальний посібник. Миколаїв : НУК, 2004. Ч. 2. 80 с.
7. Бондаренко О. В., Кротов О. І., Сорокін В. І. Методичні вказівки до практичних занять з дисципліни «Основи проектування суден». Миколаїв : НУК, 2005. 48 с.
8. Жигуліна С. І., Рашковський О. С., Фаріонов А. М. Технічне нормування праці в суднобудуванні. Методичні вказівки. Миколаїв : УДМТУ, 2003. 68 с.
9. Зайцев В. В., Еганов А.Е., Коробанов Ю. Н., Тольшев Э. В., Зайцев Вал.В. Проектирование общесудовых устройств : Учебное пособие. Николаев : ЧП «Илион», 2004. 305 с.
10. Коростильов Л. І., Щедролосєв О. В. Міцність суднового корпусу і його елементів при побудові, спуску та докуванні : навчальний посібник / за ред. д-ра техн. наук, проф. Л. І. Коростильова. Миколаїв : НУК, 2019. 68 с.
11. Кротов О. І., Голіков В. І., Еганов О. Ю., Бондаренко О. В. Проектування морських транспортних суден: навчальний посібник. Миколаїв : УДМТУ, 2003. 156 с.

12. Кротов О. І, Ільїн С. Ф., Клева Я. А. Курсове і дипломне проектування транспортних суден: Ч 1. Методика і загальні вимоги. Методичні вказівки. Миколаїв : НУК, 2009. 52 с.
13. Матвеев В. Г., Кузнецов А. І., Мартинець Б. М., Михайлов Б. М., Узлов О.М., Цибенко М.О., Шарун Г. В. Проектування конструктивного міделъ-шпангоута суховантажних суден. Методичні вказівки. Миколаїв : УДМТУ, 2002. 74 с.
14. Некрасов В. О., Кротов О. І., Шестопад В. П., Потай І. Ю. Розрахунки статички судна. Частина І. Плавучість та початкова остійність : навчальний посібник. Миколаїв :УДМТУ, 2002. 56 с.
15. Петропавлов Ю. В. Разработка теоретического чертежа судна : методические указания. Херсон : ХФ НУК, 2012. 60 с.
16. Петропавлов Ю. В., Узлов А. Н. Удифферентовка морских грузовых судов: методические указания. Николаев : УГМТУ, 2003. 40 с.
17. Петропавлов Ю. В., Коршиков Р. Ю Расчет парусности судна: методические указания. Херсон : ХФ НУК, 2012. 14 с.
18. Пістун І. П., Тубальцев А. М., Тубальцева Н. П. Охорона праці в суднобудуванні : Навчальний посібник. Львів : «Тріада плюс», 2009. 580 с.
19. Технологія виготовлення конструкцій корпусу судна: Підручник / О. С. Рашковський, В. М. Перов, С. М. Сліжевський, Н. В. Цикало; за заг. ред. проф. О.С. Рашковського (Рекомендовано Вченою радою НУК імені адмірала Макарова як підручник, протокол № 10 від 28.10.2016 р.). Миколаїв : НУК, 2017. 304 с.
20. Технологія виготовлення деталей корпусу судна: Навчальний посібник / О.С. Рашковський, С.І. Жигуліна, В.М. Перов, С.М. Сліжевський; Під заг. ред. проф. О.С. Рашковського. Миколаїв : НУК, 2009. 136 с.
21. Технологія корпусобудівних робіт: Підручник / Рашковський О.С., Щедролосєв О.В., Фаріонов А.М., Цикало Н.В., Перов В.М., Сліжевський С.М.; за

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

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