

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова

Кораблебудівний навчально науковий інститут

Кафедра теорії та проєктування суден

«Допущений до захисту»

Завідувач кафедри

др-техн. наук, професор

 В.О. Нєкрасов

«22» / 06 2026 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття ступеня вищої освіти «бакалавр»

на тему:

Проекткування балкеру вантажопідйомністю 37340 тонн

Виконав:

студентка 4111м групи


(підпис)

Гудович Поліна Володимирівна

Керівник роботи:

кандидат техн. наук, ст. викл.


(підпис)

(посада, науковий ступень вчене звання)

Ястреба О.П.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова
Кораблебудівний навчально науковий інститут

Кафедра теорії та проектування суден
Спеціальність 135 Суднобудування
Освітня програма Кораблі та океанотехніка

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Гарант освітньої програми

Ястреба к.т.н., професор Ястреба О.П.

«12» 02 2026 року

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ
щодо здобуття ступеня вищої освіти «магістр»

Студенту Гудович Поліні Володимирівні

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Проектування балкери вантажопідйомністю 37340 тонн
Керівник роботи Ястреба О.П.

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

Затверджені наказом ректора № від « » 2026 року

2. Термін подання роботи: 20.05.2026 р.

3. Вихідні дані по роботі:

3.1 Вантаж Пшениця, $\rho_v = 850 \text{ кг/м}^3$

3.2 Швидкість 15,4 вузлів

3.3 Дальність плавання 15000 миль

3.4 Район плавання Південний-Неаполь

3.5 Інші початкові дані визначення головних елементів судна, що отримані за допомогою використання методу перерахунку з прототипу:

Головні розміри та характеристики	Одиниці виміру	Рішення задачі перерахунку з прототипу
Довжина по ватерлінії	м	180,80
Ширина	м	32,2
Осадка	м	11,1
Висота борту	м	15,8
Коефіцієнт загальної повноти		0,784
Потужність головного двигуна	кВт	9240
Швидкість	вузли	15,4
Водотоннажність порожнем	т	14718
Маса вантажу	т	37500
Маса палива та мастила	т	2125
Маса обладнання	т	2356
Маса енергетичної установки	т	798
Дедвейт	т	9572
Водотоннажність повна	т	49437

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, що належить бути розробленим):

4.1. Вибір методу проєктування судна

4.1.1. Огляд основних тенденцій у розвитку світового флоту балкерів

4.1.2. Аналіз методів проєктування балкера

4.1.3. Склад технічного (попереднього) проєкту балкера

4.2. Визначення морехідних якостей судна, забезпечення вимог класифікаційного товариства до його надійності

4.2.1. Формування теоретичної поверхні балкера

4.2.2. Розрахунки статички (елементів теоретичного креслення), забезпечення вимог класифікаційного товариства до вантажної марки балкера

4.2.3. Розрахунок стійкості балкера при великих кутах нахилу, забезпечення вимог класифікаційного товариства до його остійності

4.2.4. Розрахунок ходовості балкера, забезпечення вимог класифікаційного товариства до міцності гребного вала та гребного гвинта балкера.

4.2.5. Конструктивний мідель-шпангоут та загальна міцність судна

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультантів	Підпис, дата			
		Завдання видано		Завдання прийнято	
4.1	Кротов О.І., професор	12.02.2026			
4.2	Пашенко Ю.М., доцент	12.02.2026			
4.3	Шарун Г.В., ст. викладач	12.02.2026			
4.4	Коростильов Л.І. професор	12.02.2026			

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів дипломного проєктування	Тривалість етапів проєкту (роботи)	Примітка
4.1.	Вибір методу проєктування судна		
4.1.1.	Огляд основних тенденцій у розвитку флоту балкерів	17.03.2026	
4.1.2.	Аналіз методів проєктування балкера	24.03.2026	
4.1.3.	Склад технічного (попереднього) проєкту балкера	05.03.2026	
4.2.	Дослідження морехідних якостей судна, забезпечення вимог класифікаційного товариства до його надійності		
4.2.1.	Формування теоретичної поверхні балкера	07.04.2026	
4.2.2.	Розрахунки статички (елементів теоретичного креслення)	22.04.2026	
4.2.3.	Розрахунок стійкості при великих кутах нахилу	05.05.2026	
4.2.4.	Розрахунок ходовості балкера	17.05.2026	
4.3	Конструктивного мідель-шпангоута та загальна міцність судна		
4.3.1	Загальні відомості про судно	01.06.2026	
4.3.2	Розрахунок еквівалентного бруса та перевірка загальної міцності	08.06.2026	
	Пояснювальна записка	14.06.2026	
	Презентація	20.06.2026	

Студент _____ Гудович Поліна Володимирівна
(підпис) (ПІБ)

Керівник роботи _____ Ястреба Олексій Петрович
(підпис) (ПІБ)

ЗМІСТ

Анотація	6
Вступ	8
1 Огляд основних тенденцій розвитку світового балкерного флоту	9
1.1 Загальний огляд	9
1.2 Огляд наявних статистичних даних щодо основних елементів балкерів	10
1.3 Аналіз методів проектування балкерів	10
1.4 Склад технічного проекту балкера	12
1.5 Визначення основних елементів і характеристик судна-проекту	14
1.6 Розрахунок ходовості балкера, забезпечення вимог класифікаційного товариства до міцності гребного вала та гребного гвинта балкера	16
1.7 Вибір потужного двигуна для необхідності забезпечення руху балкера із заданою проектною швидкістю.	22
1.8 Побудова теоретичного креслення та розрахунок елементів плавучості і початкової остійності	22
1.9 Побудова креслення загального розташування	23
1.10 Визначення місткості вантажних приміщень та цистерн, розрахунок завантаження, визначення координат ЦМ	23
1.11 Удиферентування проекту судна	26
2 Перевірка вимог Правил Регістру до остійності проекту	29
2.1. Розрахунок та побудова гідростатичних кривих	29
2.2 Розрахунок амплітуди хитавиці	31
2.3 Розрахунок кренувального моменту від тиску вітру(a) і перекидального моменту (b):	32
2.4 Розрахунок аварійної остійності пошкодженого судна	36

3. Розрахунок конструктивного мідель-шпангоуту	39
3.1. Опис архітектурно - конструктивного типу судна	40
3.2. Вибір системи набору перекриттів корпусу судна	40
3.3. Вибір марки і категорії сталі	40
3.4. Вибір шпациї	41
3.5. Викреслення обводів мідель-шпангоута	41
3.6. Врахування зносу і корозії	43
3.7. Визначення згинальних моментів	44
3.8. Розрахунок еквівалентного бруса і перевірка загальної поздовжньої міцності	47
4. Перевірка міцності зовнішньої обшивки днища корпусу судна	50
4.1. Розрахункова схема пластини днищового перекриття	50
4.2. Розрахункове навантаження	50
4.3. Визначення напружень у небезпечних точках поля пластини	51
4.4. Перевірка умови міцності	53
Висновки	54
Список літератури	55
Додатки	56

АНОТАЦІЯ

У дипломній роботі виконано технічне (попереднє) проектування балкера для експлуатації на лінії Південний – Неаполь (Чорне море – Середземне море). Проведено аналіз сучасного балкерного флоту дедвейтом 9–15 тис. т, побудованого у 2013–2023 роках, та визначено залежності головних елементів суден від їх дедвейту.

На основі отриманих даних визначено основні характеристики проектуваного судна та обрано прототип для подальшого проектування. Технічне проектування виконано відповідно до вимог класифікаційних товариств щодо забезпечення плавучості, остійності, непотоплюваності, ходовості та надійності експлуатації судна.

З використанням сертифікованого програмного комплексу Maxsurf створено 3D-модель балкера, виконано розрахунки його морехідних характеристик та оптимізацію пропульсивного комплексу з вибором економічного й екологічного двигуна та оптимального гребного гвинта.

Результатом роботи став Клас-проект балкера водотонажністю 52058 т, який являє собою однопалубне судно з чотирма трюмами, бульбовим носом, транцевою кормою та кормовим розташуванням надбудови і машинного відділення. Також розглянуто конструкцію корпусу та виконано оцінку його загальної міцності.

Розроблений проект відповідає завданню на проектування та забезпечує відповідність основних інженерних і морехідних характеристик судна встановленим вимогам.

Ключові слова: балкер, водотоннажність, міцність, конструкція.

Abstract

This thesis presents the technical (preliminary) design of a bulk carrier intended for operation on the Pivdennyi–Naples route (Black Sea–Mediterranean Sea). An analysis of the current bulk carrier fleet with a deadweight of 9–15 thousand tons, built between 2013 and 2023, was conducted, and the dependencies

					24.ДРБ.135.4111.07.ПЗ	Арк.
						6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

of the main ship elements on their deadweight were determined.

Based on the obtained data, the main characteristics of the designed vessel were determined, and a prototype was selected for further design. The technical design was carried out in accordance with the requirements of classification societies regarding the vessel's buoyancy, stability, unsinkability, seaworthiness, and operational reliability.

Using the certified Maxsurf software package, a 3D model of the bulk carrier was created, its seakeeping characteristics were calculated, and the propulsion system was optimized with the selection of an economical and environmentally friendly engine and an optimal propeller.

The result of the work was a class project for a bulk carrier with a deadweight of 52,058 tons, which is a single-deck vessel with four holds, a bulbous bow, a transom stern, and a stern-mounted superstructure and engine room. The hull design was also examined, and an assessment of its overall strength was performed.

The developed design meets the design specifications and ensures that the vessel's primary engineering and navigational characteristics comply with the established requirements.

Keywords: bulk carrier, displacement, structure, strength.

					24.ДРБ.135.4111.07.ПЗ	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вступ

Метою проектування та будівництва балкерів є створення ефективних і надійних суден, безпечних під час експлуатації. Проектування здійснюється на основі території проектування суден та методів суднобудування, які дозволяють визначити основні елементи й характеристики судна.

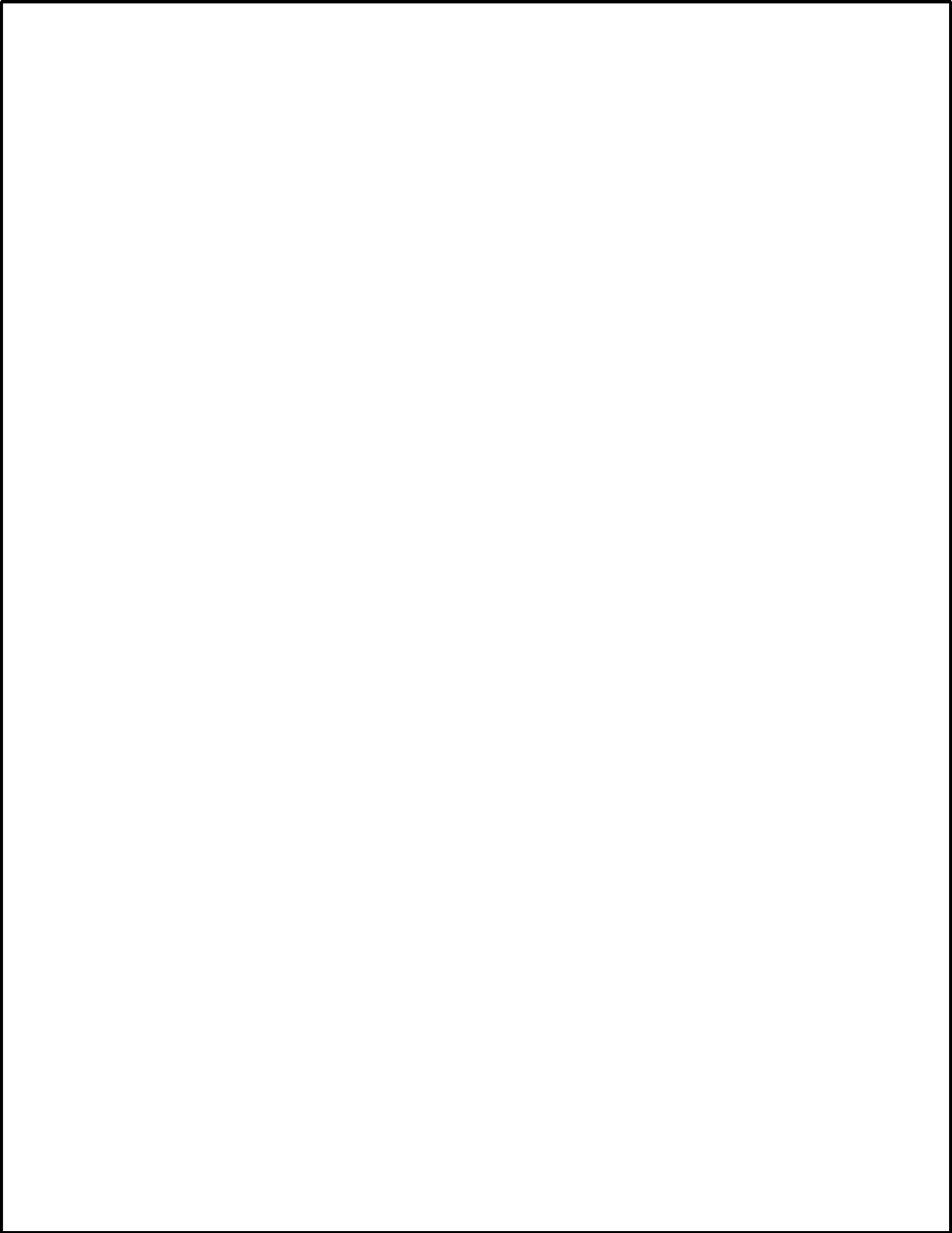
У сучасному суднобудуванні виділяють три етапи проектування: концептуальне, технічного та робоче. Їх результатом є послідовне формування ескізного, технічного та робочого проектів судна, що повинні відповідати вимогам замовника та кваліфікаційного товариства.

У даній бакалаврській роботі використано вихідні дані, отримані методом перерахунку з прототипу, зокрема основні розміри, характеристики масового навантаження та показники ходовості балкера. Метою роботи є розробка технічного проекту балкера для перевезення масових вантажів на лінії Південний – Неаполь.

Проект передбачає формування поверхні корпусу та теоретичного креслення, виконання розрахунків місткості, міцності, плавучості, остійності, непотоплюваності та ходовості, перевірку відповідності вимогам класифікаційного товариства, а також розробку конструктивного сидель-шпангоуту та оцінку загальної міцності судна.

Проект передбачає формування поверхні корпусу та теоретичного креслення, виконання розрахунків місткості, міцності, плавучості, остійності, непотоплюваності та ходовості, перевірку відповідності вимогам класифікаційного товариства, а також розробку конструктивного сидель-шпангоуту та оцінку загальної міцності судна.

					24.ДРБ.135.4111.07.ПЗ	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



					24.ДРБ.135.4111.07. ПЗ.01							
Зм.	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата								
Студент	Гудович П.В..				Проектування судна				Літ		Аркуш	Аркушів
Консультант	Астахов А.О.								у		1	
Керівник	Ястреба О.П.								НУК Ім. Адмірала Макарова			
Зав.кафедри	Некрасов В.О.											

1 Огляд основних тенденцій розвитку світового балкерного флоту

1.1 Загальний огляд

Балкери є одним із ключових видів транспортних суден світового торговельного флоту, що забезпечують перевезення значних обсягів навалювальних вантажів, зокрема зерна, вугілля, залізної руди та інших сипучих матеріалів. Завдяки великій вантажомісткості та високій економічній ефективності вони відіграють важливу роль у міжнародній торгівлі та глобальній логістичній системі.

На сучасному етапі розвиток балкерного флоту спрямований на підвищення ефективності перевезень, забезпечення безпеки експлуатації та зменшення негативного впливу на навколишнє середовище. Основними тенденціями розвитку є:

- збільшення розмірів і вантажопідйомності суден для підвищення економічної ефективності перевезень;
- удосконалення конструкції та технічного оснащення суден із використанням сучасних технологічних рішень, спрямованих на зниження витрат палива та скорочення викидів;
- посилення екологічних вимог і впровадження систем очищення вихлопних газів та альтернативних видів палива;
- застосування цифрових технологій, автоматизованих систем контролю, моніторингу та оптимізації експлуатаційних процесів;
- розвиток використання зрідженого природного газу (LNG), метанолу та аміаку як перспективних екологічно чистих видів палива;
- вплив глобальних економічних і геополітичних чинників, які визначають зміни торговельних маршрутів та формують нові вимоги до проєктування суден.

Таким чином, сучасний розвиток світового балкерного флоту характеризується підвищенням економічності та екологічності суден,

					24.ДРБ.135.4111.07.ПЗ	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

упровадженням інноваційних технологій і цифровізації, що сприяє підвищенню ефективності морських перевезень.

1.2 Огляд наявних статистичних даних щодо основних елементів балкерів

До основних елементів і характеристик судна належать головні розміри та коефіцієнти повноти корпусу: довжина, ширина, осадка, висота борту, коефіцієнт загальної повноти, коефіцієнт повноти мідель-шпангоута, коефіцієнт повноти площі ватерлінії та коефіцієнт поздовжньої повноти.

У таблиці 1.2.1 наведено статистичні дані щодо основних елементів і характеристик балкерів, які використовуються як вихідна інформація під час їх проєктування.

Параметр	Позначення	Тип судна		
		Судна для перевезення генеральних вантажів	Балкери	
Дедвейт, тис. т	DWT	від 5 до 15	від 20 до 50	від 50 до 200
Коефіцієнт утилізації водотоннажності за дедвейтом, %	DWT/ Δ	65...80	74...85	80...87
Коефіцієнт загальної повноти	C_B (або δ)	0,65...0,73	0,72...0,86	
Коефіцієнт поздовжньої повноти	C_P (або ϕ)	0,66...0,74	0,79...0,84	
Коефіцієнт повноти мідельшпангоута	C_M (або β)	0,97...0,995	0,990...0,997	
Коефіцієнт повноти площі ватерлінії	C_W (або α)	0,80...0,86	0,88...0,92	
Відношення	L/B	4,8...8,5	5,0...7,1	
Відношення	B/T	2,1...2,3	2,1...3,2	
Відношення	L/H		10,5...12,8	
Період крену, с		8...12	12...20	

1.3 Аналіз методів проєктування балкерів

Проєктування суден здійснюється в науково-дослідних інститутах, конструкторських бюро та проєктних підрозділах суднобудівних підприємств. Незалежно від місця виконання робіт процес проєктування

					24.ДРБ.135.4111.07.ПЗ	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

включає три основні етапи: концептуальний, технічний і робочий. Кожний етап відрізняється ступенем деталізації проєкту, обсягом вихідної інформації та методами, що застосовуються під час розробки судна.

Як показано в табл. 1.3.1, формування інформації про судно може здійснюватися за двома підходами: «знизу-вгору» та «зверху-вниз». Підхід «знизу-вгору» передбачає послідовне узагальнення даних про окремі деталі, вузли та системи судна до укрупнених розділів масового навантаження. Натомість підхід «зверху-вниз» базується на поетапній деталізації загальних характеристик судна до рівня окремих конструктивних елементів і підсистем.

№	Етапи проєктування (Результат)	Етапи проєктування при укладенні контракту на будівництво судна верф'ю	Рівні структури розбиття судна - SWBS	Рівні інформації	Наближення з оцінки витрат	Співвідношення для оцінки витрат – CER
1	Концептуальне проєктування (Аван-проєкт або ескізний проєкт)	Концептуальний проєкт	1-й розряд ESWBS	Характеристики судна	Параметричне	Емпіричні CER (ECER)
2	Технічне проєктування (Клас-проєкт)	Попередній проєкт	2-й розряд SWBS/ ESWBS	Характеристики судна та систем	Параметричне	Емпіричні CER та прямі CER
3	Робоче проєктування (Робочий проєкт)	Контрактний проєкт	3-й розряд SWBS	Характеристики судна систем, підсистем та деталей	Прямий аналіз	Прямі CER

На суднобудівних підприємствах структура розподілу робіт регламентується системами SWBS (Ship Work Breakdown System) та ESWBS (Expanded Ship Work Breakdown System), які ґрунтуються на функціональному розподілі маси судна. У процесі будівництва різних типів суден накопичуються статистичні дані щодо масових характеристик, які в подальшому використовуються на етапах проєктування.

Крім того, на підприємствах формується база даних щодо вартості окремих конструктивних елементів і робіт, яка реалізується через систему CER (Cost Estimate Relations). На ранніх стадіях проектування, коли детальна інформація про судно ще відсутня, використовуються укрупнені розділи ESWBS та емпіричні залежності ECER (Empirical Cost Estimate Relations), отримані на основі статистичних даних раніше побудованих суден.

За наявності судна-прототипу його характеристики можуть бути використані як вихідна база для визначення головних розмірів і структури масового навантаження майбутнього судна методом перерахунку. Такий підхід є особливо ефективним на концептуальному етапі проектування.

Сучасні тенденції розвитку суднобудування, пов'язані зі зростанням вартості матеріалів та обладнання, обумовлюють необхідність більш точного визначення емпіричних залежностей SWBS і CER. У зв'язку з цим дедалі більшого значення набувають методи оптимізаційного проектування, що дозволяють обґрунтовано вибирати основні елементи судна з урахуванням показників ефективності та надійності його подальшої експлуатації.

1.4. Склад технічного проєкту балкера

На етапі концептуального проєктування визначаються головні розміри судна та параметри його масового навантаження. Отримані дані є вихідною інформацією для технічного проєктування, яке передбачає розроблення архітектурно-конструктивної 3D-моделі судна та перевірку його експлуатаційних характеристик на відповідність вимогам класифікаційних товариств.

На цьому етапі аналізуються основні елементи судна, зокрема головні розміри (L, B, d, D), коефіцієнти повноти корпусу (Cb, Cm, Cwp), проєктна швидкість ходу та характеристики енергетичної установки.

До інженерних характеристик судна належать місткість і міцність корпусу, а до навігаційних – плавучість, остійність, непотоплюваність, ходовість, керованість і морехідність. Усі зазначені характеристики

					24.ДРБ.135.4111.07.ПЗ	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

підлягають обов'язковому розрахунку та перевірці в межах технічного проєкту.

Місткість судна вважається достатньою за умови забезпечення необхідних об'ємів і площ для розміщення вантажів та обладнання. Міцність корпусу оцінюється відповідно до встановлених критеріїв міцності. Плавучість визначається умовою рівності ваги судна та виштовхувальної сили води. Непотоплюваність оцінюється за вимогами до поділу корпусу на водонепроникні відсіки та показниками аварійної остійності. Остійність забезпечується виконанням нормативних критеріїв, зокрема щодо діаграми статичної остійності, критерію погоди та мінімально допустимої метацентричної висоти. Ходовість визначається співвідношенням між буксирувальною та ефективною потужністю енергетичної установки з урахуванням коефіцієнта корисної дії пропульсивного комплексу. Керованість і морехідність оцінюються за показниками циркуляції, а також допустимими переміщеннями, швидкостями та прискореннями судна на хвилюванні.

Таким чином, технічний проєкт балкера передбачає створення тривимірної моделі судна, побудову теоретичного креслення та кривих його елементів, розроблення креслення конструктивного мідель-шпангоута, планів місткості й навантаження, а також виконання розрахунків плавучості, остійності, непотоплюваності, ходовості та загальної міцності корпусу з подальшим розробленням креслення загального розташування.

Мінімальний склад технічного проєкту повинен забезпечувати відповідність судна вимогам класифікаційних товариств щодо вантажної марки, остійності, міцності корпусу, гребного гвинта та валопроводу.

					24.ДРБ.135.4111.07.ПЗ	Арк.
						13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.5 Визначення основних елементів і характеристик судна-проекту

1.5.1 Формування теоретичної поверхні корпусу балкера.

Для формування теоретичної поверхні корпусу балкера з основними елементами, що відповідають отриманому рішенню оптимізаційної задачі, у програмному комплексі Maxsurf Modeler Advanced було виконано лінійну (Surfaces/Size Surfaces) та параметричну (Data/Parametric Transformation) трансформацію 3D-моделі корпусу судна-аналога типу Bulker.

У результаті проведених перетворень отримано тривимірну модель корпусу балкера з головними розмірами, наведеними в таблиці 1.5.1.

Параметр	Позначення	Дані згідно ТЗ	Дані після трансформації корпусу
Водотоннажність повна, т	Δ	49437	52058
Довжина по ватерлінії, м	L_{DWL}	180,8	177,5
Ширина, м	B	32,2	32
Осадка, м	d	11,1	11
Висота борту, м	D	15,8	15,7
Коефіцієнт загальної повноти	CB або δ	0.784	0,801

Таблиця 1.5.2 - Вибір коефіцієнтів повноти проекту в порівнянні їх з прототипом

Коефіцієнт	Формула	Проект	Прототип	Прийнято
загальної повноти	$C_b = 1,1 - 1,68Fr$	0,801	0,784	0,801
повноти площі мідель-шпангоута	$C_m = 0,977 + 0,085(C_b - 0,6)$	0,986	0,995	0,995
поздовжньої повноти	$C_p = \frac{C_b}{C_m}$	0,812	0,787	0,805
повноти площі ватерлінії	$C_w = \sqrt{C_b} - 0,025$	0,879	0,915	0,915

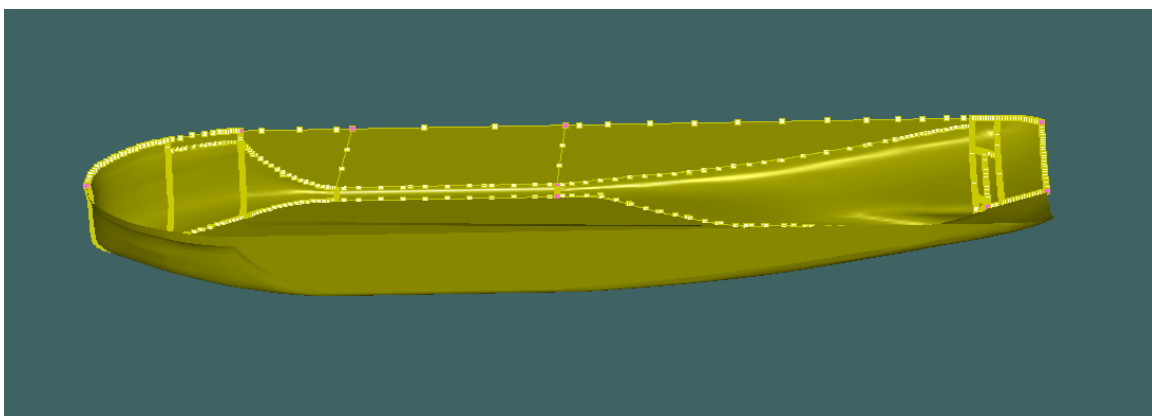
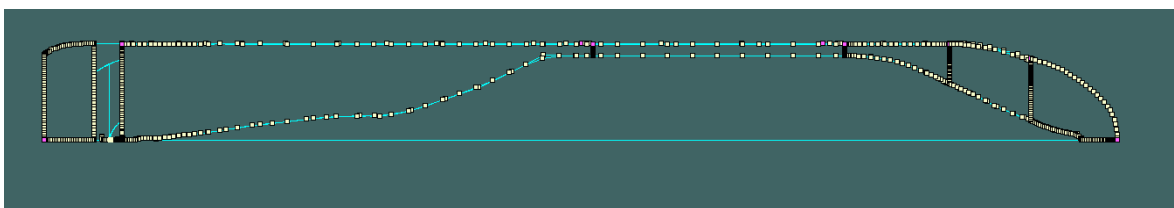
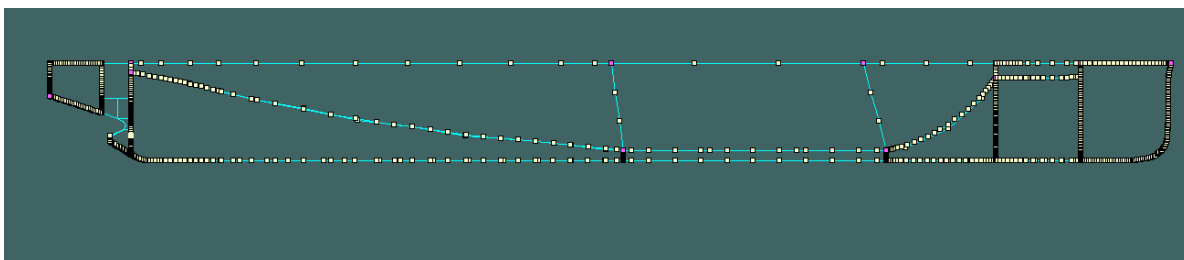


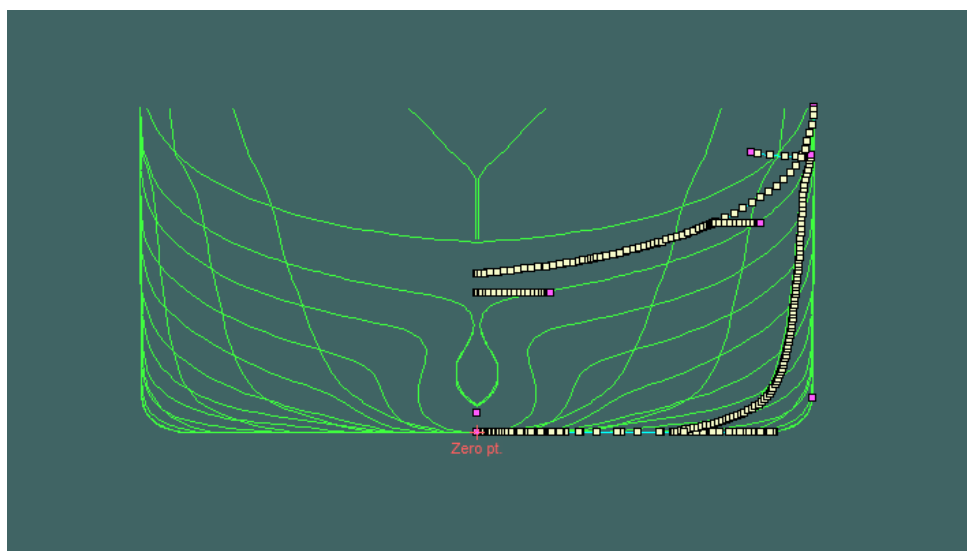
Рисунок 1.5.1 – Створена 3D модель теоретичної поверхні корпусу балкера



а)



б)



в)

Рисунок 1.5.2 – Проекції теоретичної поверхні корпусу балкера: а) бік; б) напівширота; в) корпус

1.6 Розрахунок ходовості балкера, забезпечення вимог класифікаційного товариства до міцності гребного вала та гребного гвинта балкера

Визначення параметрів ходовості балкера здійснювалося за допомогою спеціалізованого програмного модуля Maxsurf Resistance.

1.6.1 Визначення на ЕОМ буксирувальної потужності та вибір марки головного двигуна

Розрахунок потужності головного двигуна проводимо за допомогою програмного комплексу Maxsurf Resistance.

					24.ДРБ.135.4111.07.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

	Item	Value	Units	Holtrop
1	LWL	181,233	m	181,233
2	Beam	32,528	m	32,528
3	Draft	11	m	11
4	Displaced volume	50736,916	m ³	50736,91
5	Wetted area	8340,202	m ²	8340,202
6	Prismatic coeff. (Cp)	0,805		0,805
7	Waterpl. area coeff. (Cwp)	0,94		0,94
8	1/2 angle of entrance	33,9	deg.	33,9
9	LCG from midships(+ve for)	4,598	m	4,598
10	Transom area	4,11	m ²	4,11
11	Transom wl beam	10,019	m	--
12	Transom draft	0,633	m	--
13	Max sectional area	355,303	m ²	--
14	Bulb transverse area	0,144	m ²	0,144
15	Bulb height from keel	10,24	m	10,24
16	Draft at FP	11	m	11
17	Deadrise at 50% LWL	0	deg.	--
18	Hard chine or Round bilge	Round bilge		--
19				
20	Frontal Area	0	m ²	
21	Headwind	0	kn	
22	Drag Coefficient	0		
23	Air density	0,001	tonne/	
24	Appendage Area	0	m ²	
25	Nominal App. length	0	m	
26	Appendage Factor	1		
27				
28	Correlation allow.	0,0004		Calculate
29	Kinematic viscosity	0,0000011	m ² /s	
30	Water Density	1,026	tonne/	

Рисунок 1.6.1 – Початкові дані для розрахунку ходовості проєктованого балкера

	Speed (kn)	Froude No. LWL	Froude No. Vol.	Holtrop Resist. (kN)	Holtrop Power (kW)
1	0,000	0,000	0,000	—	—
2	0,373	0,005	0,010	0,6	0,174
3	0,745	0,009	0,020	2,0	1,263
4	1,118	0,014	0,030	4,4	4,044
5	1,490	0,018	0,040	7,5	9,242
6	1,863	0,023	0,050	11,4	17,558
7	2,235	0,027	0,061	16,0	29,675
8	2,608	0,032	0,071	21,4	46,260
9	2,980	0,036	0,081	27,5	67,969
10	3,353	0,041	0,091	34,3	95,451
11	3,725	0,045	0,101	41,8	129,344
12	4,098	0,050	0,111	50,1	170,281
13	4,470	0,055	0,121	59,0	218,888
14	4,843	0,059	0,131	68,6	275,785
15	5,215	0,064	0,141	78,9	341,588
16	5,588	0,068	0,151	89,9	416,910
17	5,960	0,073	0,161	101,6	502,357
18	6,333	0,077	0,171	113,9	598,534
19	6,705	0,082	0,182	126,9	706,049
20	7,078	0,086	0,192	140,6	825,507
21	7,450	0,091	0,202	154,9	957,530
22	7,823	0,096	0,212	169,9	1102,754
23	8,195	0,100	0,222	185,6	1261,854
24	8,568	0,105	0,232	201,9	1435,558
25	8,940	0,109	0,242	219,0	1624,678
26	9,313	0,114	0,252	236,8	1830,140
27	9,685	0,118	0,262	255,5	2053,029
28	10,057	0,123	0,272	275,0	2294,634
29	10,430	0,127	0,282	295,4	2556,505
30	10,803	0,132	0,292	316,9	2840,508
31	11,175	0,136	0,303	339,6	3148,890
32	11,548	0,141	0,313	363,7	3484,344
33	11,920	0,146	0,323	389,3	3850,078
34	12,293	0,150	0,333	416,7	4249,875
35	12,665	0,155	0,343	446,1	4688,165
36	13,038	0,159	0,353	477,9	5170,078
37	13,410	0,164	0,363	512,4	5701,508
38	13,783	0,168	0,373	549,9	6289,161
39	14,155	0,173	0,383	590,9	6940,593
40	14,528	0,177	0,393	635,8	7664,231
41	14,900	0,182	0,403	685,1	8469,540

Рисунок 1.6.2 – Результати розрахунку ходовості проєктованого балкера

Представлені відповідно графіки залежності буксирувального опору та буксирувальної потужності від швидкості.

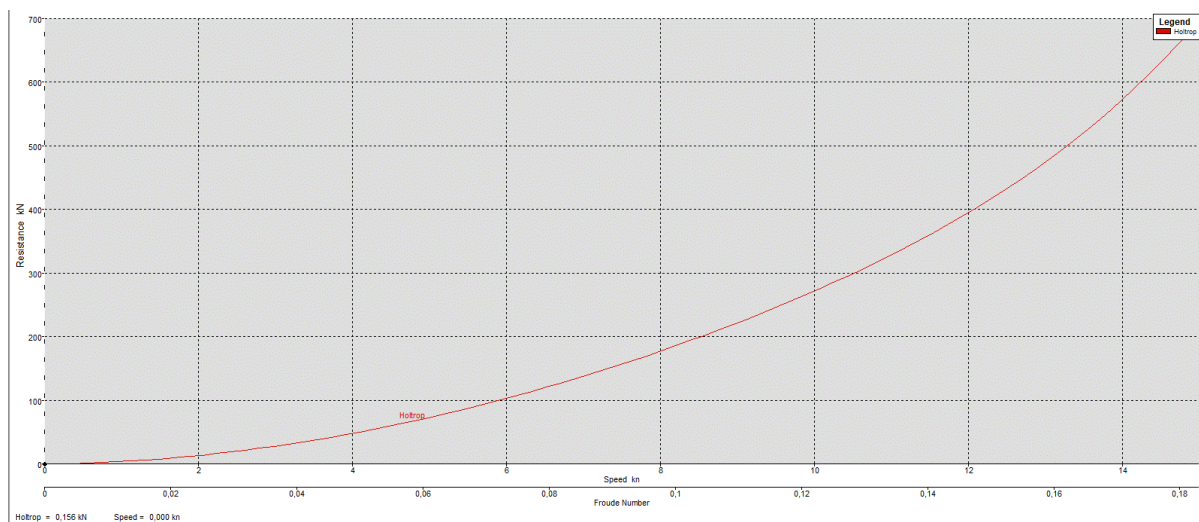


Рисунок 1.6.3 – Графік залежності буксирувального опору від швидкості $R = f(v_s)$

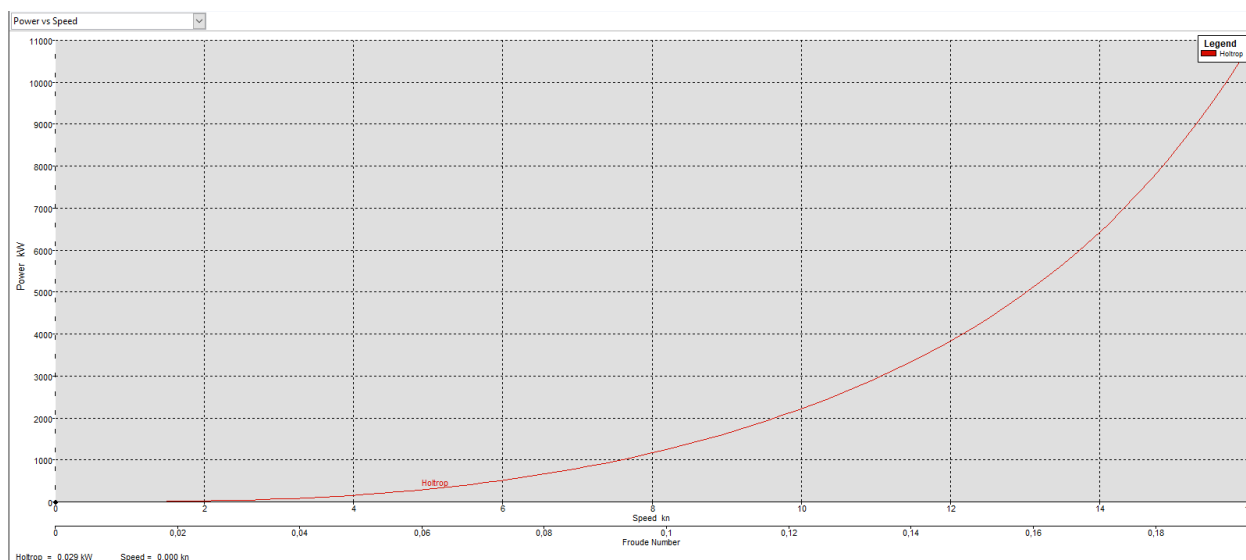


Рисунок 1.6.4 – Графік залежності буксирувальної потужності від швидкості балкера $P = f(v_s)$

1.6.2 Розрахунок характеристик рушія та вибір двигуна

Розрахунок параметрів пропульсивного комплексу балкера виконано на основі визначених значень проєктної швидкості судна (V), опору буксирування (R) та $P_E = RV$ ефективної буксирувальної потужності.

					24.ДРБ.135.4111.07.ПЗ	Арк.
						19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Основною метою розрахунку є визначення оптимальних характеристик гребного гвинта, що забезпечують високий коефіцієнт корисної дії, а також вибір головного двигуна необхідної потужності для забезпечення руху балкера із заданою проектною швидкістю.

Таблиця 1.6.1 Вихідні дані балкера та розрахунки опору буксирування

Дані про балкер:	Символ	Дані	Одиниця виміру
Швидкість судна	V_s	14,4	вузли
Швидкість судна	$V = 0,514 V_s$	7,4	м/с
Осадка	d	11	м
Коефіцієнт загальної повноти	C_b	0,801	
Повний опір руху судна	$R_T(V)$	613,69	кН
Загальна потужність опору	$P_R = R_T V$	7387,13	кВт

Визначення гвинта з високим ККД

Розрахунок визначення характеристики гвинта з високим ККД було виконано за допомогою коефіцієнтів взаємодії гвинта з корпусом (Holtrop and Mennen), які наведені у таблиці 2.4

Таблиці 1.6.2 Коефіцієнти взаємодії гвинта з корпусом

Коефіцієнти взаємодії гвинта з корпусом:		
Коефіцієнт в'язкого опору	$10C_v$	0,02
Коефіцієнт сили засмоктування	t	0,10
Коефіцієнт попутного потоку	$w = 0.3C_b + 10C_vC_b - 0,10$	0,15
Відносна обертова ефективність	η_R	0,98

За результатами розрахунку отримали наступні дані для вибору схеми гвинта, які представлені у таблиці 1.6.3

Таблиці 1.6.3 Значення які необхідні для використання діаграми гвинта

					24.ДРБ.135.4111.07.ПЗ	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Значення, необхідні для використання діаграми гвинта:			
Тяга	$T = R_T/(1-t)$	681,87	кН
Діаметр гвинта	$D = 0,7d$	7,7	м
Швидкість поступальна гвинта	$V_A = V(1-w)$	6,29	м/с
Коефіцієнт упору діаметра	$K_{DT\ opt} = DV_A (\rho/T)^{0.5}$	1,87	

Значення відносного кроку J , взятого з діаграми, коефіцієнта тяги K_T і ККД гвинта η_p вказані на рисунку 2.39 стрілками. Числові значення цих величин наведено в таблиці 1.6.4.

Таблиця 1.6.4 Параметри гвинта

Результати використання гвинтової діаграми:		
Коефіцієнт упору	$K_T = T/(\rho n^2 D^4)$	0,22
Відносна хода	$J = V_A/(nD)$	0,9
Крокове відношення	P/D	1,31
ККД гвинта	η_0	0,71

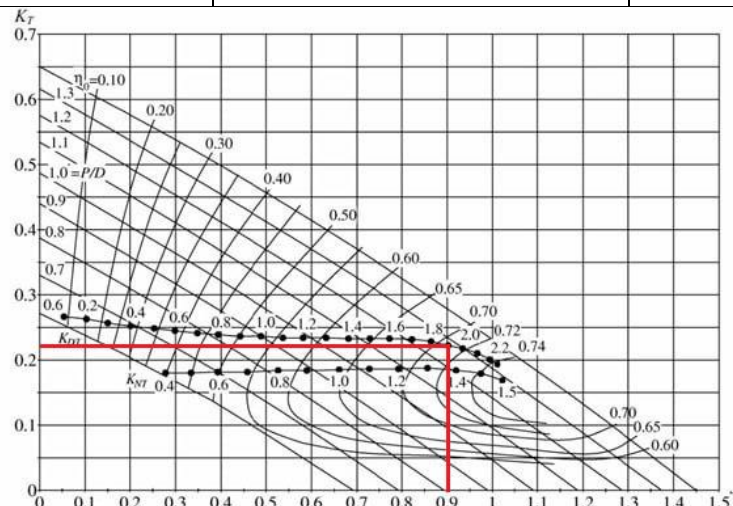


Fig. 2.20. Diagram M-4-65; $Z=4$; $A_2/A_0=0,65$

Рисунок 1.6.5 Вибрана діаграма J-КТ для розрахунку гвинта

Таблиця 1.6.5 Розрахунок оптимальної частоти обертання гвинта

Оптимальна частота обертання гвинта:	$n_{opt} = V_A/(JD)$	0,91	rpm
		54,6	об/хв

1.7. Вибір потужного двигуна для необхідності забезпечення руху балкера із заданою проєктною швидкістю.

Буксирувальна потужність для швидкості на випробуваннях: $v_e=14,9$ вузлів, $N_e=8469,5$ кВт. Буксирувальна потужність для експлуатаційної швидкості $v_e=14,4$ вузлів визначається шляхом розрахунків в MaxSurf та дорівнює $N_e = 7387,13$ кВт.

Обираємо малооборотний головний двигун фірми «MAN B&W» за каталогом (табл.1.7.1).

Таблиця 1.7.1 – 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	4S60MC-C	9020	105	170	5971	3768	10825	273

1.8 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);

					24.ДРБ.135.4111.07.ПЗ	Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- теоретична шпация $\Delta L = L/20 = 8.875\text{м}$.

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).

1.9 Побудова креслення загального розташування

Креслення виконується в середовищі AutoCAD у тому самому масштабі, що й теоретичне креслення.

На проекції «Вид збоку (повздовжній переріз)» наносяться поперечні перебірки, друге дно, надбудова, мачти, крани, леєрна огорожа, суднові пристрої, навігаційні та ходові вогні, двері, трапи, ілюмінатори, а також габаритні обриси головного двигуна, осі валопроводу та рушій.

На проекції «Верхня палуба» відображаються засоби комунікації, поперечні перебірки та розміщуються елементи якірно-швартовного пристрою в носовій і кормовій частинах судна.

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

Після визначення головних розмірів та коефіцієнтів його повноти необхідно виконати перевірку вантажомісткості. Дана перевірка є завершальним етапом проектування і проводиться з достатньою точністю за допомогою програмного комплексу Maxsurf Stability Enterprise.

Оскільки довжина проектування судна становить від 165 до 185 м, а машинне відділення розташоване в кормовій частині, кількість водонепроникних перебірок приймається відповідно до нормативних вимог.

Фактичну шпацию визначаємо за формулою:

$$a_0 = 0,002 \cdot L + 0,48 = 0,02 \cdot 177,5 + 0,48 = 0,835$$

Приймаємо $a_0 = 850\text{ мм}$.

Згідно з вимогами Правил Регістру, у форпіку та ахтерпіку шпация приймається $a_{\phi} = a_{\text{ахт}} = 600\text{ мм}$. Перехідна шпация між форпіковою

					24.ДРБ.135.4111.07.ПЗ	Арк.
						23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

перебіркою та перерізом $0,2L$ від носового перпендикуляру приймається $a_n = 700$ мм. Таким чином поперечні перебірки поділяють корпус судна на відсіки представлені у табл.1.6.1.

Таблиця 1.10.1 – Відсіки судна

Шпація	Відсік	Довжина
209-192	Ахтерпик	$L_{axm}=17 \cdot 0,6=10,2$ м
192-165	МВ	$L_{mv}=27 \cdot 0,95=25,65$ м
165-144	Трюм №7	$L_{mp7}=21 \cdot 0,95=19,95$ м
144-123	Трюм №6	$L_{mp6}=21 \cdot 0,95=19,95$ м
123-102	Трюм №5	$L_{mp5}=21 \cdot 0,95=19,95$ м
102-81	Трюм №4	$L_{mp4}=21 \cdot 0,95=19,95$ м
81-60	Трюм №3	$L_{mp3}=21 \cdot 0,95=19,95$ м
60-34	Трюм №2	$L_{mp2}=6 \cdot 0,95+0,5+19 \cdot 0,7=19,5$ м
34-14	Трюм №1	$L_{mp1}=21 \cdot 0,7=14$ м
14-0	Форпик	$L_{for}=14 \cdot 0,6=8,4$ м
Сума		$L = 177,5$ м

Висоту другого дна розраховуємо за формулою:

$$H_{dd} = L - \frac{40}{0,57} + 40B + \frac{3500d}{L} = 177,5 - \frac{40}{0,57} + 40 \cdot 32 + \frac{3500 \cdot 11}{177,5} = 1,604 \text{ м.}$$

Приймаємо $H_{dd} = 2,0$ м.

Ширину подвійного борту визначаємо за формулою:

					24.ДРБ.135.4111.07.ПЗ	Арк.
						24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$b_{пб} = 0,5 + \frac{DW}{20000} = 0,5 + \frac{37340}{20000} = 2,367 \text{ м.}$$

Приймаємо $b_{пб} = 2,5 \text{ м.}$

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.1.10.2.

Таблиця 1.10.2 – Таблиця ємності

	Item Name	Quantity	Unit Mass tonne	Total Mass tonne	Unit Volume m³	Total Volume m³	Long. Arm m	Vert. Arm m
1	Hull	1	7840,000	7840,000			-94,920	11,310
2	Engine	1	762,000	762,000			-155,280	9,390
3	Equipment	1	3404,000	3404,000			-105,790	18,360
4	Margin	1	521,000	521,000			-102,960	12,060
5	Total LightSh			12527,000			-101,880	13,140
6	Hold1	95,85%	3785,642	3628,538	4561,015	4371,733	-15,891	8,894
7	Hold2	88%	6199,537	5455,593	7469,322	6573,003	-32,160	8,033
8	Hold3	88%	6349,359	5587,436	7649,830	6731,850	-51,875	8,026
9	Hold4	88%	6349,358	5587,435	7649,829	6731,849	-71,825	8,026
10	Hold5	90%	6349,360	5714,424	7649,832	6884,848	-91,775	8,163
11	Hold6	90%	6349,358	5714,422	7649,829	6884,846	-111,725	8,163
12	Hold7	90%	6280,362	5652,326	7566,701	6810,031	-131,602	8,237
13	Total Cargo	89,62%	41662,976	37340,173	50196,357	44988,161	-75,817	8,185
14	DB Hold1	0%	348,003	0,000	414,289	0,000	-17,121	0,000
15	DB Hold2	0%	896,078	0,000	1066,760	0,000	-33,255	0,000
16	DB Hold3	0%	1057,457	0,000	1258,877	0,000	-51,888	0,000
17	DB Hold4	0%	1058,235	0,000	1259,804	0,000	-71,825	0,000
18	DB Hold5	18,9%	1048,028	198,077	1247,653	235,806	-91,609	0,205
19	DB Hold6	98%	881,613	863,981	1049,539	1028,548	-111,157	1,070
20	DB Hold7	98%	555,873	544,756	661,754	648,519	-130,662	1,138
21	DB Engine roo	98%	278,705	273,131	331,792	325,156	-151,427	1,098
22	Total Fuel	30,7%	6123,993	1879,945	7290,467	2238,030	-120,600	1,003
23	Forepeak	0%	1444,933	0,000	1409,691	0,000	-7,190	0,000
24	DS Hold 1 S	0%	125,081	0,000	122,031	0,000	-21,324	6,743
25	DS Hold 1 P	0%	125,108	0,000	122,056	0,000	-21,324	6,743
26	DS Hold 2 S	0%	492,748	0,000	480,730	0,000	-36,537	2,000
27	DS Hold 2 P	0%	492,748	0,000	480,730	0,000	-36,537	2,000
28	DS Hold 3 S	0%	629,448	0,000	614,096	0,000	-51,881	2,000
29	DS Hold 3 P	0%	629,448	0,000	614,096	0,000	-51,881	2,000
30	DS Hold 4 S	0%	629,580	0,000	614,224	0,000	-71,825	2,000
31	DS Hold 4 P	0%	629,580	0,000	614,224	0,000	-71,825	2,000
32	DS Hold 5 S	0%	628,994	0,000	613,652	0,000	-91,685	2,000
33	DS Hold 5 P	0%	628,994	0,000	613,652	0,000	-91,685	2,000
34	DS Hold 6 S	0%	613,761	0,000	598,792	0,000	-109,698	2,000
35	DS Hold 6 P	0%	613,761	0,000	598,792	0,000	-109,698	2,000
36	DS Hold 7 S	0%	513,007	0,000	500,494	0,000	-122,498	2,000
37	DS Hold 7 P	0%	513,007	0,000	500,494	0,000	-122,498	2,000
38	Afterpeak	0%	2389,229	0,000	2330,955	0,000	-167,660	0,517
39	Total Ballast	0%	11099,427	0,000	10828,709	0,000	0,000	0,000
40	Supply	1	311,000	311,000			-168,020	16,190
41	Total Supply			311,000			-168,020	16,190
42	Total Loadca			52058,117	68315,533	47226,190	-84,257	9,166
43	FS correction							0,907
44	VCG fluid							10,072

Перевірка: $W_B = P_B / \gamma_B = 37340 / 1,2 = 31116,66$

Похибка: $\varepsilon = \frac{37340,173 - 31116,66}{37340,173} \cdot 100\% = 0,17\% < 5\%$

					24.ДРБ.135.4111.07.ПЗ	Арк.
						25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$W_{\Pi} = P_{\Pi} * \gamma_{\Pi} = 1880 / 1,2 = 1566,6$$

Похибка:

$$\varepsilon = \frac{1879,945 - 1566,6}{1879,945} \cdot 100\% = 0,17\% < 5\% .$$

Проект судна повністю вміщує в собі увесь вантаж, паливо.

1.11 Удиферентування проекту судна

У подальших розрахунках приймається, що вантаж і суднові запаси розміщені симетрично відносно діаметральної площини судна, тому виникнення крену не враховується.

Для визначення рівноважної посадки та виконання удиферентування використовується програмний комплекс Maxsurf Stability Enterprise. Розглядається перший стан навантаження, який відповідає 100% завантаженню вантажем, 100% запасів та відсутності баласту. Вихідні дані для розрахунку беруться з модуля Loadcase.

Удиферентування проектного судна здійснюється в середовищі Maxsurf Stability за допомогою команди Equilibrium для зазначеного стану навантаження. На рисунку 1.11.1 наведено візуалізацію посадки судна після досягнення стану рівноваги. За допомогою Loadcase перевіряємо посадку судна (табл. 1.11.2).

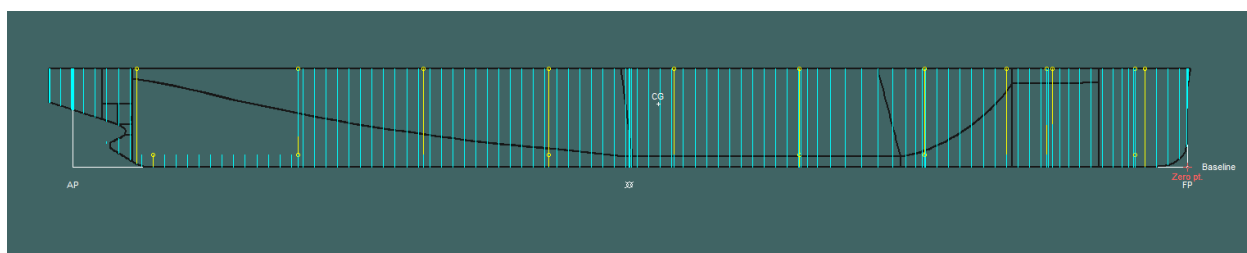


Рисунок 1.11.1 – Удиферентоване судно-проект у повному вантажі

					24.ДРБ.135.4111.07.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

Таблиця 1.11.2 – Посадка судна

1	Draft Amidships m	11,008
2	Displacement t	52058
3	Heel deg	0,0
4	Draft at FP m	10,972
5	Draft at AP m	11,044
6	Draft at LCF m	11,009
7	Trim (+ve by stern) m	0,072
8	WL Length m	181,233
9	Beam max extents on	32,528
10	Wetted Area m ²	8345,01
11	Waterpl. Area m ²	5431,27
12	Prismatic coeff. (Cp)	0,788
13	Block coeff. (Cb)	0,780
14	Max Sect. area coeff. (Cm)	0,993
15	Waterpl. area coeff. (Cw)	0,921
16	LCB from zero pt. (+ve)	-84,258
17	LCF from zero pt. (+ve)	-92,242
18	KB m	5,890
19	KG fluid m	10,072
20	BMT m	8,767
21	BML m	255,027
22	GMt corrected m	4,585
23	GML m	250,845
24	KMt m	14,657
25	KML m	260,917
26	Immersion (TPc) tonne/	55,671
27	MTc tonne.m	735,691
28	RM at 1deg = GMt.Disp.	4165,27
29	Max deck inclination de	0,0231
30	Trim angle (+ve by ster	0,0231

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:

- $\Delta T \leq (0,006...0,008)L = 0,008 \cdot 177,5 = 1,42$ м – умова забезпечення задовільної ходовості по опору води: $0,016 < 1,42$, умова задовольняє;

- $T_n \geq \frac{L}{40} = \frac{177,5}{40} = 4,44$ м – умова відсутності слемінгу: $10,972 > 4,44$, умова задовольняє;

- $T_k \geq d_{св} - d_{св} = 6,8$ м – умова забезпечення нормальної роботи гвинта і керованості: $11,044 > 6,8$ – умова задовольняє.

- $T_k \geq T_n$ – умова забезпечення морехідних якостей: $11,044 > 10,972$ – умова задовольняє.

Отже, проект у повному вантажі удиферентовано.

					24.ДРБ.135.4111.07.ПЗ	Арк.
						27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

					24.ДРБ.135.4111.07. ПЗ.02						
Змн.	Арк.З	№ докум.	Підпис№	Дата							
					Визначення остійності та критерія погоди			Літ.	Арк.Дата	Аркушів	
Студент	Гудович П.В.									Арк.	5
Консульт.	Пашенко Ю.М.							НУК			
Керівник	Ястреба О.П.										
Зав. кафедр.	Некрасов В.О.										

2 Перевірка вимог Правил Регістру до остійності проекту

2.1. Розрахунок та побудова гідростатичних кривих

Для розрахунку елементів плавучості та початкової остійності застосовуємо програму Maxsurf Stability.

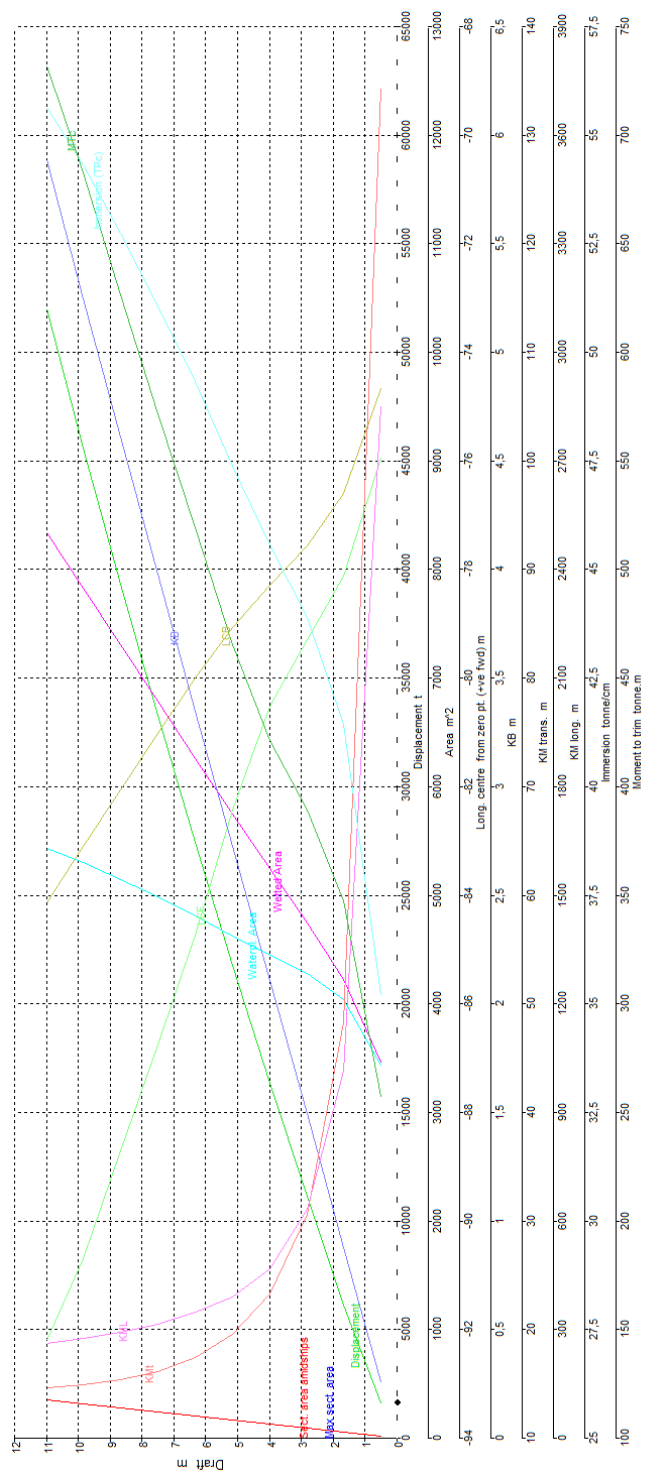


Рисунок 2.1.1 – Гідростатичні криві

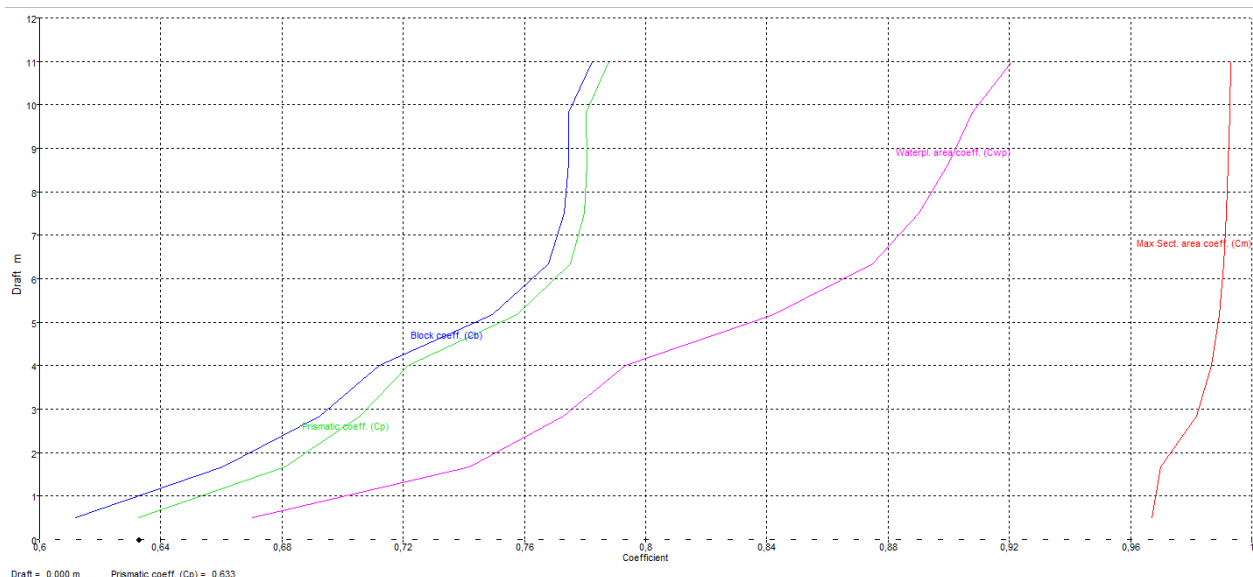


Рисунок 2.1.2 – Криві форми

	Draft Amidships m	0,500	1,667	2,833	4,000	5,167	6,333	7,500	8,667	9,833	11,000
1	Displacement t	1607	6148	11141	16360	21781	27423	33279	39337	45585	52007
2	Heel deg	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
3	Draft at FP m	0,500	1,667	2,833	4,000	5,167	6,333	7,500	8,667	9,833	11,000
4	Draft at AP m	0,500	1,667	2,833	4,000	5,167	6,333	7,500	8,667	9,833	11,000
5	Draft at LCF m	0,500	1,667	2,833	4,000	5,167	6,333	7,500	8,667	9,833	11,000
6	Trim (+ve by stern) m	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
7	WL Length m	164,513	168,253	170,844	172,809	169,195	169,446	172,399	175,925	179,576	181,233
8	Beam max extents on	31,164	32,384	32,424	32,425	32,442	32,459	32,476	32,494	32,511	32,528
9	Wetted Area m ²	3460,50	4228,89	4749,36	5243,41	5743,43	6259,92	6786,77	7303,36	7825,59	8339,45
10	Waterpl. Area m ²	3435,87	4042,09	4281,60	4445,82	4623,27	4812,42	4983,23	5145,13	5299,48	5428,82
11	Prismatic coeff. (Cp)	0,633	0,681	0,706	0,722	0,757	0,775	0,780	0,781	0,780	0,788
12	Block coeff. (Cb)	0,612	0,660	0,692	0,712	0,749	0,768	0,773	0,775	0,775	0,782
13	Max Sect. area coeff. (Cm)	0,967	0,970	0,982	0,987	0,989	0,991	0,992	0,992	0,993	0,993
14	Waterpl. area coeff. (Cwp)	0,670	0,742	0,773	0,793	0,842	0,875	0,890	0,900	0,908	0,921
15	LCB from zero pt. (+ve)	-74,673	-76,602	-77,558	-78,296	-79,075	-80,005	-81,010	-82,050	-83,105	-84,148
16	LCF from zero pt. (+ve)	-75,943	-78,120	-79,283	-80,523	-82,425	-84,728	-86,755	-88,714	-90,691	-92,194
17	KB m	0,259	0,879	1,496	2,110	2,726	3,349	3,978	4,610	5,247	5,885
18	KG m	11,000	11,000	11,000	11,000	11,000	11,000	11,000	11,000	11,000	11,000
19	BMT m	133,967	47,411	29,075	21,173	16,844	14,094	12,192	10,770	9,667	8,768
20	BML m	2850,66	1013,04	629,811	465,809	387,405	343,773	312,025	289,039	271,516	254,948
21	GMT m	123,226	37,290	19,570	12,283	8,571	6,443	5,169	4,381	3,914	3,654
22	GML m	2839,92	1002,92	620,307	456,918	379,131	336,122	305,003	282,650	265,763	249,834
23	KMT m	134,226	48,290	30,570	23,283	19,571	17,443	16,169	15,381	14,914	14,654
24	KML m	2850,92	1013,92	631,307	467,918	390,131	347,122	316,003	293,650	276,763	260,834
25	Immersion (TPC) tonne/	35,218	41,431	43,886	45,570	47,389	49,327	51,078	52,738	54,320	55,645
26	MTc tonne.m	257,166	347,377	389,329	421,146	465,234	519,301	571,839	626,407	682,528	732,003
27	RM at 1deg = GMT.Disp.	3456,69	4001,06	3805,04	3507,12	3257,96	3083,72	3002,15	3007,38	3113,88	3316,27
28	Max deck inclination de	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
29	Trim angle (+ve by ster	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

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 заміряємо значення аплікати центру парусності .

Амплітуда хитавиці розраховується за формулою

$$\theta_1 = 109 \cdot k \cdot X_1 \cdot X_2 \cdot \sqrt{r \cdot S} = 109 * 1 * 0.914 * 1 * \sqrt{0.688 * 0.0733} = 22.37^\circ$$

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 ; $X_1 = 0.914 \left(\frac{B}{T} = \frac{32}{11} = 2.91 \right)$

X_2 – безрозмірний множник, який визначається в залежності від коефіцієнта загальної повноти C_b ; $X_2=1$ ($C_b=0,801$);

r – параметр, не повинен братися більше 1;

$$r = 0.73 + \frac{0.6(z_g - d)}{d} = 0.73 + \frac{0.6(10.23 - 11)}{11} = 0.688$$

S – безрозмірний множник, який залежить від району плавання судна і періоду хитавиці , який розраховується за формулою:

$$T = \frac{2cB}{\sqrt{h}} = \frac{2*0.3619*32}{\sqrt{4.585}} = 10.82,$$

$$\text{де } c = 0.373 + 0.23 * \frac{B}{d} - 0.043 * \frac{L_{wl}}{100} = 0.373 + 0.23 * \frac{32}{11} - 0.043 * \frac{181.233}{100} = 0.3619;$$

h – виправлена метацентрична висота; L_{wl} – довжина судна по ватерлінії.

$$S = 0,0733$$

					24.ДРБ.135.4111.07.ПЗ	Арк.
						31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

$A_v = \sum Si = 1203,325 \text{ м}^2$ площа парусності.

$Z_B = 16,064$

$Z_v = Z_B - \frac{d}{2} = 16,064 - \frac{11}{2} = 10,5 \text{ м}$ - плече парусності, яке приймається рівним виміряній по вертикалі відстані від центра площі парусності A_v , до центра площі проекції підводної частини корпусу на ДП.

Тому тиск вітру $P_v=504 \text{ Па}$, $D=52058 \text{ т}$ – водотоннажність,

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

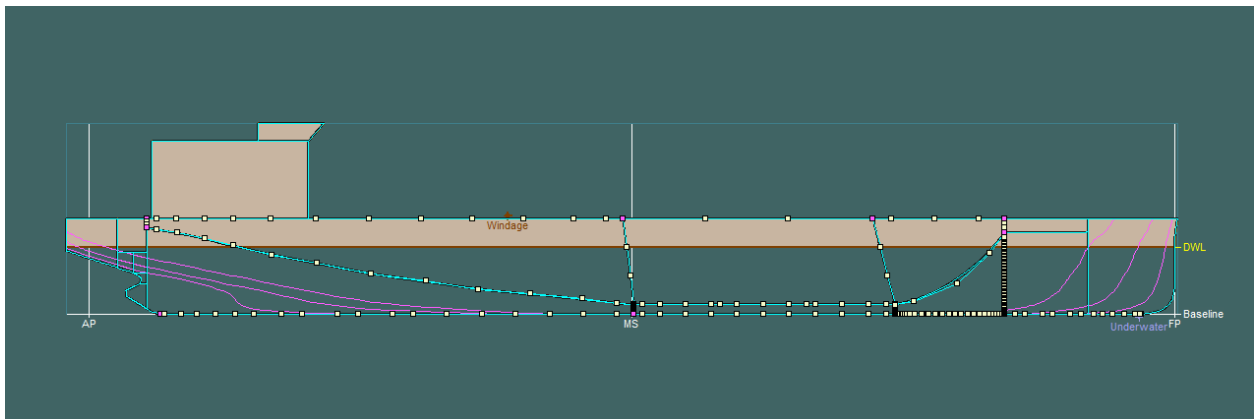


Рисунок 2.3.1 – Схема визначення площі парусності

$$l_{w1} = \frac{P_v \cdot A \cdot Z_v}{1000 \cdot g \cdot D} = \frac{504 \cdot 1203,325 \cdot 10,5}{1000 \cdot 9,81 \cdot 52058} = 0,012 \text{ м}$$

$$l_{w2} = 1,5 \cdot l_{w1} = 1,5 \cdot 0,012 = 0,018 \text{ м}$$

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.135.4111.07.ПЗ	Арк.
						32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

	Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status	Margin %
1	A.749(18) Ch3 - Design criteria a	3.1.2.1: Area 0 to 30				Pass	
2		from the greater of					
3		spec. heel angle	0,0	deg	0,0		
4		to the lesser of					
5		spec. heel angle	30,0	deg	30,0		
6		angle of vanishing stability	66,9	deg			
7		shall not be less than ($\geq$)	0,0550	m.rad	0,5985	Pass	+988,10
8							
9	A.749(18) Ch3 - Design criteria a	3.1.2.1: Area 0 to 40				Pass	
10		from the greater of					
11		spec. heel angle	0,0	deg	0,0		
12		to the lesser of					
13		spec. heel angle	40,0	deg	40,0		
14		first downflooding angle	n/a	deg			
15		angle of vanishing stability	66,9	deg			
16		shall not be less than ($\geq$)	0,0900	m.rad	0,9063	Pass	+906,95
17							
18	A.749(18) Ch3 - Design criteria a	3.1.2.1: Area 30 to 40				Pass	
19		from the greater of					
20		spec. heel angle	30,0	deg	30,0		
21		to the lesser of					
22		spec. heel angle	40,0	deg	40,0		
23		first downflooding angle	n/a	deg			
24		angle of vanishing stability	66,9	deg			
25		shall not be less than ($\geq$)	0,0300	m.rad	0,3078	Pass	+925,95
26							
27	A.749(18) Ch3 - Design criteria a	3.1.2.2: Max GZ at 30 or greater				Pass	
28		in the range from the greater of					
29		spec. heel angle	30,0	deg	30,0		
30		to the lesser of					
31		spec. heel angle	90,0	deg	90,0		
32		angle of max. GZ	29,1	deg			
33		shall not be less than ($\geq$)	0,200	m	1,834	Pass	+817,00
34		Intermediate values					
35		angle at which this GZ occurs		deg	30,0		
36							
37	A.749(18) Ch3 - Design criteria a	3.1.2.3: Angle of maximum GZ				Pass	
38		shall not be less than ($\geq$)	25,0	deg	29,1	Pass	+16,36

	Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status	Margin %
40	A.749(18) Ch3 - Design criteria a	3.1.2.4: Initial GMT				Pass	
41		spec. heel angle	0,0	deg			
42		shall not be less than ($\geq$)	0,150	m	4,585	Pass	+2956,67
43							
44	A.749(18) Ch3 - Design criteria a	3.2.2: Severe wind and rolling				Pass	
45		Wind arm: $a P A (h - H) / (g \text{ disp.}) \cos$					
46		constant: $a =$	0,99966				
47		wind pressure: $P =$	504,0	Pa			
48		area centroid height (from zero point):	21,564	m			
49		additional area: $A =$	50,000	m ²			
50		$H =$ vert. centre of projected lat. u'wat	5,585	m			
51		cosine power: $n =$	0				
52		gust ratio	1,5				
53		Area2 integrated to the lesser of					
54		roll back angle from equilibrium (with s	25,0 (-24,9)	deg	-24,9		
55		Area 1 upper integration range, to the					
56		spec. heel angle	50,0	deg	50,0		
57		first downflooding angle	n/a	deg			
58		angle of vanishing stability (with gust	66,8	deg			
59		Angle for GZ(max) in GZ ratio, the le					
60		angle of max. GZ	29,1	deg	29,1		
61		Select required angle for angle of stea	DeckEdgelm				
62		Criteria:				Pass	
63		Angle of steady heel shall not be	16,0	deg	0,1	Pass	+99,41
64		Angle of steady heel / Deck edge i	80,00	%	0,59	Pass	+99,26
65		Area1 / Area2 shall not be less th	100,00	%	260,02	Pass	+160,02
66		Intermediate values					
67		Model windage area		m ²	850,168		
68		Model windage area centroid height (f		m	13,352		
69		Total windage area		m ²	900,168		
70		Total windage area centroid height (fr		m	13,808		
71		Heel arm amplitude		m	0,007		
72		Equilibrium angle with steady heel arm		deg	0,1		
73		Equilibrium angle with gust heel arm		deg	0,1		
74		Deck edge immersion angle		deg	15,9		
75		Area1 (under GZ), from 0,1 to 50,0 de		m.rad	1,1548		
76		Area1 (under HA), from 0,1 to 50,0 de		m.rad	0,0095		
77		Area1, from 0,1 to 50,0 deg.		m.rad	1,1452		
78		Area2 (under GZ), from -24,9 to 0,1 d		m.rad	-0,4357		
79		Area2 (under HA), from -24,9 to 0,1 d		m.rad	0,0048		
80		Area2, from -24,9 to 0,1 deg.		m.rad	0,4404		

Рисунок 2.3.4 – Перевірка критеріїв остійності.

2.4. Розрахунок аварійної остійності для пошкодженого судна

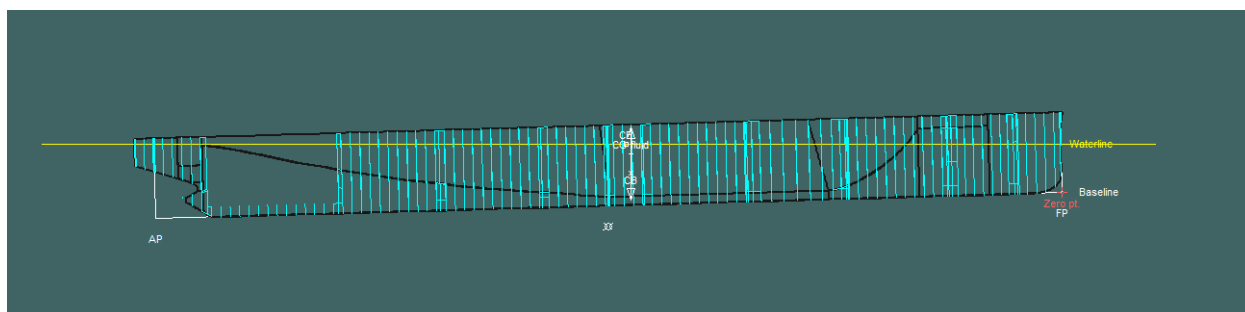


Рисунок 2.4.1 – Зображення пошкодженого машинного відсіку

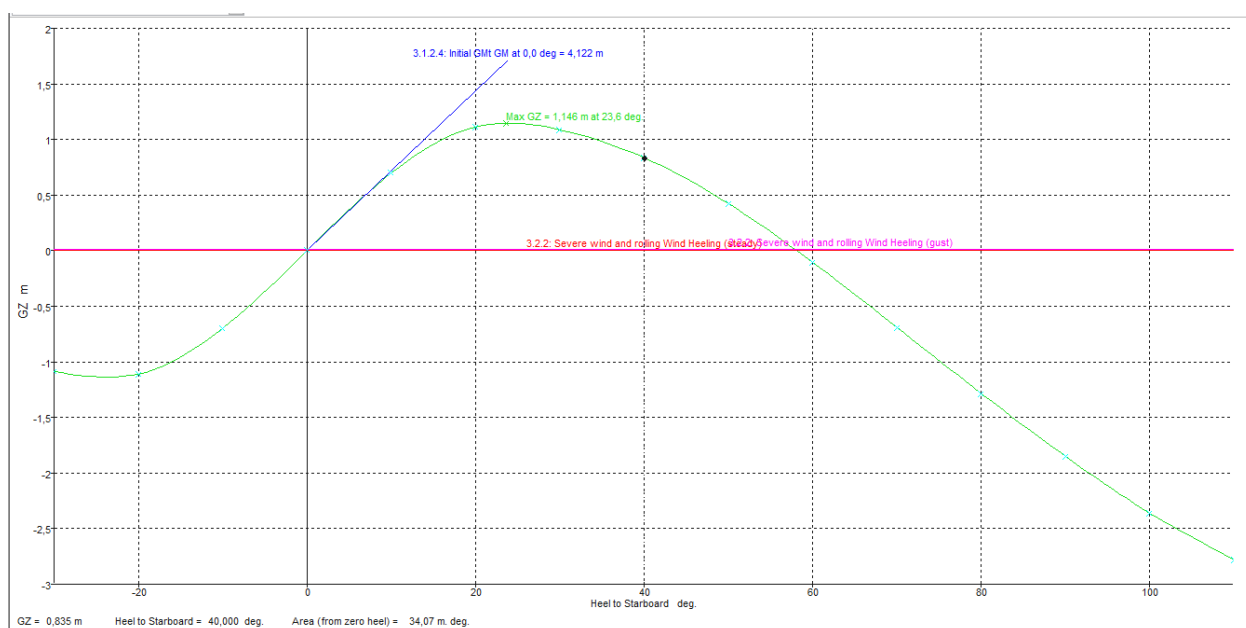


Рисунок 2.3.2 - Діаграма аварійної остійності

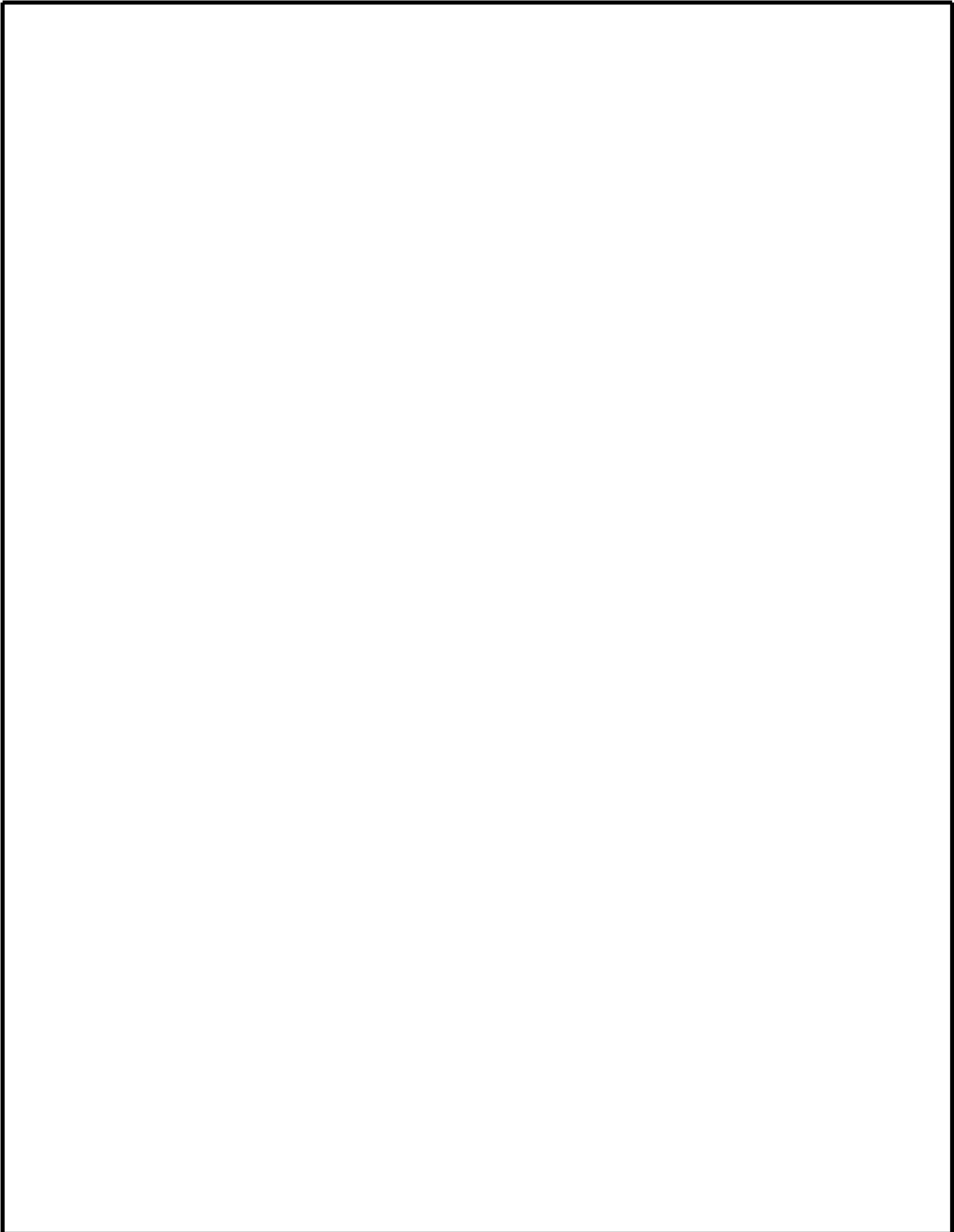
	Heel to Starboard deg	-30,0	-20,0	-10,0	0,0	10,0	20,0	30,0	40,0	50,0	60,0	70,0	80,0	90,0	100,0	110,0
1	GZ m	-1,088	-1,111	-0,699	0,000	0,700	1,112	1,088	0,835	0,423	-0,106	-0,691	-1,285	-1,852	-2,361	-2,781
2	Area under GZ curve from zero heel	0,4234	0,2274	0,0631	0,0000	0,0632	0,2273	0,4243	0,5946	0,7065	0,7354	0,6663	0,4937	0,2195	-0,1494	-0,5985
3	Displacement t	52058	52058	52061	52060	52055	52058	52058	52058	52058	52058	52058	52058	52058	52058	52058
4	Draft at FP m	9,045	9,067	9,396	9,461	9,401	9,079	9,046	9,451	10,189	11,351	13,605	20,222	n/a	5,596	-0,997
5	Draft at AP m	17,653	15,665	14,644	14,544	14,636	15,650	17,653	20,615	25,019	31,994	45,163	83,108	n/a	64,334	26,348
6	WL Length m	181,390	181,340	181,307	181,305	181,307	181,339	181,389	181,441	181,493	181,755	182,019	182,029	181,839	181,384	179,165
7	Beam max extents on WL m	28,054	32,795	33,050	32,568	33,057	32,778	28,054	24,310	20,488	18,123	16,702	15,937	15,695	15,938	16,704
8	Wetted Area m²2	10348,8	9871,64	9163,68	8875,74	9160,98	9869,56	10348,9	10604,9	10742,8	10819,8	10869,9	10907,6	10938,6	10968,0	10996,1
9	Waterpl. Area m²2	3472,19	4010,69	4676,78	4816,72	4678,12	4011,55	3472,19	3130,16	2790,71	2527,38	2359,46	2270,09	2249,90	2296,95	2415,89
10	Prismatic coeff. (Cp)	0,700	0,699	0,700	0,703	0,701	0,699	0,700	0,701	0,704	0,706	0,708	0,711	0,714	0,719	0,731
11	Block coeff. (Cb)	0,523	0,512	0,587	0,607	0,587	0,512	0,523	0,540	0,588	0,625	0,651	0,637	0,614	0,592	0,577
12	LCB from zero pt. (+ve fwd) m	-84,421	-84,407	-84,374	-84,374	-84,362	-84,386	-84,421	-84,456	-84,487	-84,514	-84,516	-84,502	-84,503	-84,472	-84,436
13	LCF from zero pt. (+ve fwd) m	-73,794	-75,310	-81,450	-85,156	-81,467	-75,333	-73,794	-73,714	-74,173	-74,215	-74,172	-74,070	-73,915	-73,758	-73,603
14	Max deck incination deg	30,0873	20,0957	10,1367	1,6401	1,1361	20,0950	30,0873	40,0791	50,0691	60,0558	70,0384	80,0191	90,0000	99,9834	109,9714
15	Trim angle (-ve by stern) deg	2,7762	2,1287	1,6935	1,6401	1,6894	2,1203	2,7761	3,5989	4,0760	6,6336	10,0814	19,5084	90,0000	18,3102	8,7574

Рисунок 2.3.3 – Ординати діаграми аварійної остійності

82	Regulation 28 GZ-based	28.3.2 Equi heel <= 25 or <= 30 if no				Pass	
83		Ratio of equilibrium heel angle to the					
84		spec. heel angle	25,0	deg	25,0		
85		shall not be greater than (<=)	100,00	%	0,00	Pass	+100,00
86		or					
87		Ratio of equilibrium heel angle to the					
88		spec. heel angle	30,0	deg			
89		angle of deck edge immersion	3,9	deg	3,9		
90		shall not be greater than (<=)	100,00	%	0,00	Pass	+100,00
91		Intermediate values					
92		Equilibrium angle		deg	0,0		
93							
94	Regulation 28 GZ-based	28.3.3 Range of positive stability i				Pass	
95		from the greater of					
96		angle of equilibrium	0,0	deg	0,0		
97		to the lesser of					
98		first downflooding angle	n/a	deg			
99		angle of vanishing stability	58,1	deg	58,1		
100		shall not be less than (>=)	20,0	deg	58,1	Pass	+190,54
101							
102	Regulation 28 GZ-based	28.3.3 Residual righting lever				Pass	
103		in the range from the greater of					
104		angle of equilibrium	0,0	deg	0,0		
105		to the lesser of					
106		spec. angle above equilibrium	20,0 (20,0)	deg	20,0		
107		angle of max. GZ	23,6	deg			
108		first downflooding angle	n/a	deg			
109		shall not be less than (>=)	0,100	m	1,112	Pass	+1012,00
110		Intermediate values					
111		angle at which this GZ occurs		deg	20,0		
112							
113	Regulation 28 GZ-based	28.3.3 Area under GZ curve				Pass	
114		from the greater of					
115		angle of equilibrium	0,0	deg	0,0		
116		to the lesser of					
117		spec. angle above equilibrium	20,0 (20,0)	deg	20,0		
118		first downflooding angle	n/a	deg			
119		angle of vanishing stability	58,1	deg			
120		shall not be less than (>=)	0,0175	m.rad	0,2273	Pass	+1198,86

Рисунок 2.4.4 – Перевірка критеріїв остійності при пошкодженні машинного відсіку для варіанта навантаження «Design Draft»

Висновок: Спроектоване судно відповідає всім вимогам Міжнародної Морської Організації



					24.ДРБ.135.4111.07.ПЗ.03						
Зм.	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата	Розрахунок конструктивного мідель-шпангоуту						
Студент	Гудович П.В.										
Консультан	Шарун Г. В.	<i>Шарун</i>									
Керівник	Ястреба О.П.										
Зав.кафедр	Некрасов В.О.										
					Літ		Аркуш		Аркушів		
					у		1				
					НУК Ім. Адмірала Макарова						

3. Розрахунок конструктивного мідель-шпангоута

У даному розділі визначені розміри в'язей корпусу навалочного судна в узгодженні з «Правилами класифікації та побудови морських суден» Регістру судноплавства України 2020 року на клас КМ AUT2.

КМ – самохідне судно, яке повністю (або його корпус, чи механічна установка, механізми, обладнання) побудовані та/або виготовленні за правилами Регістру судноплавства України.

AUT2 – об'єм автоматизації дозволяє експлуатувати механічну установку одним оператором з ЦПУ без постійної присутності обслуговуючого персоналу у машинному відділенні

3.1. Головні розміри судна

Таблиця №3.1

№	Назва величини	Позначення величини	Розмірність	Дані
1	Довжина між перпендикулярами	L	м	177,5
2	Ширина судна на міделі	B	м	32
3	Висота борту	D	м	15,7
4	Осадка судна по літню ГВЛ	d	м	11
5	Коефіцієнт загальної повноти	C_{ϕ}	-	0,801
6	Швидкість судна	V_C	вуз	14,4

Необхідно перевірити, щоб судно, яке проектується, знаходилося в діапазоні суден, які розглядаються Правилами Регістра:

- відношення довжини судна до висоти борту: $\frac{L}{D} \leq 18, \frac{177,5}{15,7} = 11,31 \leq 18;$
- відношення ширини судна до висоти борту: $\frac{B}{D} \leq 2,5, \frac{32}{15,7} = 2,03 \leq 2,5;$

– відношення осадки судна до висоти борту: $0,55 \leq \frac{d}{D} \leq 0,8$,

$$0,55 \leq \frac{11}{15,7} = 0,7 \leq 0,8;$$

– коефіцієнт загальної повноти $C_g \geq 0,6$; $0,801 > 0,6$.

Відношення головних розмірів не виходить за межі діапазонів, що розглядаються Правилами Регістру.

3.1. Архітектурно-конструктивний тип судна

Судно однопалубне, з кормовим розташуванням машинного відділення та жилої надбудови, з подвійним дном, з одинарними бортами, з бортовими підпалубними та скуловими цистернами. Має 8 поперечних перебірок. З транцевою кормою, бульбовидною носовою кінцівкою, з носовим баком.

Подвійне дно набране за поздовжньою системою. Кут нахилу стінок бортових цистерн до ОП 45° .

Палуба та ділянки бортів в районі бортових підпалубних цистерн та нахиленні стінки підпалубних цистерн набрані за поздовжньою системою. Кут нахилу стінок підпалубних цистерн до ОП 30° .

3.2. Вибір системи набору перекрить корпусу судна

Система набору корпусу судна змішана, тобто днищеві і палубні перекриття набирається за поздовжньою системою набору, а бортові перекриття за поперечною. Кінцеві частини корпусу судна набираються за поперечною системою набору, яка дозволяє краще сприймати поперечні навантаження з боку моря.

3.3. Вибір марки сталі для корпусу судна

Всі листові елементи корпусу судна виготовляються зі сталі 10ХСНД із межею плинності $R_{EH}=390$ МПа. Деталі профільного прокату виготовленні зі сталі 10Г2С1Д

					24.ДРБ.135.4111.07.ПЗ	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

«Характеристики сталей»

Таблиця №4.2

№	Марка сталі	R_{EH} , МПа	Коефіцієнт використання механічних властивостей, η	Нижня межа температури, °С.	Відносне подовження, %.
1	10ХСНД	390	0,68	-40	16
2	10Г2С1Д	355	0,72	-60	16

За розрахункові характеристики міцності матеріалу в Правилах взяті нормативні межі плинності за нормальними σ_n і дотичними τ_n напруженнями:

$$\sigma_n = \frac{235}{\eta}, \tau_n = 0,57 \cdot \sigma_n, \text{ МПа.}$$

3.4. Вибір шпациї

Нормальна шпация a , м, в середній частині судна визначається за формулою: $a_0 = 0,002 \cdot L + 0,48$ м., де $L=177,5$ – довжина судна між перпендикулярами, м.

Маємо: $a_0 = 0,002 \cdot L + 0,48 = 0,002 \cdot 177,5 + 0,48 = 0,835$ м.

Прийmemo: $a_0=950$ мм – поперечна шпация; $a_0=850$ мм – повздовжня шпация.

3.5. Викреслення обводів мідель-шпангоута

Лінія днища підйому не має.

Радіус округлення скули визначаються за формулою:

$$R = \sqrt{\frac{B}{0,86}} = \sqrt{\frac{32}{0,86}} = 1,8 \text{ м.}$$

де $B=32$ – ширина судна, м.

Приймаю $R = 1,8$ м

					24.ДРБ.135.4111.07.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

Висота подвійного дна розраховується за формулою:

$$h_{II} = \frac{L-40}{570} + 0,04 \cdot B + 3,5 \cdot \frac{d}{L} = \frac{177,5-40}{570} + 0,04 \cdot 32 + 3,5 \cdot \frac{11}{177,5} = 1,604 \text{ м.}$$

Прийmemo $h_{II} = 2 \text{ м.}$

Ширина горизонтального кіля визначається за формулою: $b_k = 800 + 5 \cdot L$, мм, та не може бути більше 2000 мм.

Маємо: $b_k = 800 + 5 \cdot L = 800 + 5 \cdot 177,5 = 1687,5$, мм.

Прийmemo: $b_k = 2 \text{ м.}$

Розбивка судна по шпаціям

Таблиця №4.3

	Кількість шпацій	Розмір шпації
Форпик	14	600
Трюм №1	21	700
Трюм №2	25	700
Трюм №3	21	950
Трюм №4	21	950
Трюм №5	21	950
Трюм №6	21	950
Трюм №7	21	950
Машинне відділення	27	950
Ахтерпик	17	600

3.6. Врахування зносу та корозії

Врахування зносу та корозії на розміри в'язей корпусу побудоване на нормуванні міцності до середини строку служби конструкції. Потрібна товщина S , мм, для листових конструкцій визначається за формулою:

$$S = S' + \Delta S, \Delta S = I \cdot (T - 12), \text{ мм,}$$

де S' – товщина листа, яка відповідає середині строку служби конструкції, мм; ΔS – запас на знос та корозію, мм; T – середньорічне зменшення товщини в'язі, мм/рік, внаслідок зносу та корозії (табл. №4.4.); $T=24$ – період служби конструкції, роки. «Розрахунок запасу на знос та корозію»

Таблиця №4.4

Елементи конструкції корпусу	I , мм/рік	ΔS , мм
Настил верхньої палуби	0,15	1,80
Зовнішня обшивка борту	0,19	2,28
Зовнішня обшивка днища	0,20	2,40
Горизонтальний кіль	0,20	2,40
Настил другого дна	0,30	3,60
Настил скулової цистерни	0,30	3,60
Обшивка поперечних перебірок	0,18	2,16
Поздовжні підпалубні балки	0,15	1,80
Поздовжні підпалубні балки в баластному відсіку	0,20	2,40
Карлінгс	0,13	1,56
Рамний бімс	0,13	1,56
Основні, рамні шпангоути	0,13	1,56
Вертикальний кіль	0,20	2,40

Флори	0,20	2,40
Поздовжні балки другого дна, днища	0,20	2,40
Днищеві стрингери	0,20	2,40

3.7. Визначення згинальних моментів

Розрахункова висота хвилі визначається за формулою:

$$C_W = 10,75 - \left(\frac{300-L}{100} \right)^{3/2} \text{ м},$$

де $L=177,5$ м – довжина судна між перпендикулярами.

Маємо:

$$C_W = 10,75 - \left(\frac{300-L}{100} \right)^{3/2} = 10,75 - \left(\frac{300-177,5}{100} \right)^{3/2} = 9,3 \text{ м},$$

Згинальний момент на тихій визначається за формулою:

$$M_{SW} = \pm 76 \cdot C_W \cdot B \cdot L^2 \cdot (C_b + 0,7) \cdot 10^{-3} \text{ кН·м},$$

де C_W – розрахункова висота хвилі, м; $B=32$ – ширина судна, м; $L=177,5$ м – довжина судна між перпендикулярами; $C_b=0,801$ – коефіцієнт загальної повноти судна.

Маємо:

$$M_{SW} = \pm 76 C_W B L^2 (C_b + 0,7) 10^{-3} = 76 \cdot 9,3 \cdot 32 \cdot 177,5^2 \cdot (0,801 + 0,7) 10^{-3} = 1069606$$

Хвильовий згинальний момент, , який викликає перегин корпусу судна, визначаються за формулою:

$$M_W = 190 C_W B L^2 C_b \cdot 10^{-3} = 190 \cdot 9,3 \cdot 32 \cdot 177,5^2 \cdot 0,801 \cdot 10^{-3} = 1426973$$

Хвильовий згинальний момент, кН·м, який викликає прогин корпусу судна, визначаються за формулою:

					24.ДРБ.135.4111.07.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44

$$M_W = -110C_WBL^2(C_b + 0,7)10^{-3}$$

$$= -110 \cdot 9,3 \cdot 32 \cdot 177,5^2 \cdot (0,801 + 0,7)10^{-3} = -1548114$$

Сумарний згинальний момент:

- при прогині

$$M_{\Sigma 1} = |M_W + M_{SW}| = |-1548114 - 1069606| = 2617720 \text{ кН}\cdot\text{м},$$

- при перегині

$$M_{\Sigma 2} = |M_W + M_{SW}| = |1426973 + 1069606| = 2496579 \text{ кН}\cdot\text{м},$$

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

$$W_d = W_b = \frac{M_{\Sigma 1}}{\sigma} \cdot 10^{-3}, \text{ м}^3,$$

де $\sigma=175/\eta$ – допустимі напруження, МПа; η – коефіцієнт використання механічних властивостей.

Визначимо допустимі напруження:

$$\sigma_{кор} = \frac{175}{0,68} = 257,4 \text{ МПа},$$

Маємо:

$$W_{кор} = \frac{M_{\Sigma 1}}{\sigma_{кор}} \cdot 10^{-3} = \frac{2617720}{257,4} \cdot 10^{-3} = 10,17 \text{ м}^3$$

Момент опору корпусу судна, який вимагається за Правилами, визначається за формулою:

$$W_{min} = C_W \cdot B \cdot L^2 \cdot (C_b + 0,7) \cdot \eta = 9,3 \cdot 32 \cdot 177,5^2 \cdot (0,801 + 0,7) \cdot 0,68 = 9,57 \text{ м}^3$$

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

					24.ДРБ.135.4111.07.ПЗ	Арк.
						45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$I_{номр} = 3 \cdot C_W \cdot B \cdot L^3 \cdot (C_b + 0,7) = 3 \cdot 9,3 \cdot 32 \cdot 177,5^2 \cdot (0,801 + 0,7) = 42.22 \text{ м}^4$$

Відстань нейтральної вісі (н. в.) від основної площини (ОП) визначимо за формулою:

$$e = 0,4 \cdot D' = 0,4 \cdot 16.9 = 6.76 \text{ м},$$

де $D' = D + h_{ком} = 15.7 + 1.2 = 16.9$ – висота борту судна-проекта з урахуванням висоти комінгса люка.

Максимальні діючі напруження у днищі і у палубі визначаються за формулами:

$$I_0 = W_d \cdot (D' - e) = 10,17 \cdot (16.9 - 6.76) = 103.12 \text{ м}^4,$$

– для днища:

$$\sigma_{дн} = \frac{M_{\Sigma 2} \cdot Z_{дн}}{I_0} \cdot 10^{-3} = \frac{2496579 \cdot 6.76}{103.12} \cdot 10^{-3} = 163.7 \text{ МПа},$$

– для верхньої палуби:

$$\sigma_{ВП} = \frac{M_{\Sigma 1} \cdot (D - Z_{дн})}{I_0} \cdot 10^{-3} = \frac{2617720 \cdot (15.7 - 6.76)}{103.12} \cdot 10^{-3} = 226.9 \text{ МПа}$$

					24.ДРБ.135.4111.07.ПЗ	Арк.
						46
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.8. Розрахунок еквівалентного бруса і перевірка загальної поздовжньої міцності

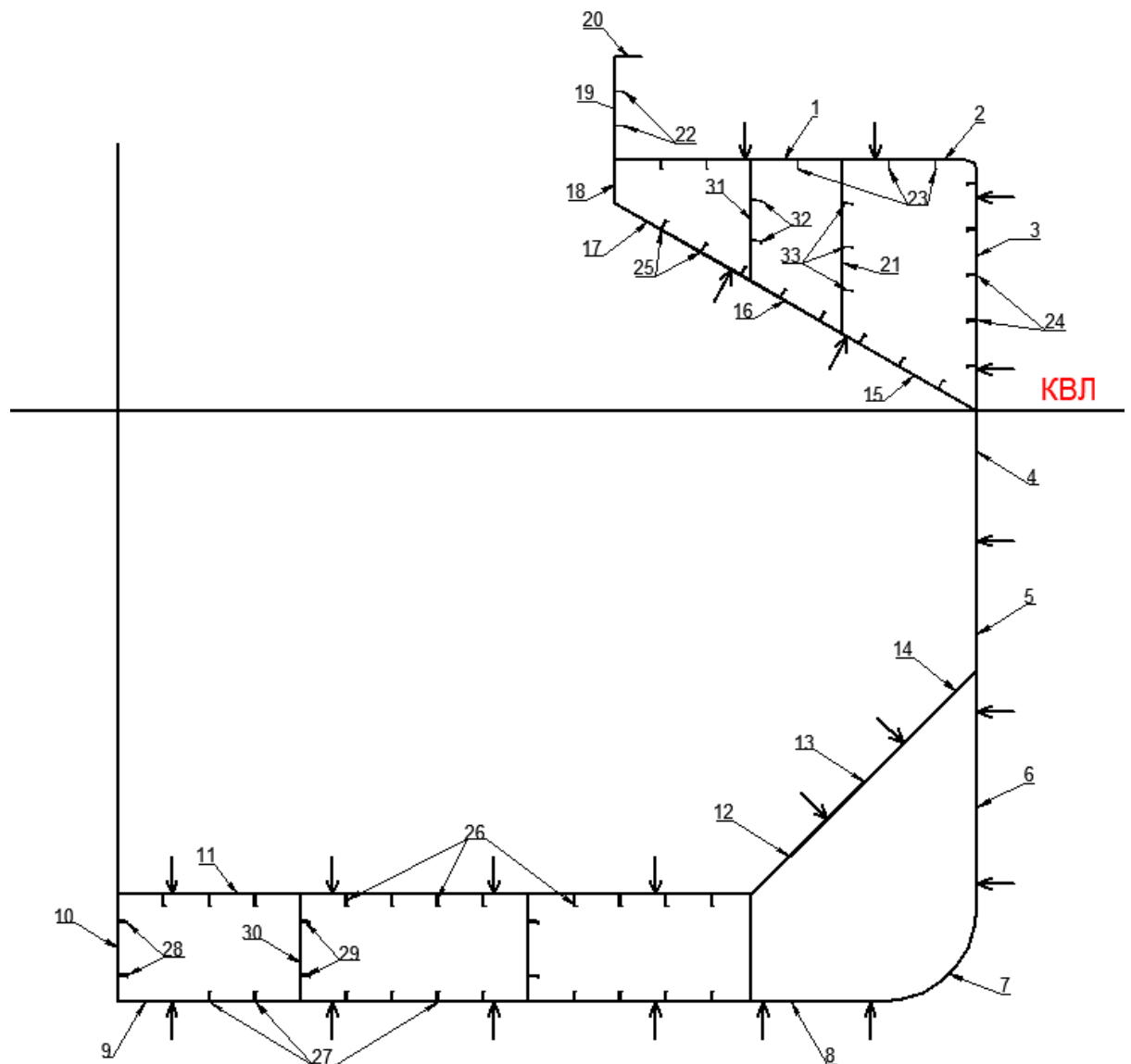


Рисунок 3.10 – Схема еквівалентного бруса

					24.ДРБ.135.4111.07.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		47

	Найменування та розмір в'язі	Товщина, мм	Ширина, мм	Fi, см²	Zi, м	FixZi, см²*м	FixZi², см²*м²	li, см²*м²
1	Настил ВП	18	4860	874,8	15,7	13734,36	215629,452	0
2	Ширстрек	16	2400	384	15,6	5990,4	93450,24	282,66
3	Лист зовнішньої обшивки борту(1)	16	3200	512	13,6	6963,2	94699,52	778,82
4	Лист зовнішньої обшивки борту(2)	16	3200	512	10,3	5273,6	54318,08	589,84
5	Лист зовнішньої обшивки борту(3)	16	3200	512	6,85	3507,2	24024,32	392,27
6	Надскуловий лист	16	3200	512	3,64	1863,68	6783,7952	208,45
7	Скуловий лист	16	2400	384	0,6	230,4	138,24	10,87
8	Лист обшивки днища	18	13000	2340	0	0	0	0,00
9	Горизонтальний кіль	20	2000	400	0	0	0	0,00
10	Вертикальний кіль	16	2000	320	1	320	320	8,74
11	Настил другого дна	16	11800	1888	2	3776	7552	0,00
12	Похила стінка скулової цистерни(1)	14	2000	280	2,7	756	2041,2	13,83
13	Похила стінка скулової цистерни(2)	14	2000	280	4,1	1148	4706,8	21,00
14	Похила стінка скулової цистерни(3)	14	1940	271,6	5,5	1493,8	8215,9	24,94
15	Похила стінка підпалубної цистерни(1)	14	2800	392	11,7	4586,4	53660,88	230,22
16	Похила стінка підпалубної цистерни(2)	14	2500	350	13	4550	59150	162,57
17	Похила стінка підпалубної цистерни(3)	14	2500	350	14,3	5005	71571,5	178,82
18	Комінгс-карлінгс	16	800	128	15,3	1958,4	29963,52	3,42
19	Комінгс-карлінгс	16	1900	304	16,65	5061,6	84275,64	118,50
20	Поясок комінгс люка	16	500	80	17,6	1408	24780,8	0,60
21	Перегородка в підпалубній цистерні	16	3250	520	14,07	7316,4	102941,748	857,29
22	РЖ комінгс-карлінгса	P186	2 шт	51,6	16,65	859,14	14304,681	0,10
23	Повздовжні балки ВП	P186	5 шт	128	15,7	2009,6	31550,72	3,51
24	РЖ борту	P20a	5 шт	137	13,55	1856,35	25153,5425	3,98
25	РЖ похилого листа підпалубної цистерни	P206	8 шт	251,2	12,9	3240,48	41802,192	42,80
26	Повздовжні балки другого дна	P22a	11 шт	360,8	2	721,6	1443,2	28,24
27	Повздовжні балки днища	P20a	11 шт	301,4	0	0	0	0,00
28	РЖ вертикального кіля	P186	1 шт	25,8	1	25,8	25,8	0,00
29	РЖ стрингерів	P186	2 шт	51,6	1	51,6	51,6	0,01
30	Стрингер днищовий (2шт)	16	2000	640	1	640	640	139,81
31	Перегородка в підпалубній цистерні	16	2275	364	14,56	5299,84	77165,6704	213,00
32	РЖ перегородки	P206	2 шт	62,8	14,56	914,368	13313,19808	0,19
33	РЖ перегородки	P206	3 шт	94,2	14,07	1325,394	18648,29358	0,92
			Сума	13541,8		89646,85	1130361,041	4101,31
							1134462,35	

$$I = 2(C \cdot e^2 \cdot A) \cdot 10^4 = 108,2 \text{ м}^4$$

$$e = B/A = 6,62 \text{ м}$$

$$W_b^\phi = I/e = 16,34 \text{ см}^3$$

$$W_d^\phi = I/(D - e) = 11,92 \text{ см}^3$$

$$I_{\min} = 42,22 \text{ м}^4$$

$$W_{\text{треб}} = 10,17 \text{ м}^3$$

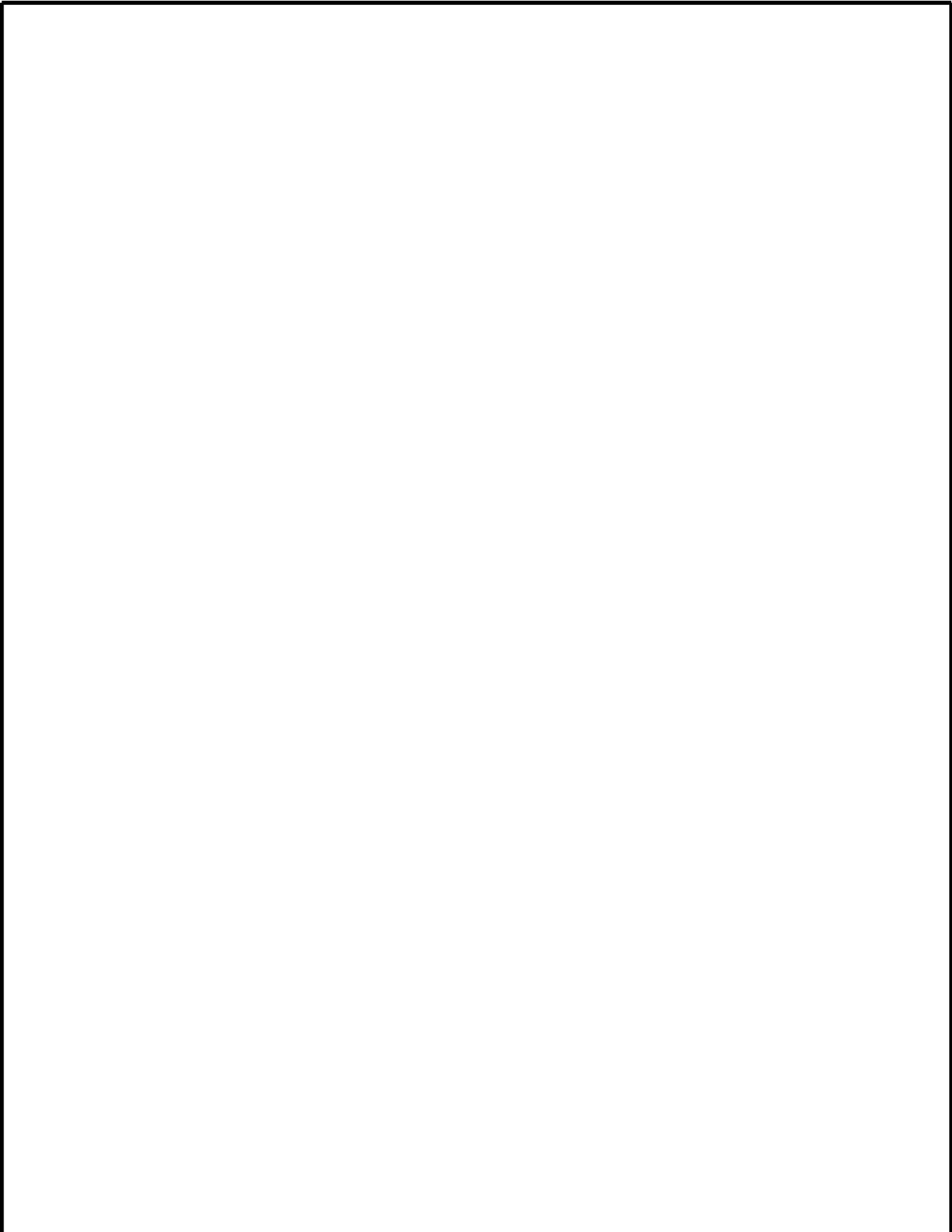
$$W_b^\phi > W_{\text{треб}}$$

$$W_d^\phi > W_{\text{треб}}$$

$$I > I_{\min}$$

Висновок: Загальна поздовжня міцність судна забезпечена.

					24.ДРБ.135.4111.07.ПЗ	Арк.
						48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



					24.ДРБ.135.4111.07.ПЗ.03				
Зм.	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата					
Студент	Гудович П.В.				Перевірка міцності пластини днища	Літ	Аркуш	Аркушів	
Консультан	Коростильов Л.І.					у	3		
Керівник	Ястреба О.П.					НУК Ім. Адмірала Макарова			
Зав.кафедр	Некрасов В.О.								

4. Перевірка міцності зовнішньої обшиви днища корпусу судна

4.1. Розрахункова схема пластини перекриття днища

За поздовжньої системи набору днища розрахунковим буде прямокутне поле зовнішньої обшиви, обмежене жорстким набором – поздовжніми ребрами жорсткості (вертикальним кілем, днищевими стрінгерами) та суцільними флорами, встановленими на відстані декількох шпаций. Відношення довгої сторони поля до короткої завжди більше за 1: $\gamma = a/b > 1$.

У відповідності до Норм міцності розрахунок на згин такого поля обшиви (пластини) виконується у припущенні жорсткого затиснення вздовж крайків при жорсткому (незміщуваному) опорному контурі. За розрахункове навантаження приймається рівномірно розподілений по полю пластини тиск p .

На рис. 4.1 наведена розрахункова схема пластини днища з позначенням найбільш напружених точок 1 і 1'.

У дипломній роботі приймається:

$$b = 850 \text{ мм}; a = 4b = 4 \cdot 800 = 3400 \text{ мм};$$

$$\gamma = \frac{3400}{800} = 4 > 1.$$

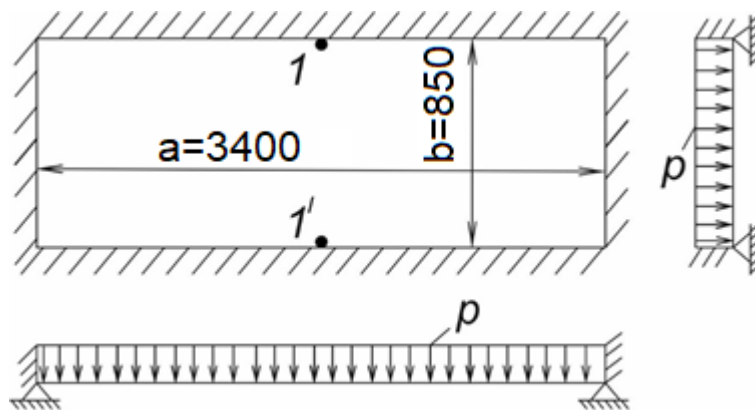


Рисунок 4.1 – Розрахункова схема пластини днища

4.2. Розрахункове навантаження

Розрахунковий тиск p на пластини днища відповідно до Норм міцності визначається без врахування протидії вантажу за формулою

$$p = p_{\text{ст}} + p_{\text{в0}} = 114,5 + 54,7 = 169,2 \text{ кПа}, \quad (4.1)$$

де $p_{\text{ст}}$ – розрахунковий статичний тиск води на рівні пластини:

$$p_{\text{ст}} = \rho_{\text{в}} g d = 1,02 \cdot 9,81 \cdot 11 = 110,1 \text{ кПа}; \quad (4.2)$$

					24.ДРБ.135.4111.07.ПЗ	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

p_{B0} – тиск від хвильової складової:

$$p_{B0} = \rho_B g \frac{h_1}{2} a_v a_x = 1,02 \cdot 9,81 \frac{9,5}{2} 1,15 = 54,7 \text{ кПа.} \quad (4.3)$$

$\rho_B = 1,02 \frac{\text{т}}{\text{м}^3}$ – щільність морської води; $g = 9,81 \text{ м/с}^2$ – гравітаційна константа; $d = 11 \text{ м}$ – відстань від центра пластини до рівня вільної поверхні води (осадка), h_1 – висота розрахункової хвилі при експлуатаційних навантаженнях, яка визначається за формулою:

$$h_1 = k_c \cdot C_w = 0,98 \cdot 9,4 = 9,2 \text{ м,} \quad (4.4)$$

де $k_c = 1,05 - \frac{2425}{L^2 + 8530} = 1,05 - \frac{2425}{177,5^2 + 8530} = 0,98 \leq 1,$

$$C_w = 10,75 - \left(\frac{300-L}{100} \right)^{\frac{3}{2}} = 10,75 - \left(\frac{300-177,5}{100} \right)^{\frac{3}{2}} = 9,4 \leq 10,75$$

a_v, a_x – параметри хитавиці, розраховані за наближеними залежностями

$$a_v = 0,8 \frac{v_0}{\sqrt{L}} \left(\frac{L}{10^3} + 0,4 \right) + 1,5 = 0,8 \frac{14,4}{\sqrt{177,5}} \left(\frac{177,5}{10^3} + 0,4 \right) + 1,5 = 1,999, \quad (4.5)$$

$$a_x = K_x \left(1 - \frac{2x_n}{L} \right) = 1,25 \left(1 - \frac{2 \cdot 35,5}{177,5} \right) = 0,75. \quad (4.6)$$

У будь-якому випадку має виконуватись умова $a_v \cdot a_x \geq 1,15$.

$v_0 = 14,4 \text{ уз}$ – розрахункова швидкість судна; $L = 177,5 \text{ м}$ – довжина судна; $x_n = 35,5 \text{ м}$ – відстань від центра пластини до найближчого носового чи кормового перпендикуляра; $K_x = 1,25$ – для пластин в ніс від міделя.

4.3 Визначення напружень в небезпечних точках поля пластини

На розрахунковій схемі (рис. 4.1) небезпечні (найбільш напружені) точки 1 і 1' вказані всередині довгих сторін опорного контуру.

Відповідно до теорії згину тонких пластин максимальні нормальні напруження $\sigma_{\max}$ у вказаних точках визначаються за формулою

$$\sigma_{\max} = \frac{6M}{t^2} = \frac{6 \cdot 7919}{18^2} = 242 \text{ МПа,} \quad (4.7)$$

де $t = 14 \text{ мм}$ – товщина пластини,

M – погонний згинальний момент у точках 1, 1' опорного контуру:

$$M = kpb^2 \cdot 10^{-3} = 0,0833 \cdot 125,95 \cdot 850^2 \cdot 10^{-3} = 7580 \text{ Н;}$$

					24.ДРБ.135.4111.07.ПЗ	Арк.
						51
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$p=125,95$ кПа – розрахунковий тиск; $b=850$ мм – довжина короткої крайки (шпация); $k=0,0833$ – коефіцієнт, залежний від відношення довжини сторін $\gamma = \frac{a}{b} = 4$, визначений за довідниковими таблицями згину ізотропних жорстких пластин за умови їх жорсткого затиснення на опорному контурі.

4.4 Перевірка умови міцності

Умова міцності при згині пластини має вигляд

$$\sigma_{\max} \leq k_{\sigma} \sigma_T^H, \quad (4.8)$$

де $\sigma_{\max}$ – максимальне згинальне напруження, визначене за формулою (4.7);

$$\sigma_{кр} = k_{\sigma} \cdot \sigma_c + 1 = 1 \cdot 163,7 + 1 = 164,7 \text{ МПа}$$

σ_T^H – нормативна границя плинності матеріалу, визначена як

$$\sigma_T^H = k_H \cdot R_{сн} = 0,9692 \cdot 315 = 305 \text{ МПа},$$

$$k_H = \frac{1}{1 + 0,16 \left(\frac{R_{сн}}{235} - 1 \right)^{\frac{3}{2}}} = \frac{1}{1 + 0,16 \left(\frac{315}{235} - 1 \right)^{\frac{3}{2}}} = 0,9692;$$

$R_{сн}=315$ МПа – границя плинності матеріалу пластини;

k_{σ} – коефіцієнт допустимих напружень, який відповідно до Норм міцності [] для пластин днища.

Висновок : Умова міцності (4.8)

$$\sigma_{\max} = 164,7 \text{ МПа} < k_{\sigma} \sigma_T^H = 1,1 \cdot 305 = 335 \text{ МПа}$$

Виконується.

					24.ДРБ.135.4111.07.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52

Висновки

Відповідно до завдання виданого кафедрою теорії корабля та проектування суден, у дипломній роботі виконано розрахунок основних елементів і характеристик балкера. Проведено розрахунок параметрів судна в першому наближенні, визначено водотоннажність, характеристики форми корпусу, головні розміри та необхідну потужність енергетичної установки. Також, розраховано елементи початкової остійності, параметри хитавиці, визначено необхідну потужність і обрану марку головного двигуна за каталогом.

За допомогою програмного комплексу Maxsurf Modeler Advanced на основі судна-прототипу створено параметричну тривимірну модель балкера та отримано його теоретичне креслення. У середовищі AutoCAD побудовано теоретичне креслення та креслення загального розташування судна. Із використанням інструментів Maxsurf Stability Advanced побудовано гідростатичні криві та діаграму статичної остійності, виконано розрахунки місткості вантажних приміщень і цистерн, визначено координати центру мас та проведено диферентування судна.

У роботі здійснено перевірку відповідності характеристик остійності вимогам Регістру судноплавства України. Крім того, розраховано елементи набору корпусу, визначено діючі навантаження та перевірено загальну міцність корпусу. За результатами розрахунків побудовано креслення конструктивного мідель-шпангоута та виконано перевірку міцності пластини днища.

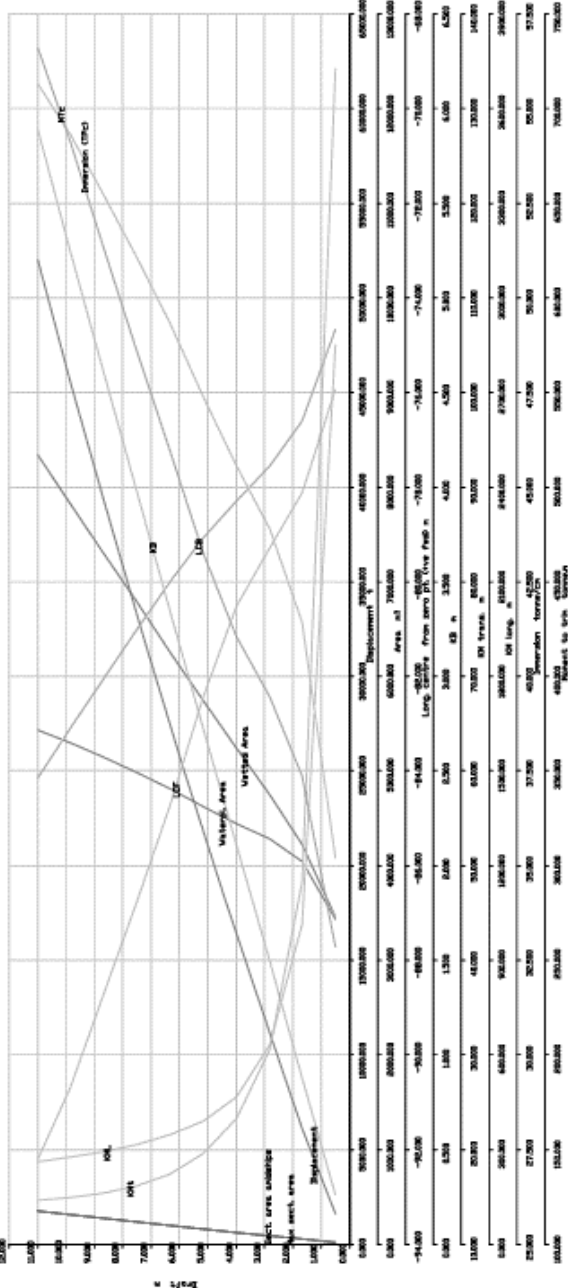
Таким чином, спроектований балкер повністю відповідає поставленому завданню та вимогам Регістру судноплавства України.

					24.ДРБ.135.4111.07.ПЗ	Арк.
						53
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

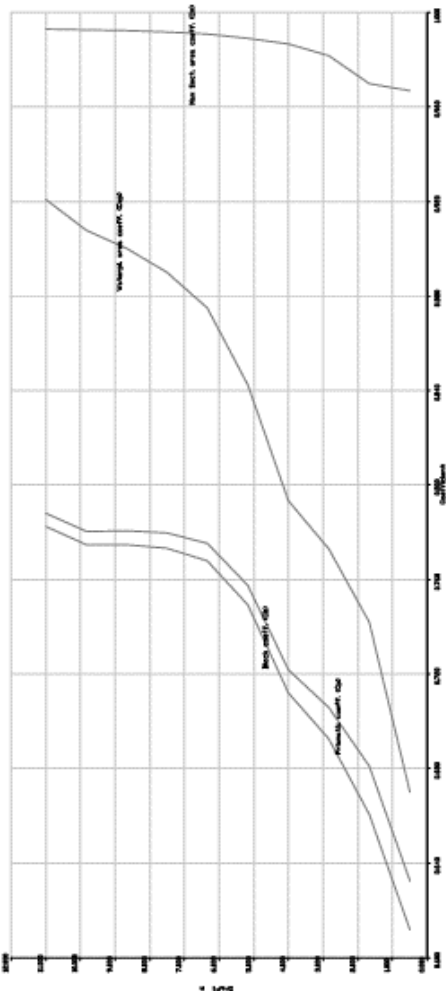
Список літератури

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. Слижевский Н.Б., Король Ю.М., Тимошенко В.Ф. С 47 Энциклопедия судов / Под общ. ред. проф. Н.Б. Слижевского. .Николаев: НУК, 2005. . 172 с.
4. Михайлов Б.Н. Методические указания по выполнению практических заданий по конструкции корпуса судна. – Николаев: НУК, 2006. – Ч.1. – 28 с.
5. Коростылев Л.И., Клименков С.Ю. Методические указания к расчетам местной прочности и устойчивости элементов судового корпуса – Николаев: НУК, 2012.
6. 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.
7. Правила класифікації та побудови морських суден. Регістр судноплавства України. – К., 2017. – Т.1., Т.2., Т.3. – 362 с

					24.ДРБ.135.4111.07.ПЗ	Арк.
						54
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Source of Page



LCB – абсолютна площа величички
KB – абсолютна площа величички
LCF – абсолютна площа площі ватерліній
KMI – аналіза поперечного метастазу
BMI – поперечний метастатичний радіус
BML – подовжній метастатичний радіус
Volume – об'єм товщинистості судна
Displacement – маса водозмісності судна
Water/Air Area – площа перерізу по ватерлінії
C₁ – коефіцієнт загальної повноти
C₂ – коефіцієнт повноти мідь – шпангоуту
C₃ – коефіцієнт повноти площі ватерліній
C₄ – коефіцієнт повноти площі мідь

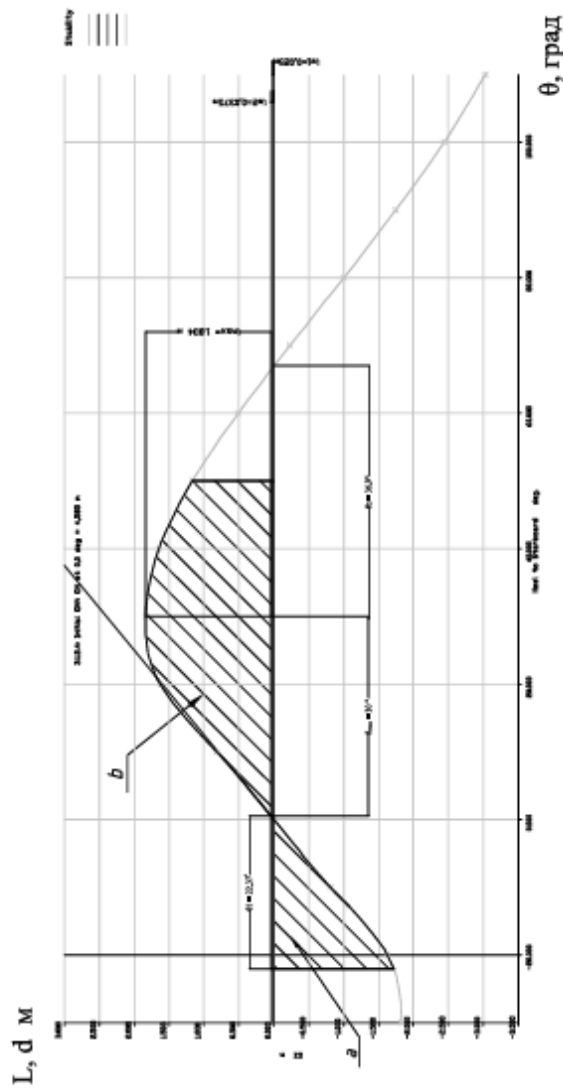


Рис.2. Діаграма статичної остійності

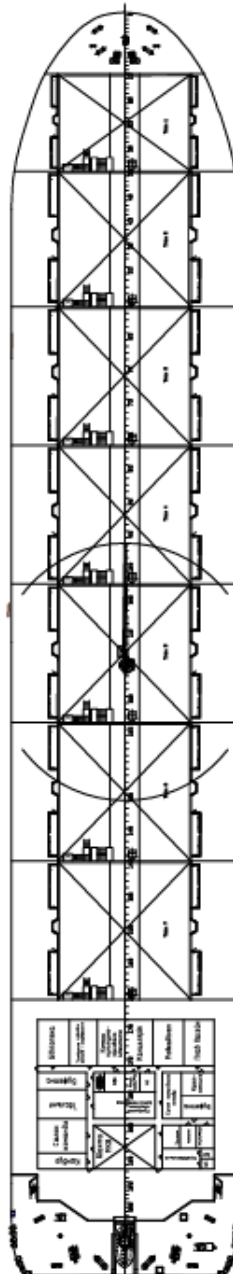
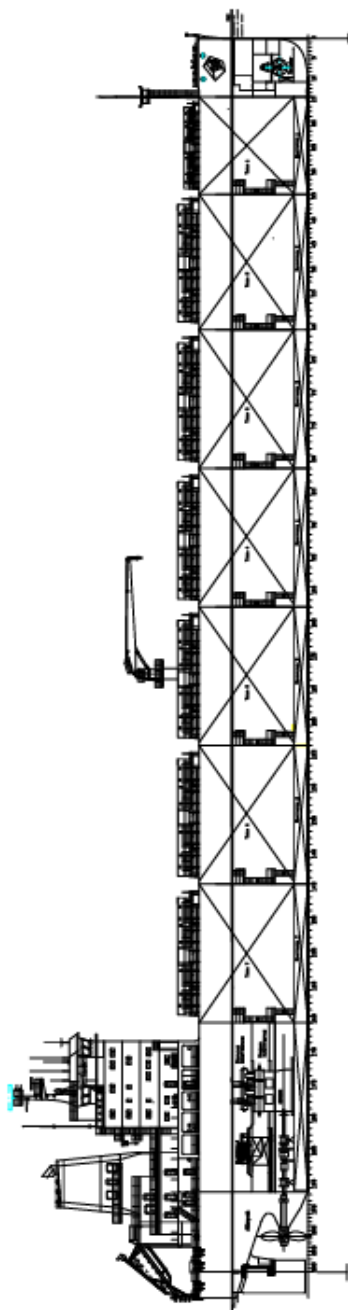
Згідно до вимог Правил Регістру до остійності

Записи	Дни отгула	Рестор
К	$\Sigma_{i=1}^n$	$K \geq 1$
Л, М	1,814	$L \geq 0,2$
В	30°	$V \geq 21^\circ$
Вост	66,69°	$V_{\text{Вост}} \geq 60^\circ$
Юв	4,585	$Y \geq 0,15$
С	0,5985 м.раз	$\geq 0,055 \text{ м.раз}$
См	0,3078 м.раз	$\geq 0,10 \text{ м.раз}$
С _{ост} , С _м	0,3078 м.раз	$\geq 0,03 \text{ м.раз}$

Рис.3 Схема парусності

[illegible]

ДРБ.135.4111.07.04



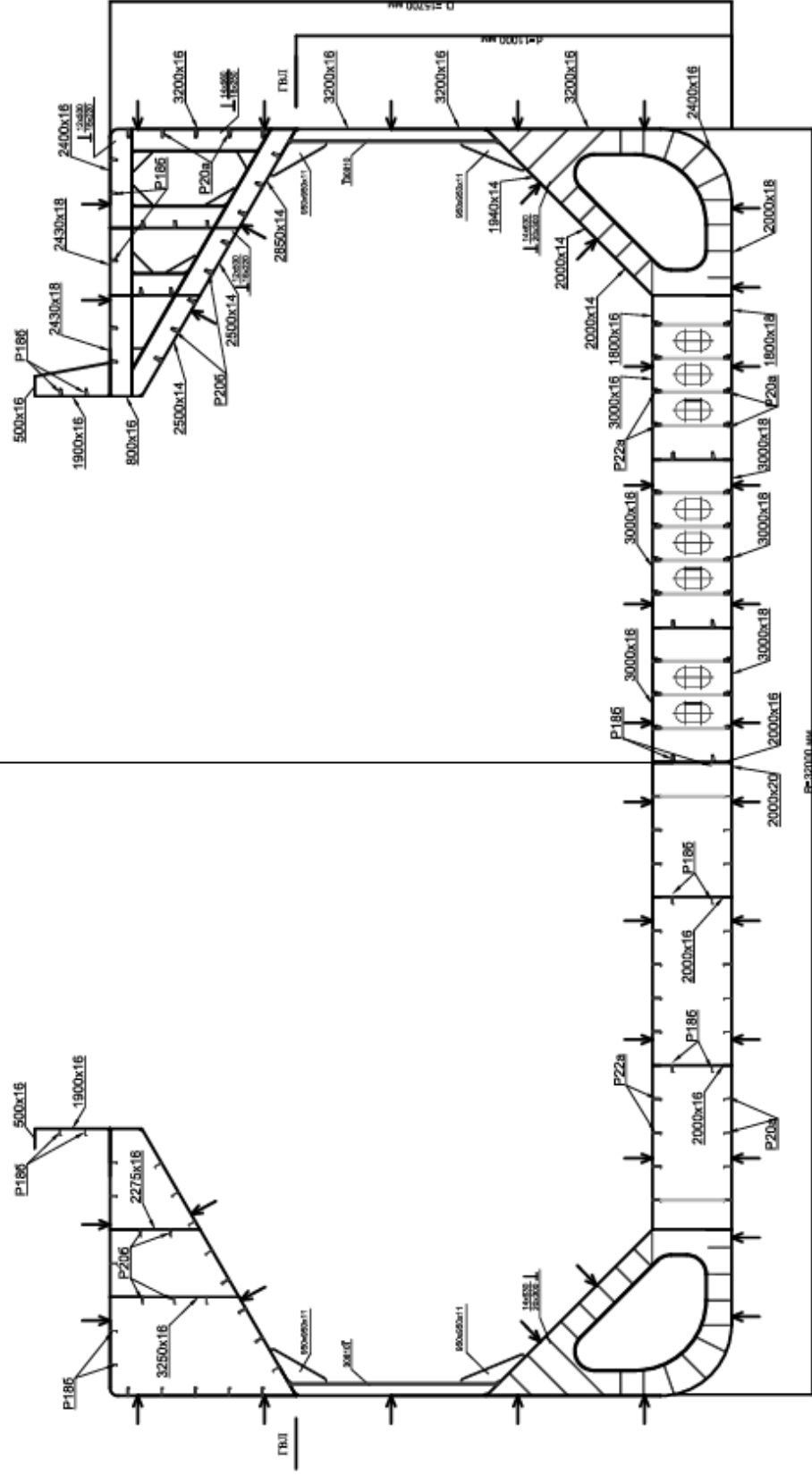
№	Наименование	Единица измерения	Количество	Примечание
1	Длина судна	м	100,0	
2	Ширина судна	м	10,0	
3	Глубина судна	м	1,0	
4	Средняя скорость	уз	10,0	
5	Средняя мощность	кВт	1000	
6	Средняя нагрузка	т	1000	
7	Средняя нагрузка	т	1000	
8	Средняя нагрузка	т	1000	
9	Средняя нагрузка	т	1000	
10	Средняя нагрузка	т	1000	
11	Средняя нагрузка	т	1000	
12	Средняя нагрузка	т	1000	
13	Средняя нагрузка	т	1000	
14	Средняя нагрузка	т	1000	
15	Средняя нагрузка	т	1000	

ДРБ.135.4111.07.04	Заголовок	Сторона	Масштаб
розташування	розташування	розташування	розташування
Балкер Р-37240 т	Балкер Р-37240 т	Балкер Р-37240 т	Балкер Р-37240 т
НУК	НУК	НУК	НУК

89.10.1119.561.117.60

лист 146
из 146

лист 145
из 146



--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--