

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, д.т.н. професор

 В.О. Некрасов

«22» 06 2026 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
на здобуття ступеня вищої освіти «бакалавр»
на тему:

Проектування танкера дедвейтом 36800 тонн

Виконав:

студент 4117ст групи

 Дзюрман В.І.

(підпис)

Керівник роботи:

Канд. техн. наук, ст. викладач

 Ястреба О.П.

(посада, науковий ступень вчене звання)

(підпис)

Миколаїв – 2026 р

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., ст. викладач Ястреба О.П.

«12»02.2026 року

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

Студенту Дзюрману Володимиру Івановичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Проектування танкера дедвейтом 36800 тонн

Керівник роботи Ястреба О.П. к.т.н., ст. викладач
(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 нафта та нафтопродукти, $\mu_v = 1,37 \text{ м}^3/\text{т}$

3.2 Швидкість 15,5 вузлів

3.3 Дальність плавання 15500 миль

3.4 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 між перпендикулярами	м	178,48
Ширина	м	32,20
Осадка	м	11,1
Висота борту	м	18,6
Коефіцієнт загальної повноти		0,787
Об'ємна водотоннажність	м^3	50255
Потужність головного двигуна	кВт	10400
Швидкість	вузли	15,7
Водотоннажність порожнем	т	14712
Маса вантажу	т	34390
Маса палива та мастила	т	2410
Дедвейт	т	36800
Водотоннажність повна	т	51512

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

4.1. Вибір методу проектування судна

4.1.1. Огляд основних тенденцій у розвитку світового флоту танкерів

4.1.2. Аналіз методів проектування танкера

4.1.3. Склад технічного (попереднього) проекту танкера

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

4.2.1. Формування теоретичної поверхні танкера

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

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

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

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			12.03.26
4.2	Пащенко Ю.М., доцент	12.02.2026			12.03.26
4.3	Шарун Г.В., ст. викладач	12.02.2026			18.03.26
4.4	Коростильов Л. І. професор	12.02.2026			14.04.26

7. Дата видачі завдання 12.02.2026

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів дипломного проектування	Тривалість етапів проекту (роботи)	Примітка
4.1.	Вибір методу проектування судна		
4.1.1.	Огляд основних тенденцій у розвитку флоту танкерів	17.03.2026	
4.1.2.	Аналіз методів проектування танкера	24.03.2026	
4.1.3.	Склад технічного(попереднього) проекту танкера	05.03.2026	
4.2.	Дослідження морехідних якостей судна, забезпечення вимог класифікаційного товариства до його надійності		
4.2.1.	Формування теоретичної поверхні танкера	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 танкера	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	25.06.2026	

Студент

(підпис)

Дзюрман Володимир Іванович

(ПІБ)

Керівник роботи

(підпис)

Ястреба Олексій Петрович

(ПІБ)

Зміст

Анотація.....	6
Вступ.....	8
1. Огляд основних тенденцій у розвитку світового флоту танкерів.....	10
1.1 Загальний огляд.....	10
1.2 Огляд наявних статистичних даних щодо елементів танкерів	11
1.3 Аналіз методів проєктування танкера	12
1.4 Склад технічного проєкту танкера	14
2. Визначення морехідних якостей судна, забезпечення вимог класифікаційного товариства до його надійності	17
2.1 Формування теоретичної поверхні танкера	17
2.2 Розрахунок статики (елементів теоретичного креслення), забезпечення вимог класифікаційного товариства до вантажної марки танкера	19
2.3 Визначення місткості вантажних приміщень та цистерн, розрахунок завантаження, визначення координат ЦМ	22
2.4. Удиферентування судна-проєкту	24
2.5. Розрахунок амплітуди хитавиці	25
2.6. Розрахунок кренувального моменту від тиску вітру(а) і перекидального моменту (b)	26
2.7. Розрахунок аварійної остійності	28
2.8. Розрахунок ходовості танкера, забезпечення вимог класифікаційного товариства до міцності гребного вала та гребного гвинта танкера	30
2.8.1. Розрахунок буксирувальних опорів і потужності.....	30
2.8.2. Розрахунок характеристик рушія та вибір двигуна	33
3. Набір корпусу за Правилами Регістра.....	37
3.1. Головні розміри судна.....	37
3.2. Архітектурно-конструктивний тип судна.....	38
3.3. Вибір системи набору перекриттів корпусу судна.....	38

3.4. Вибір шпациї	39
3.5. Визначення згинальних моментів.....	41
3.6. Розрахунок еквівалентного бруса і перевірка загальної поздовжньої міцності.....	43
4 Перевірка міцності зовнішньої обшивки днища корпусу судна.....	48
4.1. Розрахункова схема пластини днища.....	48
4.2 Розрахункове навантаження.....	49
4.3 Визначення напружень у небезпечних точках поля пластини.....	50
4.4 Перевірка умов міцності	51
Висновки.....	52
Список літератури.....	53
Додатки.....	54

Анотація

Тема роботи – проєкт танкеру дедвейтом 36800 т призначеного для перевезення наливних вантажів, класу DNV α 1A1 та експлуатаційною швидкістю 15,5 вуз. Робота складається з наступних основних розділів: проєктування суден, теорія корабля, конструкція корпусу корабля та будівельна механіка корабля.

У розділі проєктування суден виконано розрахунок навантаження мас, визначено водотоннажність, головні розміри судна методом послідовних наближень. Потужність головного двигуна визначено із застосуванням програмного комплексу Maxsurf Resistance, за каталогом підібрано головну енергетичну установку необхідної потужності. На основі 3D-моделі, створеної у програмі Maxsurf Modeler Advanced, отримано проєкції теоретичного креслення та розроблено комплект проєктної документації, в якій крім теоретичного креслення загальне розташування, виконане в середовищі AutoCAD. Визначено місткість танків і цистерн, координати центра ваги та виконано удиферентування судна.

У розділі теорії корабля за допомогою програмного комплексу Maxsurf Stability Advanced побудовано гідростатичні криві, криві остійності форми, та діаграму статичної остійності.

У розділі конструкції корпусу корабля визначено та прийнято систему набору перекриттів, а також виконано перевірку загальної міцності судна та міцності зовнішньої обшивки днища.

Спроектоване судно виконано відповідно до технічного завдання та відповідає вимогам Правил Регістру судноплавства України.

Ключові слова: танкер, проєктування, морехідні якості, навантаження, міцність.

Abstract

					24.ДРБ.135.4117ст.03.ПЗ	Арк.
						6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

The topic of the work is the design of a tanker with a deadweight of 36,800 tons intended for the transportation of bulk cargo, class DNV 1A1 and an operating speed of 15.5 knots. The work consists of the following main sections: ship design, ship theory, ship hull design and ship structural mechanics.

In the ship design section, the mass loading calculation was performed, the displacement and main dimensions of the ship were determined by the method of successive approximations. The main engine power was determined using the Maxsurf Resistance software package, the main power plant of the required power was selected from the catalog. Based on the 3D model created in the Maxsurf Modeler Advanced program, projections of the theoretical drawing were obtained and a set of design documentation was developed, in which, in addition to the theoretical drawing, the general layout was made in the AutoCAD environment. The capacity of tanks and cisterns, the coordinates of the center of gravity were determined and the ship was differentiated.

In the ship theory section, hydrostatic curves, shape stability curves, and a static stability diagram were constructed using the Maxsurf Stability Advanced software package.

In the ship hull design section, a system for setting up floors was defined and adopted, and the overall strength of the ship and the strength of the outer bottom plating were checked.

The designed ship was built in accordance with the technical specifications and meets the requirements of the Rules of the Ukrainian Shipping Register.

Keywords: tanker, design, seaworthiness, loading, strength

					24.ДРБ.135.4117ст.03.ПЗ	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вступ

Кафедрою теорії та проектування суден було видано завдання на проектування танкеру дедвейтом 36800 т призначеного для перевезення наливних вантажів.

Танкер— це спеціалізоване тип судна призначений для перевезення наливних вантажів таких як сира нафта та нафтопродукти. Нафта є продуктом видобутку і являє собою маслянисту горючу рідину. З легких (світлих) нафтопродуктів водним транспортом перевозяться дизельне паливо, гас, паливо для реактивних двигунів, дистилят.

При проектуванні нафтоналивних суден, перш за все, необхідно враховувати вибухо- і пожежонебезпеку нафтопродуктів, які характеризуються температурою спалаху парів і температурою їх займання.

При проектуванні наливних суден необхідно враховувати ще одну важливу обставину. Нафта і нафтопродукти - вантажі, що бояться обводнення, яке знижує їх якість. У свою чергу і потрапляння нафтопродуктів у водний басейн, (тим більше річковий - обмежений за розмірами), викликає негативні наслідки в плані забруднення навколишнього середовища, згубного впливу на її флору і фауну.

Існують два основних типи нафтових танкерів: танкер для перевезення сирової нафти і танкер-продуктовоз. Танкера для перевезення сирової нафти мають великі розміри і призначені для перевезення нерафінованої сирової нафти з точки її видобутку на нафтопереробні заводи. Характерною особливістю конструкції сучасних танкерів є наявність подвійних бортів і другого дна, які забезпечують збереження вантажів, що перевозяться при пошкодженні бортів або днища.

Для забезпечення необхідної посадки і керованості при плаванні порожнем, на танкерах, як правило, приймається значна кількість баласту. У зв'язку з цим на них передбачаються спеціальні баластні танки. Така

					24.ДРБ.135.4117ст.03.ПЗ	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

конструкція сприяє вирішенню важливих питань екологічності танкерів.
Чистий баласт не забруднює водойму залишками нафтопродуктів.

Житлові і службові приміщення на танкерах розташовані в кормовій надбудові. Це диктується, як вимогами Класифікаційних товариств, так і умовами удиферентування судна в вантажу.

У дипломній роботі за допомогою метода послідовних наближень необхідно визначити водотоннажність судна, головні розміри, коефіцієнти повноти та потужність головного двигуна. Також необхідно спроектувати обводи корпусу та провести удиферентування судна.

Необхідно побудувати теоретичне креслення та креслення загального розташування, а також виконати перевірку плавучості й остійності судна.

Відповідно за вимогами Правил класифікаційного товариства необхідно розробити конструктивний мідель-шпангоут судна. Після визначення усіх розмірів елементів набору та вязів виконується розрахунок загальної поздовжньої міцності корпусу.

Згідно з вимогами Регістру судноплавства України проведено перевірку міцності зовнішньої обшивки днища.

Спроектоване судно має повністю відповідати чинним Правилам Регістра судноплавства України.

					24.ДРБ.135.4117ст.03.ПЗ	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

					24.ДРБ.135.4117ст.03.ПЗ.01			
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата				
					Розділ І Вибір методу проектування судна	Літ	Аркуш	Аркуші в
Студент	Дзюрман В.І.					у	1	
Консультант	Кротов О.І.					НУК імені адм. Макарова		
Керівник	Ястреба О. П.							
Зав.кафедри	Нєкрасов В.О.							

1. Огляд основних тенденцій у розвитку світового флоту танкерів

1.1 Загальний огляд

Сучасні танкери є важливою складовою світової транспортної системи та забезпечують перевезення значних обсягів наливних вантажів, таких як сира нафта, нафтопродукти та інші наливні рідини. Завдяки високій вантажомісткості та економічності вони відіграють важливу роль у міжнародній торгівлі та глобальній логістиці.

У сучасних умовах розвиток світового флоту танкерів спрямований на підвищення ефективності перевезень, безпеки експлуатації та зменшення негативного впливу на навколишнє середовище.

Основні тенденції розвитку:

- Збільшення розмірів і вантажопідйомності суден. Будівництво великих танкерів дозволяє знизити транспортні витрати на одиницю вантажу та підвищити економічну ефективність перевезень.

- Впровадження сучасних технологій для підвищення ефективності перевезень. Судноплавні компанії постійно вдосконалюють конструкцію та технічне оснащення белкерів, застосовуючи новітні технологічні рішення. Це дозволяє підвищити ефективність експлуатації суден, зменшити витрату пального та обсяги викидів вуглекислого газу в атмосферу.

- Посилення екологічних вимог. Міжнародні екологічні стандарти стають більш жорсткими, тому компанії впроваджують системи очищення вихлопних газів та використовують альтернативні види палива для зменшення викидів шкідливих речовин.

- Використання цифрових технологій та автоматизація. Сучасні танкери оснащують автоматизованими системами контролю технічного стану обладнання, програмами оптимізації маршрутів та системами моніторингу.

- Розвиток альтернативних видів палива. Одним із перспективних напрямків є впровадження зрідженого природного газу (LNG), а також метанолу та аміаку, що сприяє зниженню викидів парникових газів і відповідає сучасним екологічним вимогам.

					24.ДРБ.135.4117ст.03.ПЗ.01	Арк.
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		10

- Вплив глобальних економічних та політичних факторів. Геополітичні зміни, коливання цін на паливо, зміни торговельних маршрутів та інші світові зміни безпосередньо впливають на розвиток танкерного флоту та вимогам до нових суден.

1.2. Огляд наявних статистичних даних щодо основних елементів танкерів

До основних елементів і характеристик судна належать його головні розміри та коефіцієнти форм корпусу: довжина – L , ширина – B , осадка d , висота борту – D , C_b – коефіцієнт загальної повноти, C_m – коефіцієнт повноти мідель-шпангоута, C_{wp} – коефіцієнт повноти площі ватерлінії та C_p – коефіцієнт повздовжньої повноти. В табл. 1.2.1. наведено основні статистичні дані для проектування танкеру.

Таблиця 1.2.1. – Статистичні дані основних елементів судна

Параметр	Позначення	Тип судна		
		Судна для перевезення генеральних вантажів	Танкери	
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 повздовжньої 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 хитавиці, с		8...12	12...20	

1.3. Аналіз методів проєктування танкерів

Проєктування суден виконується у науково-дослідних установах, загальних конструкторських бюро, а також у конструкторських підрозділах суднобудівних підприємств (верфей). Незалежно від організації, процес проєктування зазвичай включає в себе три основні етапи: концептуальний, технічний та робочий. Основна відмінність між етапами полягає не лише у рівні деталізації проєкту, а й у застосованих методах проєктування та обсязі доступної інформації про судно.

Таблиця 1.3.1. – Структура рівнів розбиття суднових робіт і відповідні методи оцінювання витрат

№	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 ESWS	Характеристики судна	Параметричне	Емпіричні CER (ECER)
2	Технічне проєктування (Клас-проєкт)	Попередній проєкт	2-й розряд SWBS/ ESWS	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

Як видно з табл. 1.3.1., формування інформації про судно може відбуватися у двох напрямках: «знизу-вгору» - від окремих деталей до узагальнених характеристик, або «зверху-вниз» - від загальних параметрів до детальної структури.

При підході «знизу-вгору» дані, отримані з детальних креслень і відомостей про маси та вартість окремих елементів, послідовно узагальнюється у більш укрупнені розділи масового навантаження.

Зворотній підхід «зверху-вниз» передбачає поступову деталізацію інформації – від загальних характеристик судна до його окремих систем, підсистем та конструктивних елементів.

Для суднобудівних верфей структура розподілу робіт стандартизована і регламентується системами SWBS (Ship Work Breakdown System – Системою розбиття суднових робіт) або ESWBS (Expanded Ship Work Breakdown System - Розширеною системою розбиття суднових робіт), які базуються на розбитті маси судна на функціональні складові. Під час будівництва різних типів суден суднобудівні верфи накопичують статичні дані щодо розподілу мас, які надалі використовуються на етапах проєктування.

Окрім цього, на підприємствах формується база даних, щодо вартості окремих елементів та укрупнених розділів, що становить систему оцінки вартості робіт та матеріалів CER (Cost Estimate Relations).

На ранніх стадіях проєктування, коли детальна інформація про судно відсутня, застосовуються укрупнені розділи систем ESWBS та дані про розділи системи оцінки відповідної вартості ECER (Empirical Cost Estimate Relations), отримані на основі статистики побудованих суден.

У випадках наявності добре відпрацьованого судна-прототипу можуть використовуватися його параметри як база для перерахунку характеристик майбутнього судна-проєкту. Такий спосіб дозволяє визначити головні розміри та структуру масового навантаження судна на основі прототипу на концептуальному етапі.

Останнім часом значна увага приділяється визначенню емпіричних залежностей SBWS та CER через зростання вартості матеріалів і комплектуючих, що використовуються при суднобудуванні. Це зумовлює необхідність більш точного підходу до проєктування вже на концептуальному етапі. Такий підхід реалізується шляхом розв’язання оптимізаційних задач вибору основних елементів судна з урахуванням ефективності та надійності експлуатації.

					24.ДРБ.135.4117ст.03.ПЗ.01	Арк.
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		13

1.4. Склад технічного проєкту танкера

На етапі концептуального проєктування визначаються головні розміри судна та його масове навантаження. Технічне проєктування базується на цих даних і передбачає створення архітектурно-конструктивної 3D-моделі судна та перевірку його основних експлуатаційних характеристик на відповідність вимогам класифікаційних товариств.

Основні властивості судна, що аналізується на цьому етапі, включають в себе основні елементи судна – головні розміри (L, B, d, D) коефіцієнти повноти (C_b , C_m , C_{wp}), швидкість ходу та параметри енергетичної установки.

До інженерних характеристик відносять міцність та місткість судна, а до навігаційних – плавучість, остійність, непотоплюваність, ходовість, керованість і морехідність. Ці параметри мають бути розраховані та перевірені в технічному проєкті.

- Місткість вважається забезпеченою за умови достатності об'ємів і площ для розміщення вантажу та обладнання: $V_c \geq |V_c|$; $A_c \geq |A_c|$.

- Міцність корпусу перевіряється за умовою: $\sigma_c \leq |\sigma_c|$.

- Плавучість визначається рівністю між вагою судна та силою підтримки води: $\sum_{i=1}^I gW_{i00} = \rho g L B d C_B$.

- Непотоплюваність оцінюється за відповідними критеріями поділу корпусу на відсіки та аварійної остійності. Остійність забезпечується виконанням нормативних вимог до діаграми остійності, включаючи критерій погоди та мінімальні значення метацентричної висоти.

- Ходовість визначається балансом між буксирувальною потужністю та ефективною потужністю енергетичної установки з урахуванням ККД пропульсивного комплексу: $EHP = \eta N_E$.

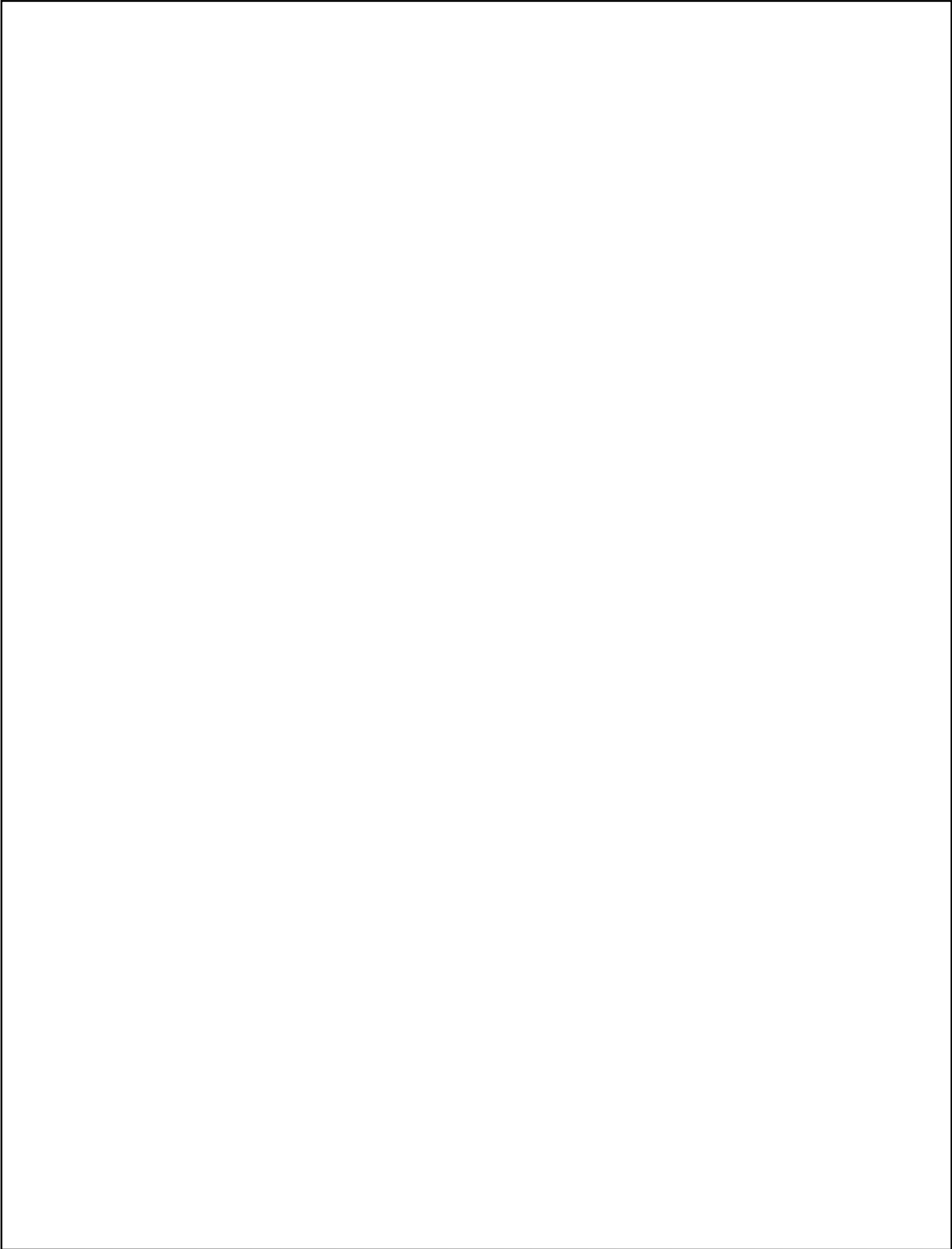
					24.ДРБ.135.4117ст.03.ПЗ.01	Арк.
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		14

- Керованість оцінюється через обмеження на діаметр циркуляції судна, а морехідність через допустимі значення переміщень, швидкостей і прискорень під дією хвиль.

Таким чином, технічний проєкт танкера включає розробку 3D-моделі, теоретичного креслення та кривих елементів теоретичного креслення, креслення конструктивного мідель-шпангоуту, плану місткості та навантаження, розрахунки плавучості, остійності (непошкодженого та пошкодженого судна), ходовості, загальної міцності та креслення загального розташування.

Мінімальний склад проєкту повинен забезпечувати виконання вимог класифікаційних товариств щодо вантажної марки, остійності та міцності корпусу, гвинта і валопроводу.

					24.ДРБ.135.4117ст.03.ПЗ.01	Арк.
						15
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		



					24.ДРБ.135.4117ст.03.ПЗ.02							
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата								
					Технічне проектування танкера дедвейтом 36800 тонн				Літ	Аркуш	Аркушів	
Студент	Дзюрман В.І.								у		16	
Консультант	Пащенко Ю.М.								НУК імені адм. Макарова			
Керівник	Ястреба О. П.											
Зав.кафедри	Некрасов В.О.											

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

2.1 Формування теоретичної поверхні танкера

Для побудови теоретичної поверхні корпусу танкера із знайденими значеннями основних елементів, які відповідають оптимізаційній задачі, виконано лінійне (Surfaces/Size Surfaces) та параметричне (Data/Parametric Transformation) перетворення 3D-моделі судна-прототипу в програмному забезпеченні Maxsurf Modeler Advanced. Отримана 3D-модель судна-проекту представлена на рис. 2.1.1. Також в таблиці 2.1.1. представлено порівняння головних елементів судна-прототипу та судна-проекту.

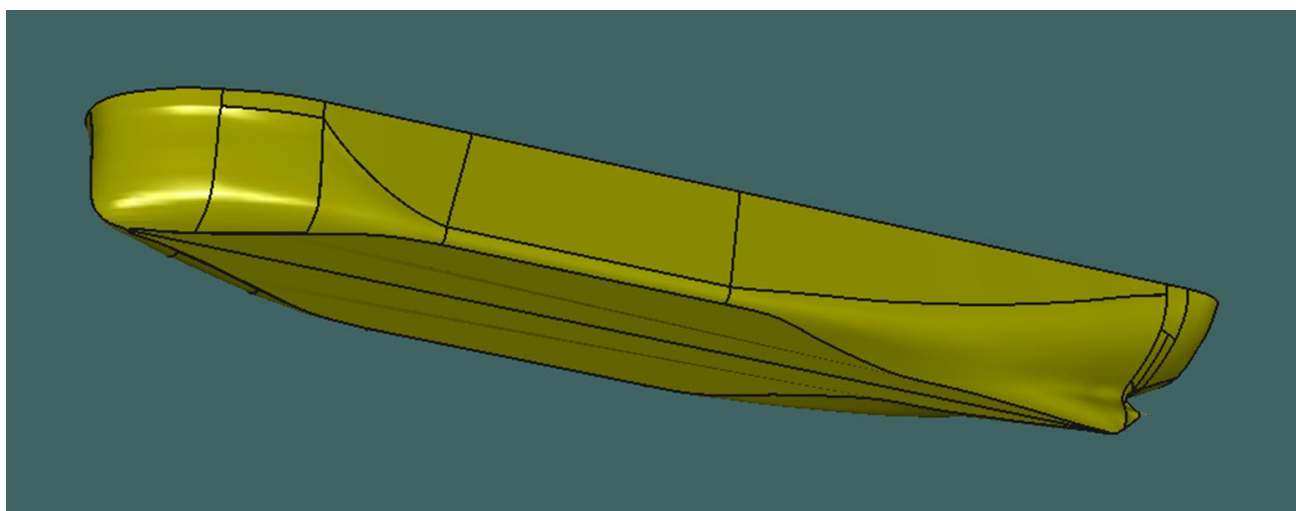


Рис. 2.1.1. – Створена 3D-модель судна-проекту

Табл. 2.1.1. Порівняння судна-прототипу та судна-проекту

Параметр	Позначення	Прототип	Проект
Водотоннажність повна, т	Δ	51511	51077
Довжина між перпендикулярами, м	L_{PP}	178,5	179,8
Ширина, м	B	32,2	31,98
Осадка, м	d	11,07	11,17
Висота борту, м	D	18,85	18,7
Коефіцієнт загальної повноти	C_b	0,789	0,786

3D модель і теоретичне креслення будують в середовищах Maxsurf Modeler і AutoCAD. На рисунку 2.1.2 представлено проєкції теоретичного креслення отримані в програмному забезпеченні Maxsurf Modeler Advanced.

- кількість батоксів – 3;
- кількість ватерліній – 8;
- кількість шпангоутів – 21;
- теоретична шпация $\Delta L = L/20 = 10,785\text{м}$.

За отриманими даними побудовано теоретичне креслення та креслення загального розташування.

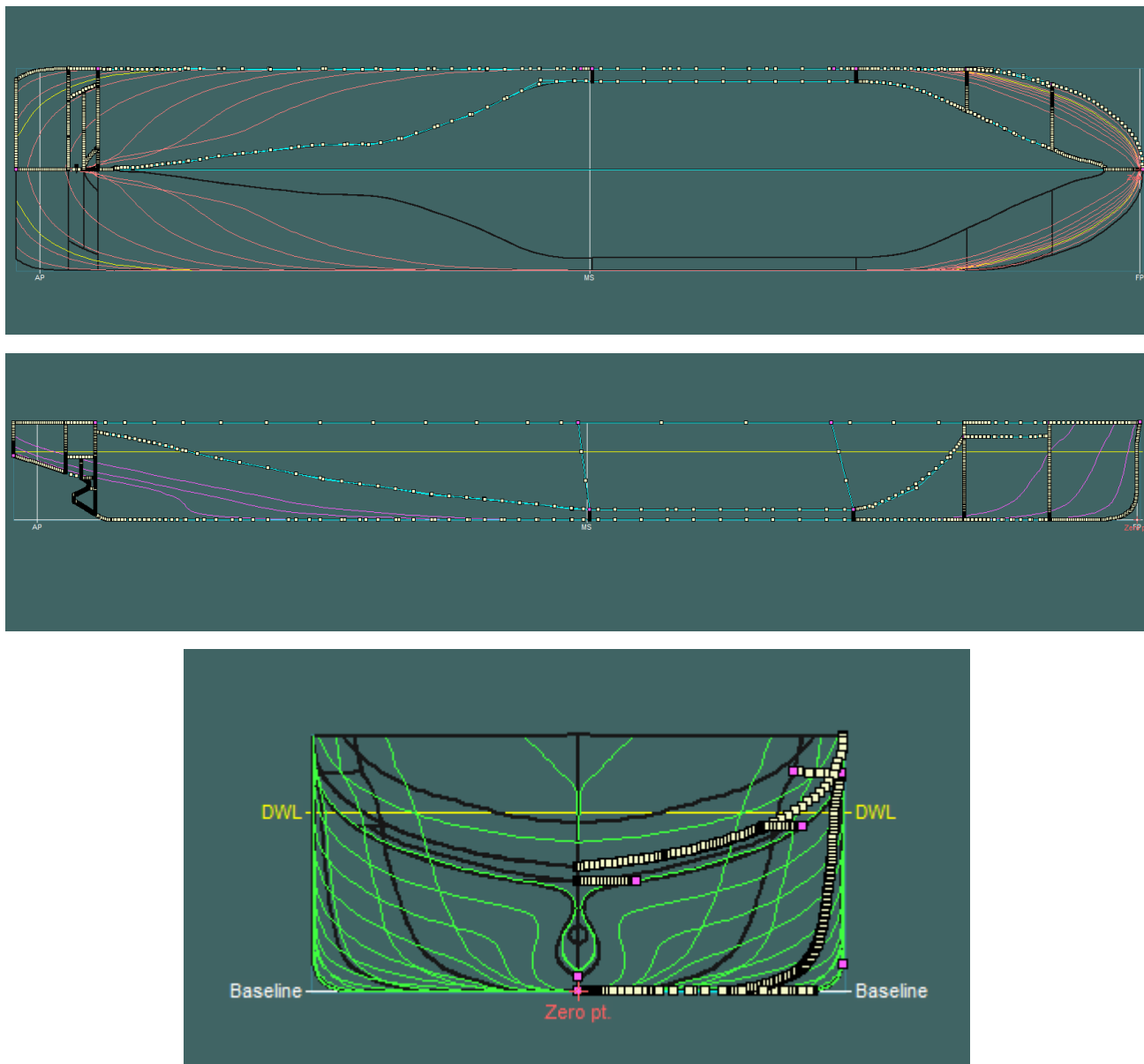


Рис. 2.1.2 – Проекції ТК (бік, корпус, напівширота)

Ділі було здійснено розрахунок гідростатичних параметрів корпусу (Data/Calculate Hydrostatics). Результати розрахунку приведені нижче в табл. 2.1.2.

					24.ДРБ.135.4117ст.03.ПЗ.02	Арк.
						18
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		

	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 w/ 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/	

Табл. 2.1.2. – Результати розрахунку гідростатики

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

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

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

2.2 Розрахунки статики (елементів теоретичного креслення), забезпечення вимог класифікаційного товариства до вантажної марки танкера

Криві елементів теоретичного креслення є графічним відображення основних характеристик судна та їх зміни залежно від осадки. Для їх побудови використовуємо програмний комплекс Maxsurf Stability Advanced. Після завантаження моделі судна задається діапазон осадок та обираємо режим розрахунку Upright Hydrostatics. Результати розрахунку представлені на рис. 2.2.1.

	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. (C)	0,967	0,970	0,982	0,987	0,989	0,991	0,992	0,992	0,993	0,993
14	Waterpl. area coeff. (C)	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

Рис.2.2.1 – Результати розрахунку в табличному виді

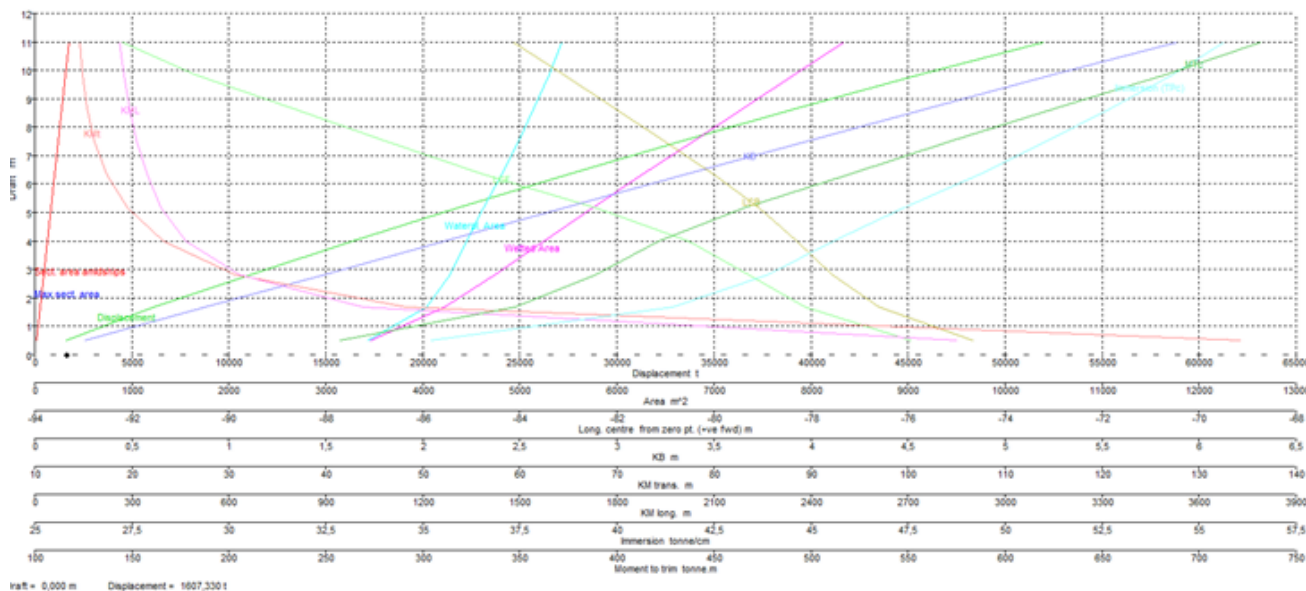


Рисунок 2.2.1 – Гідростатичні криві

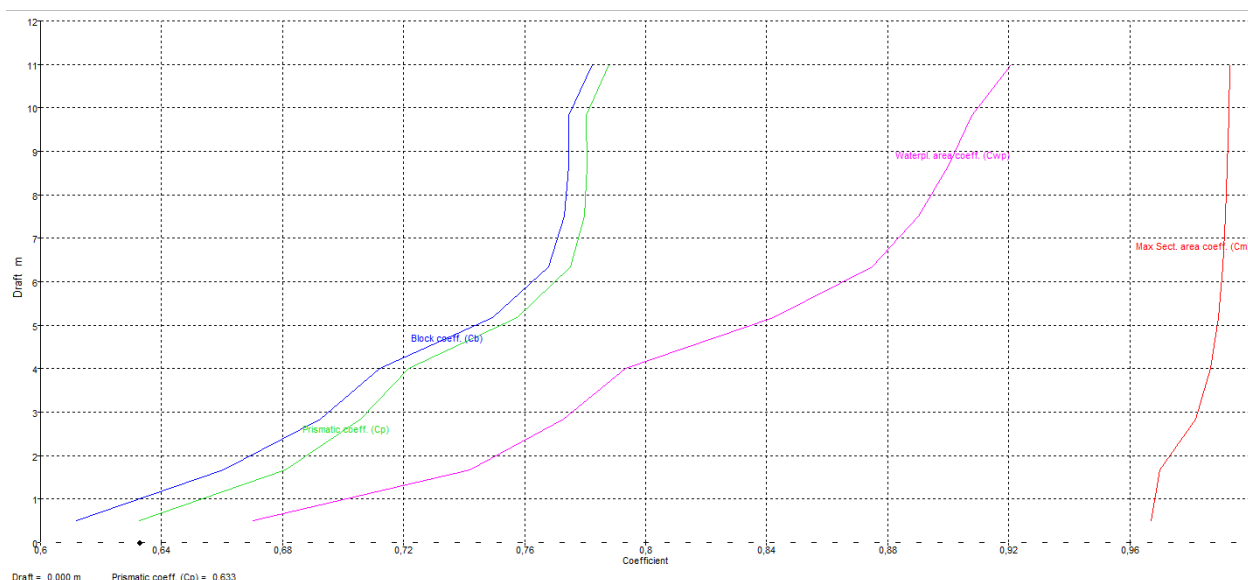


Рисунок 2.2.2 – Криві коефіцієнтів форми корпусу

Значення висоти борту повинно відповідати вимогам «Правил про вантатажну марку морських суден». Відповідно до цих вимог для танкера типу В довжиною $L=180$ м мінімальний надводний борт становить:

$$F_{\min} = (D - d)_{\min} = 3,5 \text{ м}$$

Для проєктованого судна фактичний надводний борт становить:

$$D - d = 18,7 - 12,07 = 6,63 \text{ м}$$

Оскільки отримане значення перевищує мінімально допустиме ($6,63 > 3,5$ м), проєкт відповідає вимогам Правил про вантажну марку.

Максимальна допустима осадка судна: $d_{\max} = D - (D - d)_{\min} = 18,7 - 3,5 = 15,4$ м

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

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

Фактичну шпацию визначаємо за формулою:

$$a_0 = 0,002 \cdot L + 0,48 = 0,002 \cdot 215,7 + 0,48 = 0,912 \text{ м.}$$

Приймаємо $a_0 = 800$ мм.

Згідно з вимогами Правил Регістру, у форпіку та ахтерпіку шпация приймається $a_{\phi} = a_{\text{ахт}} = 600$ мм. Перехідна шпация між форпіковою перебіркою та перерізом $0,2L$ від носового перпендикуляру приймається $a_{\pi} = 700$ мм. Таким чином поперечні перебірки поділяють корпус судна на відсіки представлені у табл.2.3.1

Таблиця 2.3.1 – Відсіки судна

Шпация	Відсік	Довжина
209-192	Ахтерпік	$L_{\text{ахт}} = 17 \cdot 0,6 = 10,2$ м
192-165	МВ	$L_{\text{мв}} = 27 \cdot 0,95 = 25,65$ м
165-144	Трюм №7	$L_{\text{тр}7} = 21 \cdot 0,95 = 19,95$ м
144-123	Трюм №6	$L_{\text{тр}6} = 21 \cdot 0,95 = 19,95$ м
123-102	Трюм №5	$L_{\text{тр}5} = 21 \cdot 0,95 = 19,95$ м
102-81	Трюм №4	$L_{\text{тр}4} = 21 \cdot 0,95 = 19,95$ м
81-60	Трюм №3	$L_{\text{тр}3} = 21 \cdot 0,95 = 19,95$ м
60-34	Трюм №2	$L_{\text{тр}2} = 6 \cdot 0,95 + 0,5 + 19 \cdot 0,7 = 19,5$ м
34-14	Трюм №1	$L_{\text{тр}1} = 21 \cdot 0,7 = 14$ м
14-0	Форпік	$L_{\text{фор}} = 14 \cdot 0,6 = 8,4$ м

Сума

$L = 177,5 \text{ м}$

На рис. 2.3.2 представлено побудову цистерн та приміщень в табличному виді. А на рис. 2.3.1 зображено 3D-модель з трюмами.

	Name	Type	Intact Perm. %	Damaged Perm. %	Specific gravity	Fluid type	Boundary Surfaces	Aft m	Fore m	F.Port m	F.Stbd. m	F.Top m	F.Bott. m	A.Port m	A.Stbd. m	A.Top m	A.Bott. m	Formed
1	Forepeak	Tank	100	100	1,025	Water Balla	none	-10,2	2,944	-11,4	11,4	26,7	11	-18	18	ДІТТО	ДІТТО	Yes
2	Forepeak	Linked Tank	100	100	1,025	Water Balla	none	-10,2	2,944	-11,4	11,4	11	0	-18	18	ДІТТО	ДІТТО	Yes
3	Hold 1	Tank	100	100	0,714		none	-29,8	-10,2	-14,1	14,1	26,7	2	-14,5	14,5	ДІТТО	ДІТТО	Yes
4	Hold 2	Tank	100	100	0,714		none	-55,1	-29,8	-14,5	14,5	26,7	2	-14,6	14,6	ДІТТО	ДІТТО	Yes
5	Hold 3	Tank	100	100	0,714		none	-79,9	-55,1	-14,6	14,6	26,7	2	ДІТТО	ДІТТО	ДІТТО	ДІТТО	Yes
6	Hold 4	Tank	100	100	0,714		none	-104,7	-79,9	-14,6	14,6	26,7	2	ДІТТО	ДІТТО	ДІТТО	ДІТТО	Yes
7	Hold 5	Tank	100	100	0,714		none	-129,5	-104,7	-14,6	14,6	26,7	2	ДІТТО	ДІТТО	ДІТТО	ДІТТО	Yes
8	Hold 6	Tank	100	100	0,714		none	-154,3	-129,5	-14,6	14,6	26,7	2	ДІТТО	ДІТТО	ДІТТО	ДІТТО	Yes
9	Hold 7	Tank	100	100	0,714		none	-179,1	-154,3	-14,6	14,6	26,7	2	ДІТТО	ДІТТО	ДІТТО	ДІТТО	Yes
10	Engine Room	Compartment	85	85			none	-203,1	-179,1	-17	17	26,7	2	ДІТТО	ДІТТО	ДІТТО	ДІТТО	Yes
11	Aftpeak	Tank	100	100	1,025	Water Balla	none	-220,22	-203,1	-17	17	26,7	8,8	ДІТТО	ДІТТО	ДІТТО	ДІТТО	Yes
12	Aftpeak	Linked Tank	100	100	1,025	Water Balla	none	-220,22	-203,1	-17	17	8,8	0	ДІТТО	ДІТТО	ДІТТО	ДІТТО	Yes
13	DB Hold 1	Tank	100	100	0,84	Diesel	none	-29,8	-10,2	-16	16	2	0	ДІТТО	ДІТТО	ДІТТО	ДІТТО	Yes
14	DB Hold 2	Tank	100	100	0,84	Diesel	none	-55,1	-29,8	-16	16	2	0	ДІТТО	ДІТТО	ДІТТО	ДІТТО	Yes
15	DB Hold 3	Tank	100	100	0,84	Diesel	none	-79,9	-55,1	-16	16	2	0	ДІТТО	ДІТТО	ДІТТО	ДІТТО	Yes
16	DB Hold 4	Tank	100	100	0,84	Diesel	none	-104,7	-79,9	-16	16	2	0	ДІТТО	ДІТТО	ДІТТО	ДІТТО	Yes
17	DB Hold 5	Tank	100	100	0,84	Diesel	none	-129,5	-104,7	-16	16	2	0	ДІТТО	ДІТТО	ДІТТО	ДІТТО	Yes
18	DB Hold 6	Tank	100	100	0,84	Diesel	none	-154,3	-129,5	-16	16	2	0	ДІТТО	ДІТТО	ДІТТО	ДІТТО	Yes
19	DB Hold 7	Tank	100	100	0,84	Diesel	none	-179,1	-154,3	-16	16	2	0	ДІТТО	ДІТТО	ДІТТО	ДІТТО	Yes
20	DB Engine Room	Tank	100	100	0,84	Diesel	none	-203,1	-179,1	-17	17	2	0	ДІТТО	ДІТТО	ДІТТО	ДІТТО	Yes
21	DS Hold 1 P	Tank	100	100	1,025	Water Balla	none	-29,8	-10,2	-16,8	-14,1	26,7	2	-17	-14,5	ДІТТО	ДІТТО	Yes
22	DS Hold 1 S	Tank	100	100	1,025	Water Balla	none	-29,8	-10,2	14,1	16,8	26,7	2	14,5	17	ДІТТО	ДІТТО	Yes
23	DS Hold 2 P	Tank	100	100	1,025	Water Balla	none	-55,1	-29,8	-16,8	-14,5	26,7	2	ДІТТО	ДІТТО	ДІТТО	ДІТТО	Yes
24	DS Hold 2 S	Tank	100	100	1,025	Water Balla	none	-55,1	-29,8	14,5	16,8	26,7	2	ДІТТО	ДІТТО	ДІТТО	ДІТТО	Yes
25	DS Hold 3 P	Tank	100	100	1,025	Water Balla	none	-79,9	-55,1	-16,8	-14,5	26,7	2	ДІТТО	ДІТТО	ДІТТО	ДІТТО	Yes
26	DS Hold 3 S	Tank	100	100	1,025	Water Balla	none	-79,9	-55,1	14,5	16,8	26,7	2	ДІТТО	ДІТТО	ДІТТО	ДІТТО	Yes
27	DS Hold 4 P	Tank	100	100	1,025	Water Balla	none	-104,7	-79,9	-16,8	-14,5	26,7	2	ДІТТО	ДІТТО	ДІТТО	ДІТТО	Yes
28	DS Hold 4 S	Tank	100	100	1,025	Water Balla	none	-104,7	-79,9	14,5	16,8	26,7	2	ДІТТО	ДІТТО	ДІТТО	ДІТТО	Yes
29	DS Hold 5 P	Tank	100	100	1,025	Water Balla	none	-129,5	-104,7	-16,8	-14,5	26,7	2	ДІТТО	ДІТТО	ДІТТО	ДІТТО	Yes
30	DS Hold 5 S	Tank	100	100	1,025	Water Balla	none	-129,5	-104,7	14,5	16,8	26,7	2	ДІТТО	ДІТТО	ДІТТО	ДІТТО	Yes
31	DS Hold 6 P	Tank	100	100	1,025	Water Balla	none	-154,3	-129,5	-16,8	-14,5	26,7	2	ДІТТО	ДІТТО	ДІТТО	ДІТТО	Yes
32	DS Hold 6 S	Tank	100	100	1,025	Water Balla	none	-154,3	-129,5	14,5	16,8	26,7	2	ДІТТО	ДІТТО	ДІТТО	ДІТТО	Yes
33	DS Hold 7 P	Tank	100	100	1,025	Water Balla	none	-179,1	-154,3	-16,8	-14,5	26,7	2	ДІТТО	ДІТТО	ДІТТО	ДІТТО	Yes
34	DS Hold 7 S	Tank	100	100	1,025	Water Balla	none	-179,1	-154,3	14,5	16,8	26,7	2	ДІТТО	ДІТТО	ДІТТО	ДІТТО	Yes

Рис.2.3.2 Таблиця трюмів та приміщень.

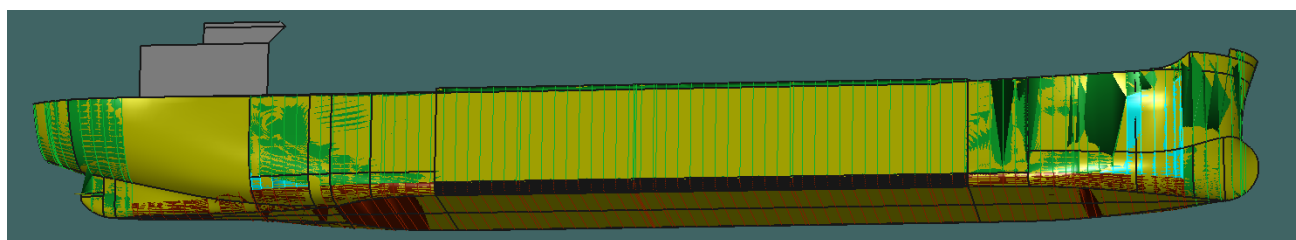


Рис.2.3.1 - 3D-модель.

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

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

Координати центрів мас вантажу і палива приймаються за Loadcase.

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

Таблиця 2.3.3 – Таблиця місткості

									Арк.
									23
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата					

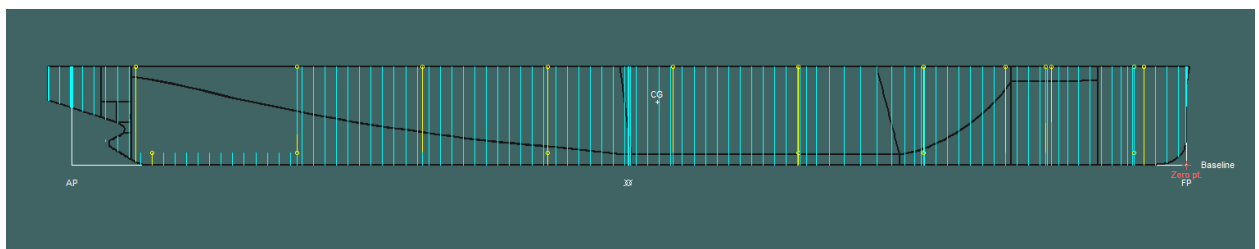
24.ДРБ.135.4117ст.03.ПЗ.02

	Item Name	Quantity	Unit Mass tonne	Total Mass tonne	Unit Volume m^3	Total Volume m^3	Long. Arm m	Trans. Arm m
6	Tank 1	56,04%	4458,328	2498,447	6107,298	3422,530	-17,730	0,000
7	Tank 2	95%	6589,718	6260,232	9027,011	8575,660	-34,809	0,000
8	Tank 3	95%	6528,653	6202,220	8943,360	8496,192	-54,100	0,000
9	Tank 4	79,95%	6528,652	5219,657	8943,358	7150,215	-73,300	0,000
10	Tank 5	90%	6528,654	5875,789	8943,362	8049,026	-92,500	0,000
11	Tank 6	90%	6528,652	5875,787	8943,358	8049,022	-111,700	0,000
12	Tank 7	90%	6519,865	5867,879	8931,322	8038,190	-130,889	0,000
13	Slop Tank	0%	1841,483	0,000	2522,579	0,000	-142,824	0,000
14	Total Cargo	83,03%	45524,005	37800,010	62361,649	51780,834	-77,995	0,000
15	DB Tank 1	0%	372,156	0,000	443,042	0,000	-19,113	0,000
16	DB Tank 2	0%	860,524	0,000	1024,434	0,000	-35,841	0,000
17	DB Tank 3	0%	1009,112	0,000	1201,324	0,000	-54,133	0,000
18	DB Tank 4	0%	1011,980	0,000	1204,738	0,000	-73,300	0,000
19	DB Tank 5	25,8%	1011,531	260,975	1204,204	310,685	-92,497	0,000
20	DB Tank 6	98%	939,503	920,712	1118,455	1096,086	-111,386	0,000
21	DB Tank 7	98%	647,074	634,132	770,326	754,919	-130,043	0,000
22	DB Tank 8	98%	111,773	109,537	133,063	130,402	-142,834	0,000
23	DB Tank 9	98%	318,155	311,792	378,756	371,181	-155,311	0,000
24	Total Fuel	35,61%	6281,807	2237,149	7478,341	2663,273	-122,132	0,000
25	Forepeak	0%	1801,336	0,000	1757,401	0,000	-7,608	0,000
26	DS Tank 1 P	0%	207,401	0,000	202,342	0,000	-25,009	-13,700
27	Afterpeak	0%	3100,783	0,000	3025,154	0,000	-171,192	0,000
28	DS Tank 1 S	0%	207,401	0,000	202,342	0,000	-25,009	13,700
29	DS Tank 2 P	0%	678,200	0,000	661,659	0,000	-39,420	-14,590
30	DS Tank 2 S	0%	678,200	0,000	661,659	0,000	-39,420	14,590
31	DS Tank 3 P	0%	842,180	0,000	821,639	0,000	-54,148	-14,930
32	DS Tank 3 S	0%	842,180	0,000	821,639	0,000	-54,148	14,930
33	DS Tank 4 P	0%	842,517	0,000	821,968	0,000	-73,300	-14,938
34	DS Tank 4 S	0%	842,517	0,000	821,968	0,000	-73,300	14,938
35	DS Tank 5 P	0%	842,373	0,000	821,828	0,000	-92,474	-14,934
36	DS Tank 5 S	0%	842,373	0,000	821,828	0,000	-92,474	14,934
37	DS Tank 6 P	0%	835,795	0,000	815,410	0,000	-111,018	-14,772
38	DS Tank 6 S	0%	835,795	0,000	815,410	0,000	-111,018	14,772
39	DS Tank 7 P	0%	762,712	0,000	744,109	0,000	-124,485	-14,212
40	DS Tank 7 S	0%	762,712	0,000	744,109	0,000	-124,485	14,212
41	Total Ballast	0%	14924,478	0,000	14560,466	0,000	0,000	0,000
42	Supply	1	326,000	326,000			-165,050	0,000
43	Total Supply			326,000			-165,050	0,000
44	Total Loadcase			53257,159	84400,457	54444,107	-86,562	0,000

2.4 Удиферентування судна-проекту

Удиферентування проекту виконується у середовищі Maxsurf Stability для випадку повного завантаження: І стан - 100% вантажу, 100% запасів і 0% баласту.

На рис. 2.4.1 наведено візуалізацію посадки судна, а в табл. 2.4.1 її параметри. За допомогою Loadcase здійснюється перевірка посадки судна (табл. 2.4.1).



					Арк.
					24
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата	24.ДРБ.135.4117ст.03.ПЗ.02

Рисунок 2.4.1 – Удиферентоване судно-проект у повному вантажі

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. (	0,993
15	Waterpl. area coeff. (C	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

Таблиця 2.4.1 – Посадка судна.

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;

- $T_k \geq d_{zv} - d_{zv} = 6,8$ 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

2.5 Розрахунок амплітуди хитамиці

					24.ДРБ.135.4117ст.03.ПЗ.02	Арк.
						25
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		

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:

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

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.

$$S = 0,0733$$

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

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

$$ZB = 16,064$$

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

Тому тиск вітру $P_v=504$ Па, $D=52058$ т – водотоннажність,

					24.ДРБ.135.4117ст.03.ПЗ.02	Арк.
						26
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		

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

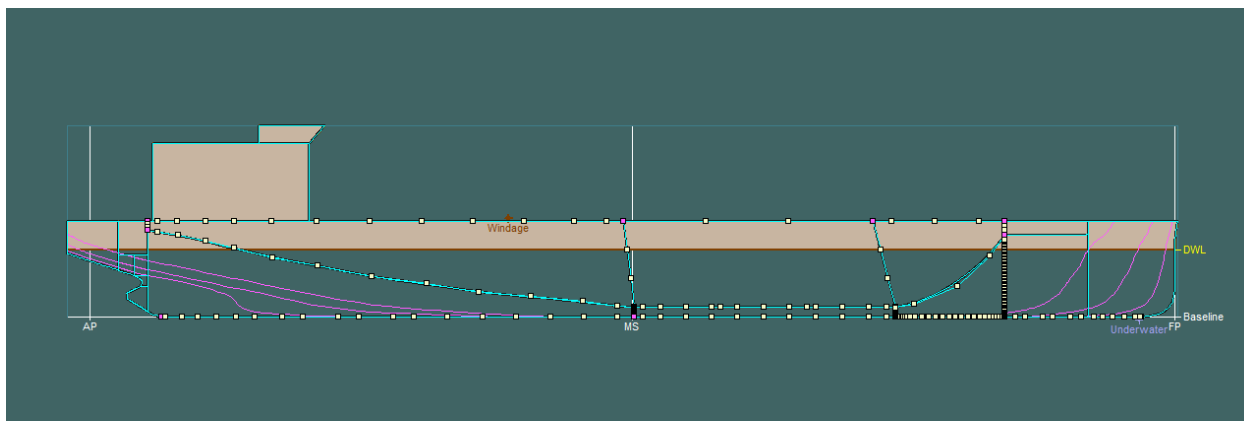


Рисунок 2.6.1 – Схема визначення площі парусності

$$l_{w1} = \frac{P_V \cdot A \cdot Z_V}{1000 \cdot g \cdot D} = \frac{504 \cdot 2058,133 \cdot 12,044}{1000 \cdot 9,81 \cdot 74128} = 0,017 \text{ м}$$

$$l_{w2} = 1,5 \cdot l_{w1} = 1,5 \cdot 0,017 = 0,0255 \text{ м}$$

Розрахунок критерію погоди: остійність судна за цим критерієм вважається достатньою, якщо площа b дорівнює або перевищує площу a , тобто $K \geq 1$. Площа b визначається як область, обмежена кривою відновлювальних плечей, горизонтальною лінією, що відповідає кренувальному плечу та куту крену.

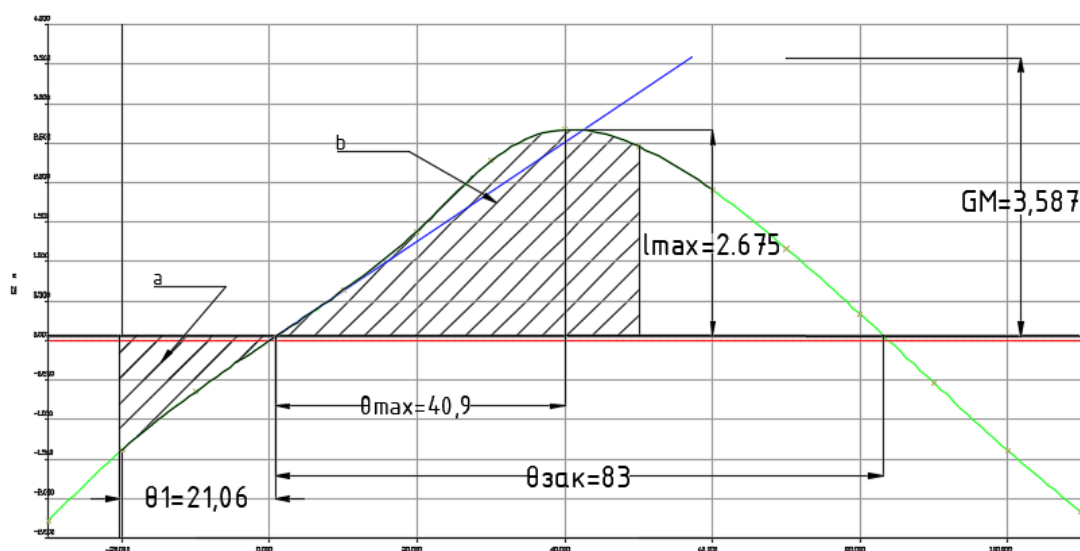


Рисунок 2.6.2 - Діаграма статичної остійності

	Heel to Starboard deg	-30,0	-20,0	-10,0	0,0	10,0	20,0	30,0	40,0	50,0	60,0	70,0	80,0	90,0	100,0	110,0
1	GZ m	-1,834	-1,629	-0,815	0,000	0,815	1,629	1,834	1,643	1,165	0,509	-0,233	-1,001	-1,749	-2,437	-3,029
2	Area under GZ curve from zero heel	0,5972	0,2880	0,0695	0,0000	0,0695	0,2877	0,5985	0,9063	1,1548	1,3026	1,3274	1,2197	0,9792	0,6126	0,1347
3	Displacement t	52058	52058	52058	52058	52058	52058	52058	52058	52058	52058	52058	52058	52062	52058	52059
4	Draft at FP m	11,884	11,136	11,001	10,972	11,001	11,137	11,884	13,387	15,676	19,275	26,092	45,754	n/a	30,427	10,770
5	Draft at AP m	10,864	10,711	10,949	11,044	10,949	10,709	10,864	11,384	12,199	13,474	15,925	23,162	n/a	5,716	-1,543
6	WL Length m	181,236	181,234	181,233	181,233	181,233	181,234	181,236	181,410	181,728	181,561	181,114	180,346	179,255	177,841	176,209
7	Beam max extents on WL m	27,380	31,369	33,030	32,528	33,030	31,370	27,380	24,277	20,488	18,123	16,702	15,937	15,695	15,937	16,702
8	Wetted Area m ²	9249,77	8693,77	8350,13	8345,23	8350,13	8693,71	9249,76	9530,77	9625,63	9675,08	9708,97	9729,31	9734,40	9727,38	9728,18
9	Waterpl. Area m ²	4258,18	5100,14	5487,47	5431,27	5487,46	5100,11	4258,21	3678,67	3173,61	2845,91	2652,77	2563,71	2559,96	2634,60	2791,68
10	Prismatic coeff. (Cp)	0,797	0,791	0,790	0,788	0,790	0,791	0,797	0,804	0,807	0,810	0,814	0,818	0,823	0,830	0,837
11	Block coeff. (Cb)	0,587	0,584	0,638	0,780	0,638	0,584	0,587	0,592	0,645	0,694	0,738	0,780	0,808	0,767	0,728
12	LCB from zero pt. (+ve fwd) m	-84,235	-84,251	-84,256	-84,259	-84,256	-84,247	-84,236	-84,215	-84,198	-84,171	-84,150	-84,138	-84,135	-84,141	-84,154
13	LCF from zero pt. (+ve fwd) m	-87,841	-89,877	-91,573	-92,242	-91,572	-89,879	-87,841	-86,677	-86,497	-86,584	-86,831	-87,347	-88,070	-88,934	-89,442
14	Max deck inclination deg	30,0012	20,0004	10,0000	0,0232	10,0000	20,0004	30,0012	40,0026	50,0038	60,0044	70,0040	80,0025	90,0000	99,9970	109,994
15	Trim angle (+ve by stern) deg	-0,3293	-0,1372	-0,0167	0,0232	-0,0169	-0,1382	-0,3290	-0,6466	-1,1223	-1,8719	-3,2782	-7,2536	90,0000	-7,9256	-3,9682

Рисунок 2.6.3 – Ординати діаграми статичної остійності

$$K = \frac{b}{a} = 1,92 \geq 1$$

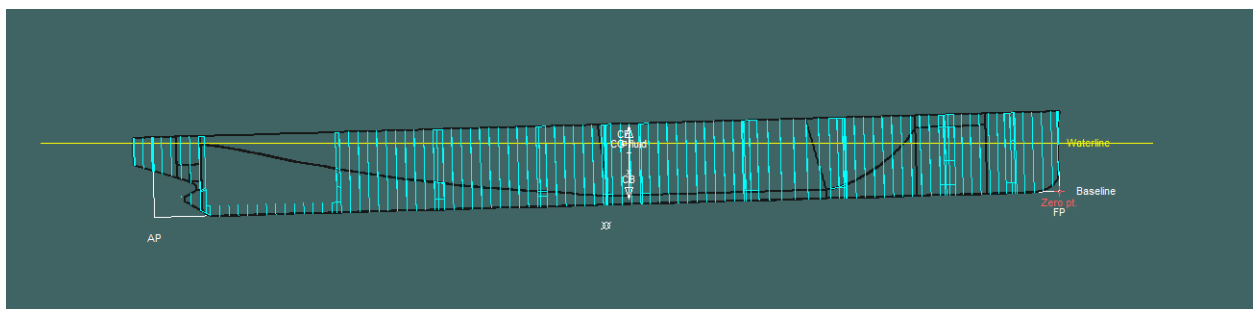
Відповідність вимогам Правил Регістру до остійності перевіряється у Maxsurf Stability у вкладці Criteria:

Критерій	Дійсне значення	Вимога Регістру
K	3,807	$K \geq 1$
$l_{M_{max}}$	2,675	l_{max}
$\theta_{град_{max}}$	40,9	θ_{max}
$\theta_{зак, град}$	83	$\theta_{зак} \geq 60$
$h, м$	3,587	$h \geq 0,15$
$S_{30}, м \cdot рад$	0,0550	$S_{30} \geq 0,055$
$S_{40}, м \cdot рад$	0,0900	$S_{40} \geq 0,09$
$S_{30-40}, м \cdot рад$	0,0300	$S_{30-40} \geq 0,03$

Висновок: Спроектоване судно відповідає всім вимогам Регістру України.

2.7. Розрахунок аварійної остійності

Аварійна остійність - це здатність судна зберігати рівновагу та плавучість після пошкодження корпусу і затоплення одного або декількох відсіків. Розрахунок аварійної остійності є важливою проектування та експлуатації суден, оскільки від нього залежить безпека екіпажу, вантажу та самого судна.



					Арк.
					28
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата	24.ДРБ.135.4117ст.03.ПЗ.02

Рис. 2.7.1 – Зображення пошкодженого машинного відсіку

	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	-0,5989
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	26,346
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	33,050	32,778	28,054	24,310	20,488	18,123	16,702	15,937	15,695	15,938	16,704
8	Wetted Area m²	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 m²	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 inclination deg	30,0873	20,0957	10,1367	1,6401	10,1361	20,0950	30,0873	40,0791	50,0691	60,0558	70,0384	80,0191	90,0000	99,9834	109,971
15	Trim angle (+ve by stern) deg	2,7762	2,1287	1,6935	1,6401	1,6894	2,1203	2,7761	3,5989	4,7760	6,6336	10,0814	19,5084	90,0000	18,3102	8,7574

Рисунок 2.7.2. – Ординати діаграми аварійної остійності

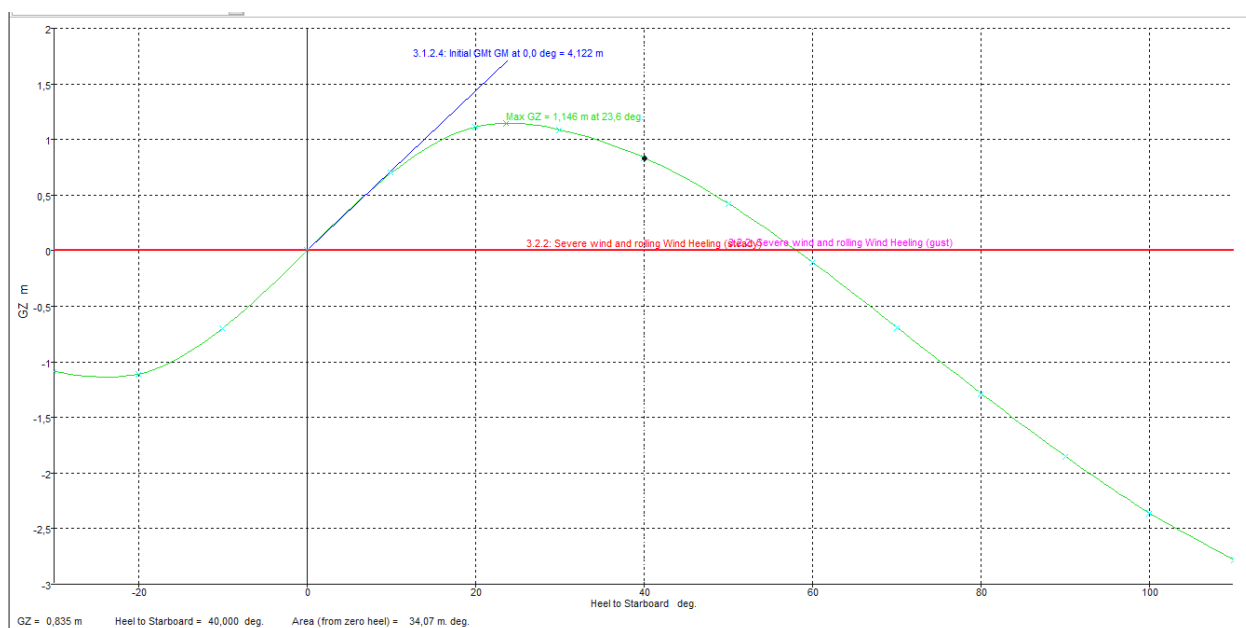


Рисунок 2.7.1 - Діаграма аварійної остійності

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

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 ($\leq$)	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 ($\leq$)	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 ($\geq$)	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 ($\geq$)	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 ($\geq$)	0,0175	m.rad	0,2273	Pass	+1198,86

За результатами проведених розрахунків можемо зробити висновок, що проєктоване судно відповідає вимогам ІМО щодо остійності судна як в ушкодженному так і в пошкодженному стані.

2.8 Розрахунок ходовості танкера, забезпечення вимог класифікаційного товариства до міцності гребного вала та гребного гвинта танкера

2.8.1 Розрахунок буксирувальних опорів і потужності

Вихідні дані для розрахунку:

					24.ДРБ.135.4117ст.03.ПЗ.02	Арк.
						30
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		

	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 w/ 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/	

Розрахунок потужності головного двигуна виконується із застосуванням програмного комплексу Maxsurf Resistance. Отримані результати розрахунку наведено в табл. 2.8.1.1. Для визначення необхідної ефективної потужності головного двигуна використовується перехід від буксирувальної потужності з урахуванням загального пропульсивного коефіцієнта, значення якого задається в модулі Analysis/Efficiency.

Таблиця 2.8.1.1 – Результати розрахунків потужності головного двигуна

	Speed (kn)	Froude No. LWL	Froude No. Vol.	Holtrop Resist. (kN)	Holtrop Power (kW)
1	0,500	0,006	0,013	1,0	0,388
2	0,875	0,011	0,024	2,8	1,928
3	1,250	0,015	0,034	5,4	5,369
4	1,625	0,020	0,044	8,9	11,413
5	2,000	0,024	0,054	13,1	20,742
6	2,375	0,029	0,064	18,1	34,019
7	2,750	0,033	0,074	23,8	51,897
8	3,125	0,038	0,084	30,3	75,016
9	3,500	0,042	0,094	37,5	104,010
10	3,875	0,047	0,104	45,5	139,502
11	4,250	0,051	0,114	54,1	182,112
12	4,625	0,056	0,125	63,5	232,452
13	5,000	0,061	0,135	73,6	291,131
14	5,375	0,065	0,145	84,3	358,749
15	5,750	0,070	0,155	95,8	435,908
16	6,125	0,074	0,165	107,9	523,202
17	6,500	0,079	0,175	120,8	621,226
18	6,875	0,083	0,185	134,3	730,576
19	7,250	0,088	0,195	148,5	851,856
20	7,625	0,092	0,205	163,3	985,684
21	8,000	0,097	0,216	178,9	1132,710
22	8,375	0,101	0,226	195,2	1293,634
23	8,750	0,106	0,236	212,2	1469,234
24	9,125	0,111	0,246	229,9	1660,400
25	9,500	0,115	0,256	248,5	1868,182
26	9,875	0,120	0,266	267,9	2093,841
27	10,250	0,124	0,276	288,3	2338,910
28	10,625	0,129	0,286	309,8	2605,266
29	11,000	0,133	0,296	332,6	2895,199
30	11,375	0,138	0,306	356,7	3211,497
31	11,750	0,142	0,317	382,5	3557,526
32	12,125	0,147	0,327	410,3	3937,313
33	12,500	0,151	0,337	440,3	4355,625
34	12,875	0,156	0,347	472,8	4818,053
35	13,250	0,161	0,357	508,4	5331,083
36	13,625	0,165	0,367	547,3	5902,168
37	14,000	0,170	0,377	590,2	6539,793
38	14,375	0,174	0,387	637,6	7253,498
39	14,750	0,179	0,397	689,9	8053,976
40	15,125	0,183	0,407	747,9	8953,254
41	15,500	0,188	0,418	812,3	9964,364

На рис. 2.8.1.1 та 2.8.1.2 наведено відповідно залежності буксиру вального опору та буксиру вальної потужності від швидкості ходу судна.

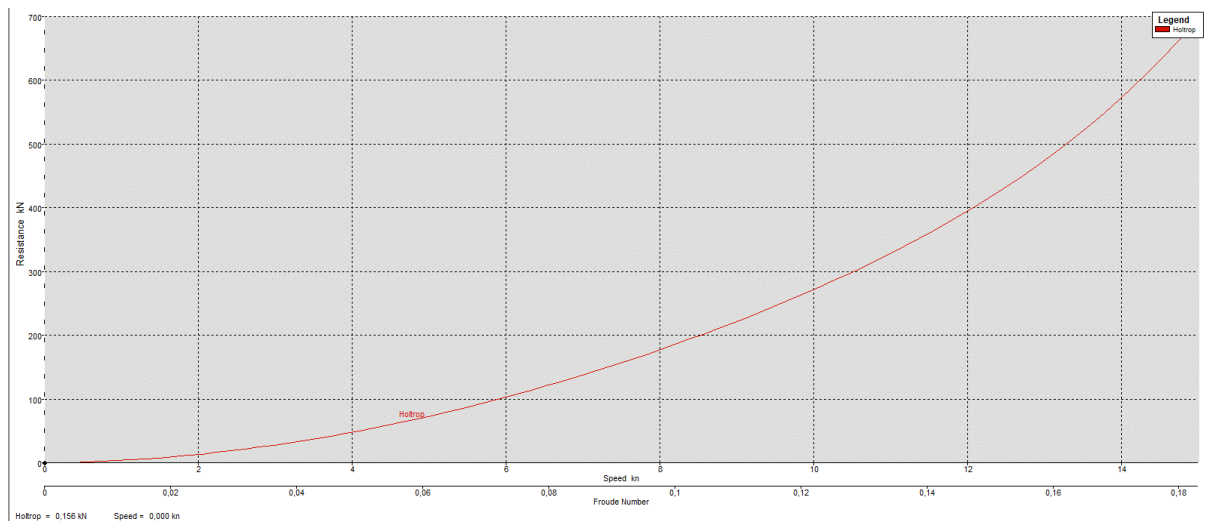


Рис. 2.8.1.1 – Графік залежності буксирувального опору від швидкості $R = f(v_s)$

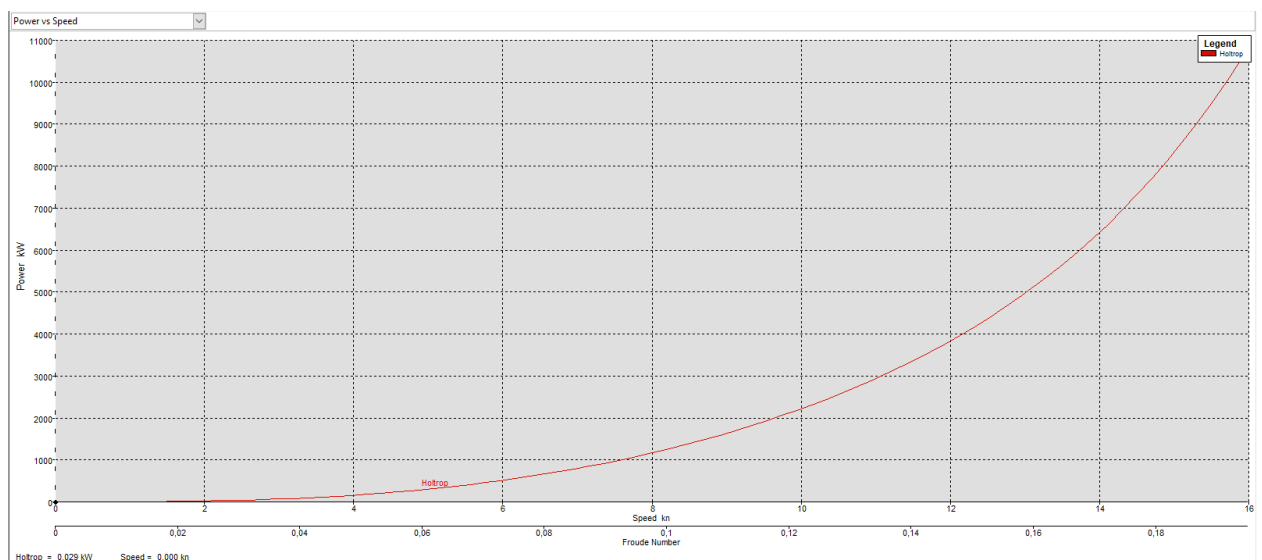


Рис. 2.8.1.2 - Графік залежності буксирувальної потужності від швидкості танкера $P = f(v_s)$

2.8.2 Розрахунок характеристик рушія та вибір двигуна

Розрахунок характеристик пропульсивного комплексу виконано на основі наступних розрахунків.

Для заданого танкера з проектною швидкістю V , буксирувальним опором R та буксирувальною потужністю $P_E = R \cdot V$, основними завданнями проектування рушійного комплексу є:

- забезпечення оптимальних характеристик гребного гвинта з максимально високим ККД;
- вибір головного двигуна, який забезпечить необхідну потужність для руху судна із заданою проектною швидкістю.

Вихідні дані, використані для проєктування пропульсивного комплексу, наведені в табл. 2.8.2.1.

Табл. 2.8.2.1 – Вихідні дані

Дані про балкер:	Символ	Дані	Одиниця виміру
Швидкість судна	V_s	15,5	вузли
Швидкість судна	$V = 0,514 V_s$	7,98	м/с
Осадка	d	11	м
Коефіцієнт загальної повноти	C_b	0,781	
Повний опір руху судна	$R_T(V)$	1105,87	кН
Загальна потужність опору	$P_R = R_T V$	8469,54	кВт

Визначення гвинта з високим ККД:

Розрахунок визначення характеристик гвинта з високим ККД виконано з використанням коефіцієнтів взаємодії гвинта з корпусом за методом Holtrop, які наведено в таблиці 2.8.2.2.

Табл. 2.8.2.2 – 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	$w = 0,3C_b + 10C_vC_b - 0,10$	0,14
Відносна обертова ефективність	η_R	0,98

За результатами розрахунку були отримані наступні дані для вибору схеми гвинта:

Значення, необхідні для використання діаграми гвинта:			
Тяга	$T = R_T / (1 - t)$	1118,74	кН
Діаметр пропелера	$D = 0,7d$	7,4	м
Швидкість просування гвинта	$V_A = V(1 - w)$	9,01	м/с
Коефіцієнт тяги-діаметра	$K_{DT\ opt} = DV_A (\rho/T)^{0.5}$	2,09	

На основі цих даних було підібрано серійну випробувальну діаграму гвинтів серії М-4-65.

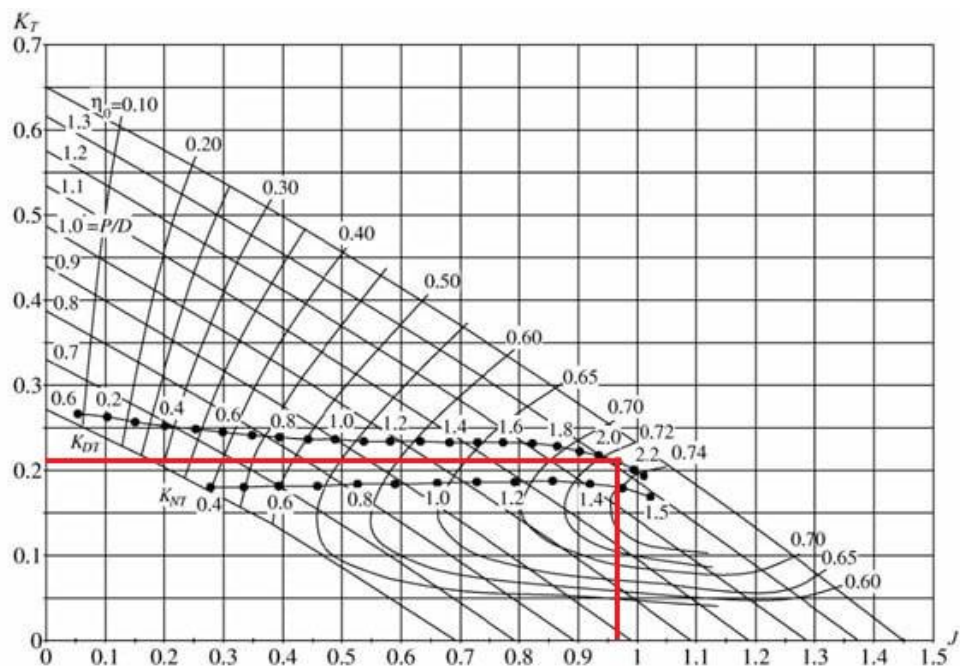


Fig.2.20. Diagram M-4-65; Z=4; $A_1/A_0=0,65$

Рис. 2.8.2.1 - Вибрана діаграма

Таблиця 2.8.2.3 Параметри гвинта

Результати використання гвинтової діаграми:		
Коефіцієнт тяги	$K_T = T/(\rho n^2 D^4)$	0,23
Поступь	$J = V_A/(nD)$	0,88
Крокове відношення	P/D	1,25
ККД гвинта	η_0	0,7

На підставі даних таблиці 2.8.2.4 визначається оптимальне число обертів гвинта.

Таблиця 2.8.2.4 – Розрахунок оптимальної частоти обертання гвинта

Оптимальна частота обертання гвинта:	$n_{opt} = V_A/(JD)$	0,99	rpm
		59,8	об/хв

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

Згідно проведених розрахунків отримали дані щодо необхідної потужності двигуна, які наведені в таблиці 2.8.2.4.

Таблиця 2.8.2.4 - Визначення необхідної потужності двигуна PG

Визначення необхідної потужності двигуна:			
Ефективність редуктору	η_G	1,0	
Ефективність валопроводу	η_s	0,98	

Ефективність корпусу	$\eta_H = (1 - t) / (1 - w)$	1,05	
Пропульсивний коефіцієнт	$\eta_D = \eta_H \eta_R \eta_O \eta_S \eta_G$	0,65	
Потрібна потужність двигуна	$P_G = P_E / \eta_D$	13117,7	кВт

Необхідну потужність двигуна підбирають за допомогою каталогу двигунів. Для розглянутого випадку вибираємо каталог малооборотних двигунів MAN. Обраний двигун має потужність 12240 кВт, найближчу до необхідної потужності 10067 кВт.

Таблиця 2.8.2.5 – Характеристики обраного 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	10S42MC	10250	136	174	10065	2740	8125	230

					24.ДРБ.135.4117ст.03.ПЗ.02	Арк.
						36
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		

					24.ДРБ.135.4117ст.03.ПЗ.03											
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата	Набір корпусу за правилами Регістру					Літ		Аркуш	Аркушів			
Студент	Дзюрман В.І.										у					
Консультан	Шарун Г.В.									НУК імені адм. Макарова						
Керівник	Ястреба О. П.															
Зав.каф	Некрасов В.О.															

3. Набір корпусу за Правилами Регістра

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	179,7
2	Ширина судна на міделі	B	м	31,98
3	Висота борту	D	м	18,7
4	Осадка судна по літню ГВЛ	d	м	11
5	Коефіцієнт загальної повноти	C_v	-	0,786
6	Швидкість судна	V_C	вуз	15,5

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 $C_v \geq 0,6; 0,801 > 0,6.$

					24.ДРБ.135.4111.23.ПЗ.03	Арк.
						37
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		

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

3.2. 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°.

3.3. Вибір системи набору перекрить корпусу судна

Система набору корпусу судна змішана, тобто днищеві і палубні перекриття набирається за повздовжньою 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.

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

«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:

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

					24.ДРБ.135.4111.23.ПЗ.03	Арк.
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		38

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.
 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

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 $h_{II}=2$ 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: $b_k = 2$ м м.

Розбивка судна по шпациям

Таблиця №4.3

	Кількість шпаций	Розмір шпациї
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

					24.ДРБ.135.4111.23.ПЗ.03	Арк.
						39
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		

Ахтерпiк	17	600
----------	----	-----

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:

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

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	H , 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

3.5. 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:

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

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:

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

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:

					24.ДРБ.135.4111.23.ПЗ.03	Арк.
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		41

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

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

$$I_{нотр} = 3 \cdot C_W \cdot B \cdot L^3 \cdot (C_b + 0,7) = 3 \cdot 9,3 \cdot 32 \cdot 177,5^2 \cdot (0,801 + 0,7) = 42,22 \text{ м}^4$$

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:

					24.ДРБ.135.4111.23.ПЗ.03	Арк.
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		42

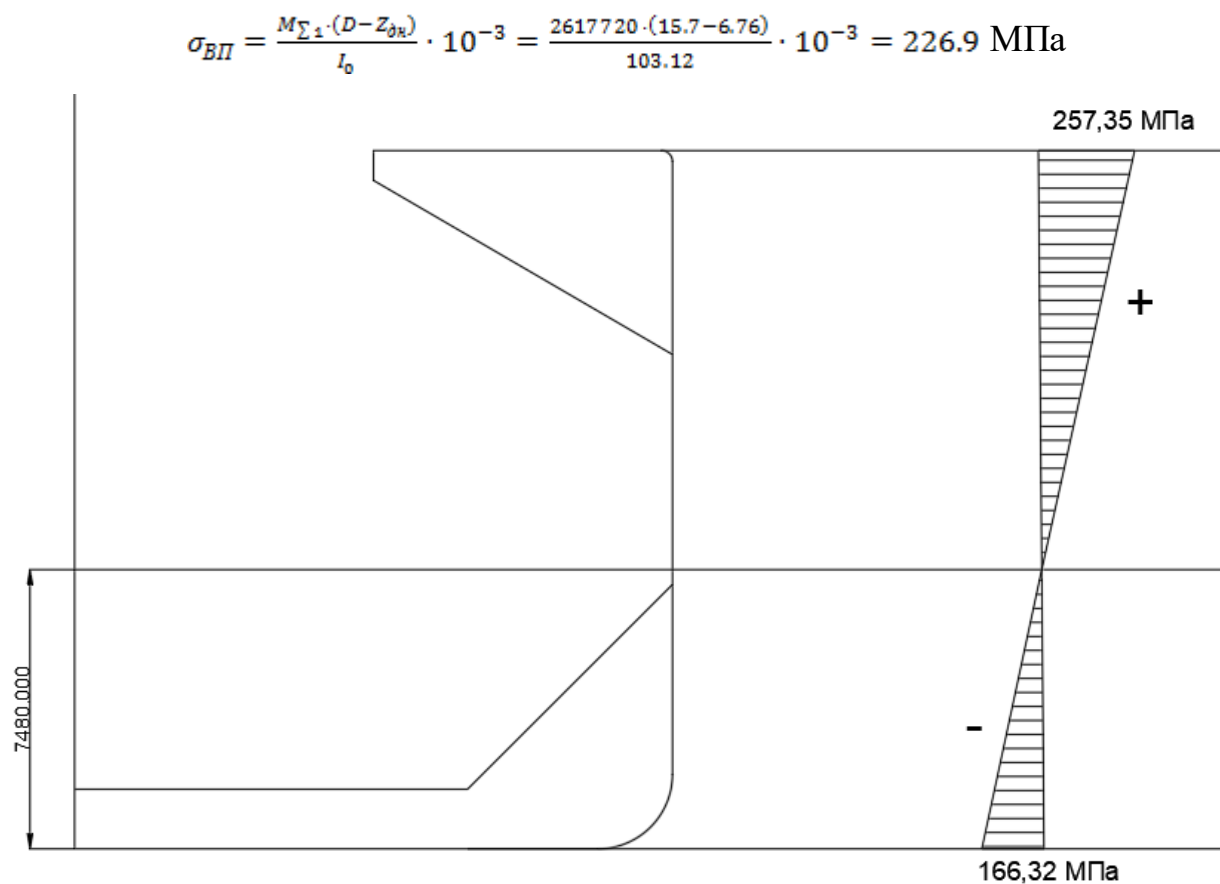


Рис.3.1.Схема напружень, які діють у днищі і палубі

3.6. Розрахунок еквівалентного бруса і перевірка загальної поздовжньої міцності

					24.ДРБ.135.4111.23.ПЗ.03	Арк.
						43
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		

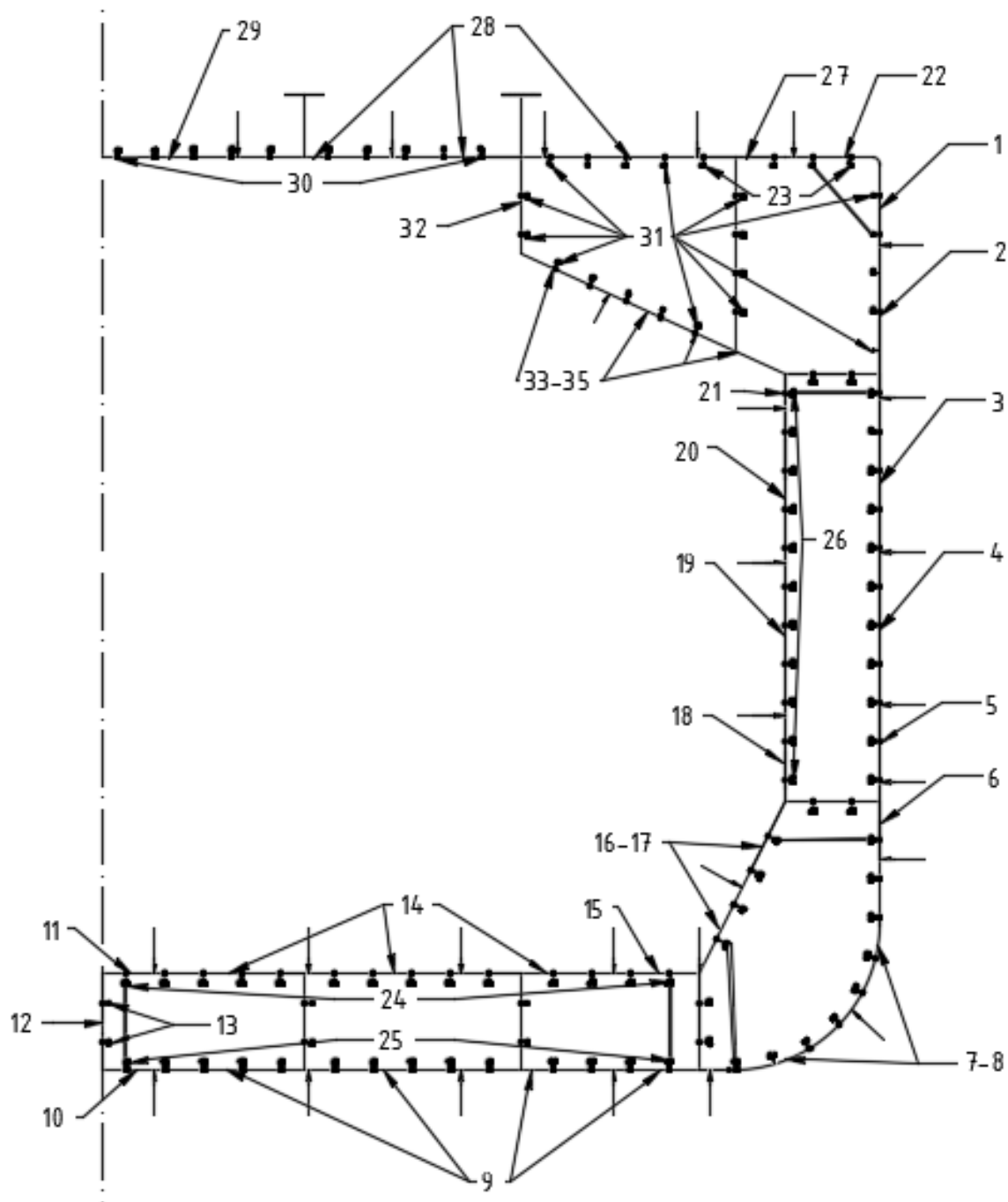


Рисунок 3.11.1 – Схема еквівалентного бруса

$$I = 2(C - e^2 \cdot A) \cdot 10^4 = 197,07 \text{ м}^4$$

$$e = B / A = 8,76 \text{ м}$$

$$W_b^\phi = I / e = 22,50 \text{ м}^3$$

$$W_d^\phi = I / (D - e) = 19,82 \text{ м}^3$$

$$I_{\min} = 69,22 \text{ м}^4$$

					24.ДРБ.135.4111.23.ПЗ.03	Арк.
						44
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		

$W_{\text{треб}} = 16,67 \text{ м}^3$

$W_b^{\phi} > W_{\text{треб}}$

$W_d^{\phi} > W_{\text{треб}}$

$I > I_{\text{min}}$

Висновок: Загальна поздовжня міцність судна забезпечена.

					24.ДРБ.135.4111.23.ПЗ.03	Арк.
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		45

Но мер в'яз і	Найменування і розмір, (мм)	Площа в'язи	Відста нь від осі порівн яння	Статичн ий момент	Переносни й момент інерції	Власни й момент інерції
№		$F_i, \text{см}^2$	$Z_i, \text{м}$	$F_i \cdot Z_i, \text{см}^2 \cdot \text{м}$	$F_i \cdot Z_i^2, \text{см}^2 \cdot \text{м}^2$	$i0_i, \text{см}^2 \cdot \text{м}^2$
1	Ширстрек 12x1800	216	18,18	3926,88	71390,6784	46,17
2	Обшивка борту 12x3200	384	15,6	5990,4	93450,24	0
3	Обшивка борту 12x3200	384	12,4	4761,6	59043,84	0
4	Обшивка борту 12x3200	384	9,2	3532,8	32501,76	93,33
5	Обшивка борту 11x1600	176	6,8	1196,8	8138,24	0
6	Обшивка борту 11x1600	176	5,2	915,2	4759,04	0
7	Скуловий лист 19x3200	608	2,8	1702,4	4766,72	0
8	Скуловий лист 19x3200	608	0,28	170,24	47,6672	0
9	Обшивка днища 13x2000, 13x3200 (3)	1508	0,00	0	0	0
10	Горизонтальний кіль 15x2800	420	0,00	0	0	0
11	Друге дно 15x2800	420	2,00	840	1680	0
12	Вертикальний кіль 14x2000	280	1,00	280	280	0
13	Р.Ж. вертикального кіля Р186 (2)	51,6	1,00	51,60	51,60	414,21
14	Обшивка другого дна 12x3200 (3)	1152	2,00	2304	4608,00	161,28
15	Обшивка другого дна 12x1800	216	2,00	432	864,00	161,28
16	Настил скулової цистерни 12x2000	240	4,6	1104,00	5078,40	57,83
17	Настил скулової цистерни 12x2000	240	3,6	864	3110,4	253,44
18	Обшивка другого борту 12x1800	216	6,5	1404	9126	223,06
19	Обшивка другого борту 12x3200	384	8,9	3417,6	30416,64	56,25
20	Обшивка другого борту 12x3200	384	12,18	4677,12	56967,3216	230,4
21	Обшивка другого борту 12x734	80	14,15	1132	16017,8	546,13
22	Стрінгер 13x1800 (2)	468	18,10	8470,8	153321,48	116,08

23	<u>Р.Ж. стрінгера</u> P206 (4)	125,4	19,00	2382,6	45269,40	436,91
24	<u>Р.Ж. 2 дна</u> P20611 (14)	438,2	1,91	836,96	1598,60	243,11
25	<u>Р.Ж. днища</u> P24710 (14)	541,1	0,10	54,11	5,41	0
26	<u>Р.Ж. 2 борту</u> P22610 (11)	398,2	6,04	2548,48	16310,27	0
27	<u>Настил ВП</u> 13х2000	260	19,02	4945,2	94057,70	0
28	<u>Настил ВП</u> 13х3200 (3)	1248	19,02	23736,96	451476,98	0
29	<u>Палубний стрінгер</u> 13х2800	364	19,02	6923,28	131680,79	0
30	<u>Р.Ж. ВП</u> P186 (10)	258	19,11	4930,38	94219,56	0
31	<u>Р.Ж. підпалубної цистерни</u> P186 (20)	516	15,6	8049,60	125573,76	0
32	<u>Комінгс підпалубної цистерни</u> 13х2000	260	17,02	4425,20	75316,90	0
33	<u>Обшивка підпалубної цистерни</u> 14х2000	260	14,9	3874,00	57722,60	106,67
34	<u>Обшивка підпалубної цистерни</u> 14х2000	260	15,7	4082,00	64087,40	6,83
29	<u>Палубний стрінгер</u> 13х2800	364	19,02	6923,28	131680,79	0
30	<u>Р.Ж. ВП</u> P186 (10)	258	19,11	4930,38	94219,56	0
31	<u>Р.Ж. підпалубної цистерни</u> P186 (20)	516	15,6	8049,60	125573,76	0
32	<u>Комінгс підпалубної цистерни</u> 13х2000	260	17,02	4425,20	75316,90	0
33	<u>Обшивка підпалубної цистерни</u> 14х2000	260	14,9	3874,00	57722,60	106,67
34	<u>Обшивка підпалубної цистерни</u> 14х2000	260	15,7	4082,00	64087,40	6,83
35	<u>Обшивка підпалубної цистерни</u> 14х2000	260	16,6	4316,00	71645,60	0
	<u>Сума</u>	A=1418 4,5		B=11827 8,21	C=1784584, 80	

:

					24.ДРБ.135.4111.23.ПЗ.03	Арк.
						47
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		

					24.ДРБ.135.4117ст.03.ПЗ.04			
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата				
					Перевірка міцності пластини днища Літ Аркуш Аркушів у 1 НУК імені адм. Макарова			
Студент	Дзюрман В.І.							
Консультант	Коростильов							
Керівник	Ястреба О. П.							
Зав.кафедри	Некрасов В.О.							

4 Перевірка міцності зовнішньої обшивки днища корпусу судна

Перевірка міцності зовнішньої обшивки днища на згинання виконується у відповідності до Норм міцності морських суден.

Вихідні данні:

$$L_{\perp\perp} = 179,8,7 \text{ м}$$

$$B = 31,98 \text{ м}$$

$$D = 18,7 \text{ м}$$

$$d = 11,17 \text{ м}$$

$$U_{п.х} = 15,5 \text{ уз}$$

$$C_B = 0,786$$

4.1. Розрахункова схема пластини днища

При поздовжній системі набору днища розрахунковим елементом є прямокутна ділянка зовнішньої обшивки, яка обмежується жорсткими елементами набору — поздовжніми ребрами жорсткості (вертикальним кілем і днищевими стрінгерами), а також суцільними флорами, розташованими через декілька шпацій. Співвідношення довшої сторони такої ділянки до коротшої завжди більше або дорівнює одиниці: $\gamma = a/b \geq 1$.

У дипломній роботі приймається:

$$b = 900 \text{ мм}; a = 3b = 3 \cdot 900 = 2700 \text{ мм}; \gamma = \frac{2700}{900} = 3 > 1$$

Згідно з Нормами міцності морських суден, розрахунок зовнішньої обшивки днища на згин виконується з урахуванням жорсткого закріплення крайок пластини та незмінного опорного контуру. Як розрахункове навантаження приймається рівномірно розподілений тиск (p), що діє по всій поверхні пластини.

					24.ДРБ.135.4117ст.03.ПЗ.04	Арк.
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		48

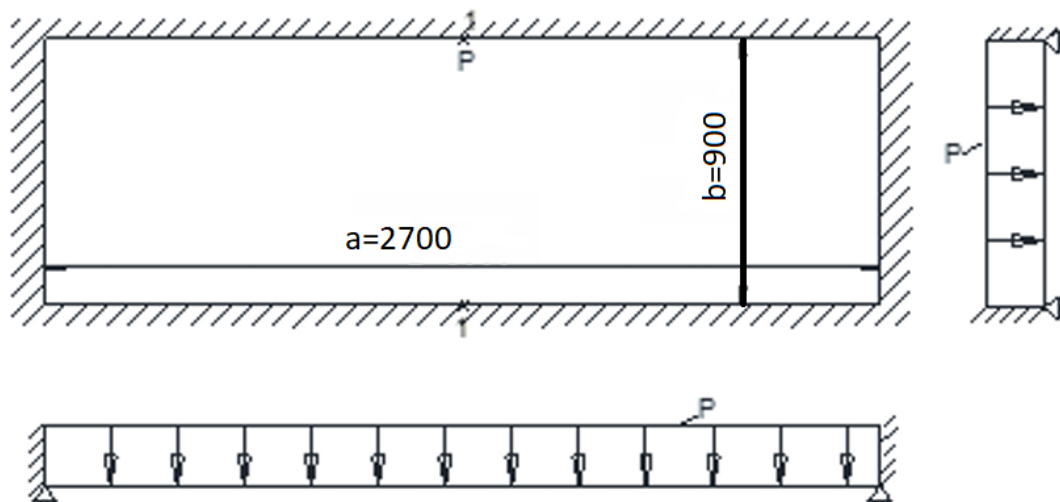


Рис.4.1 – Розрахункова схема пластини днища з вказаним розташуванням найбільш напружених точок 1 та 1’

4.2 Розрахункове навантаження

Розрахункове навантаження p на пластину днища, відповідно до Норм міцності, визначається без врахування протидії зсередини за формулою:

$$p = p_{ст} + p_{B0} = 121,37 + 49,42 = 170,79 \text{ кПа}$$

де $p_{ст}$ – розрахунковий статичний тиск води, p_{B0} – тиск, що зумовлений хитавицею на хвилюванні.

$$p_{ст} = \rho_B \cdot g \cdot d = 1,025 \cdot 9,81 \cdot 12,07 = 121,37 \text{ кПа}$$

$$p_{B0} = \rho_B \cdot g \cdot \frac{h_1}{2} a_v a_x = 1,025 \cdot 9,81 \cdot \frac{9,98}{2} \cdot 1,97 \cdot 0,5 = 49,42 \text{ кПа}$$

де $\rho = 1,025 \text{ т/м}^3$ – щільність морської води; $g = 9,81 \text{ м/с}^2$ – прискорення вільного падіння; $d = 12,07 \text{ м}$ – осадка судна на рівні поля, що перевіряється на міцність; h_1 – висота розрахункової хвилі при екстремальних умовах, що визначаються за графіком Норм міцності або за формулами:

$$h_1 = k_C \cdot C_w = 1 \cdot 9,976 = 9,98 \text{ м}$$

					24.ДРБ.135.4117ст.03.ПЗ.04	Арк.
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		49

$$k_c = 1,05 - \frac{2425}{L^2 + 8530} = 1,05 - \frac{2425}{215,7^2 + 8530} = 1 \leq 1$$

$$C_w = 10,75 - \left(\frac{300 - L}{100} \right)^{\frac{3}{2}} = 10,75 - \left(\frac{300 - 215,7}{100} \right)^{\frac{3}{2}} = 9,98_m \leq 10,75$$

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

$$a_v = \frac{0,8 \cdot V \cdot (L \cdot 10^{-3} + 0,4)}{\sqrt{L}} + 1,5 = \frac{0,8 \cdot 14 \cdot (215,7 \cdot 10^{-3} + 0,4)}{\sqrt{215,7}} + 1,5 = 1,97$$

$$a_x = k_x \left(1 - 2 \frac{x_n}{L} \right) = 1,25 \cdot \left(1 - 2 \frac{64,71}{215,7} \right) = 0,5.$$

де V – швидкість судна на тихій воді, у вузлах; L – довжина судна, м; x_n – відстань від центра поля пластини до носового перпендикуляра, м; $k_x = 1,25$ – для поперечних перерізів у ніс від міделя.

4.3 Визначення напружень у небезпечних точках поля пластини

На розрахунковій схемі небезпечні точки 1 та 1' вказані всередині довгих сторін опорного контуру.

Згідно з теорією згину тонких пластин, максимальні нормальні напруження $\sigma_{\max}$ у зазначених точках визначаються за відповідною розрахунковою формулою:

$$\sigma_{\max} = \frac{6M}{t^2} = \frac{6 \cdot 11509,88}{20^2} = 172,65 \text{ МПа.}$$

де M – прогонний момент в точках 1, 1' опорного контуру; t – товщина пластини, мм;

$$M = k \cdot p \cdot b^2 \cdot 10^{-3} = 0,0832 \cdot 170,79 \cdot 900^2 \cdot 10^{-3} = 11509,88 \text{ Н.}$$

$p = 170,79$ кПа – розрахунковий тиски (п. 4.1); $b = 900$ мм - менший розмір пластини (шпація); $k = 0,0832$ – коефіцієнт, який залежить від співвідношення сторін пластини $\gamma = a/b$, визначається за довідковими таблицями згину ізотропних жорстко закріплених пластин при незмінному опорному контурі.

					24.ДРБ.135.4117ст.03.ПЗ.04	Арк.
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		50

4.4 Перевірка умов міцності

Умова міцності - $\sigma_{\max} \leq k_{\sigma} \sigma_T^H$

де $\sigma_{\max} = 172,65 \text{ МПа}$ - максимальне згинаючі напруження; σ_T^H - нормативна границя плинності матеріалу по нормативним напруженням, МПа:

$$\sigma_T^H = k_H \cdot R_{eH} = 0,92 \cdot 390 = 358,8 \text{ МПа};$$

$$k_H = \frac{1}{1 + 0,16 \cdot \left(\frac{R_{eH}}{235} - 1 \right)^{\frac{3}{2}}} = \frac{1}{1 + 0,16 \cdot \left(\frac{390}{235} - 1 \right)^{\frac{3}{2}}} = 0,92.$$

$R_{eH} = 390 \text{ МПа}$ - границя плинності; $k_{\sigma} = 1,0$ - коефіцієнт допустимих напружень, який приймається відповідно до Норм для пластин днища.

$$k_{\sigma} \sigma_T^H = 1 \cdot 358,8 = 358,8 \text{ МПа};$$

$$\sigma_{\max} = 172,65 \leq k_{\sigma} \sigma_T^H = 358,8$$

Умова міцності виконується.

					24.ДРБ.135.4117ст.03.ПЗ.04	Арк.
						51
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		

Висновки

Відповідно до завдання, виданого кафедрою теорії та проєктування суден, було виконано комплекс розрахунків основних характеристик та елементів танкера. У процесі проєктування виконано розрахунок навантаження мас, визначено водотоннажність судна методом послідовних наближень, обчислено головні розміри, коефіцієнти повноти та характеристики форми корпусу. За допомогою програмного комплексу Maxsurf Resistance визначено необхідну потужність головного двигуна та здійснено вибір відповідної марки двигуна за каталогом.

На основі судна-прототипу створено параметричну тривимірну модель корпусу в програмі Maxsurf Modeler Advanced, за результатами якої отримано теоретичне креслення. У середовищі AutoCAD побудовано теоретичне креслення та креслення загального розташування судна. Із використанням програмного комплексу Maxsurf Stability Advanced визначено місткість вантажних приміщень і цистерн, розраховано координати центра мас та виконано удиферентування судна. Також виконано розрахунок гідростатичних характеристик, побудовано гідростатичні криві, криві форми, пантокарени та діаграму статичної остійності. Проведена перевірка відповідності вимогам Регістру судноплавства України щодо плавучості та остійності судна.

У розділі конструкції корпусу виконано вибір системи набору, проведено розрахунок елементів корпусних конструкцій та перевірено загальну поздовжню міцність судна. За результатами розрахунків розроблено креслення конструктивного мідель-шпангоута. Також виконано перевірку міцності зовнішньої обшивки днища відповідно до вимог Регістру судноплавства України. Перевірено міцності пластин днища.

Отримані результати підтверджують, що спроектований танкер повністю відповідає поставленому завданню, вимогам Правил Регістру судноплавства України.

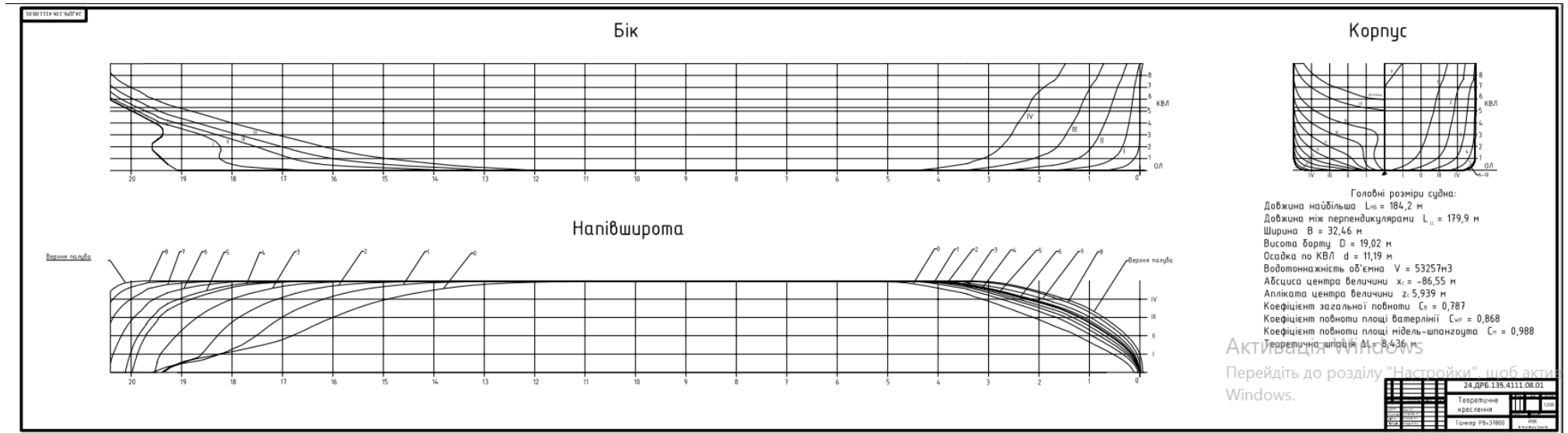
					24.ДРБ.135.4117ст.03.ПЗ.04	Арк.
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		52

Список літератури

1. Матвеев В.Г., Шарун Г.В. Проектування конструктивного мідель шпангоута навалочних суден: Методичні вказівки. – Миколаїв: УДМТУ, 2003. – с.
2. Кротов О. І., Голиков В. І., Єганов О. Ю., Бондаренко О. В. Проектування морських транспортних суден: Методичні вказівки. – Миколаїв 2003. – с.
3. Регістр Судноплавства України. Правила класифікації та побудови морських суден. Ч. 5 «Поділ на відсіки» - Київ 2026. - с.
4. HydroComp PropExpert, Propeller selection program, 2005.
5. 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.

					24.ДРБ.135.4117ст.03.ПЗ.04	Арк.
						53
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		

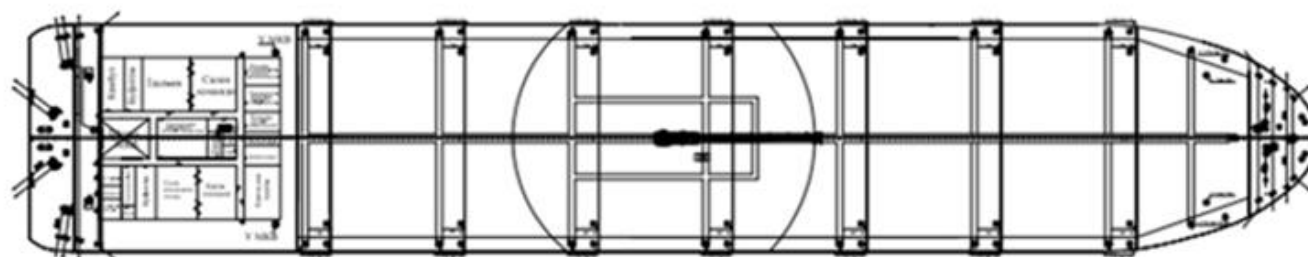
Додатки



Боковий вид



Верхня палуба



Основні характеристики судна

Довжина найбільша, м	184,2
Довжина між перпендикулярами, м	179,9
Ширини, м	32,46
Висота борта, м	19,02
Осадка, м	11,19
Швидкість, вуз	15
Кількість членів екіпажу	29
Потужність головних двигунів, кВт	8642

Клас судна

КМО.142A1 tanker (oil)

24. ДП. 135.4117ст.03.02

Креслення загального
розташування

Томасу 1:100000

НУК

№ 1000, 1000000

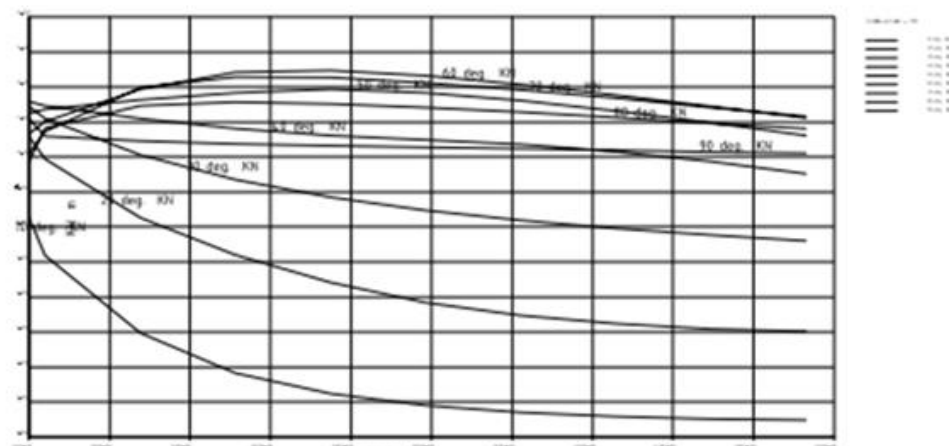


Рис.1 Плечі остійності форми

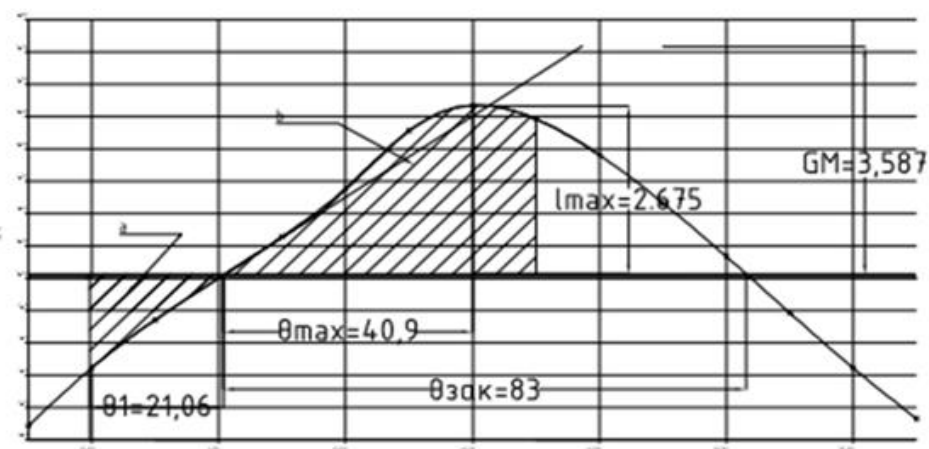


Рис.2. Діаграма статичної остійності



Рис.3 Схема парусності

1. Розрахунок амплітуди хитаванні :

$$\theta_1 = 109 \cdot K \cdot X_1 \cdot X_2 \cdot \sqrt{(r \cdot S)}$$

$$K = 1,00 \quad X_1 = 0,91 \quad (\text{так як } B/d = 32,46/11,19 = 2,901) \quad X_2 = 1 \quad (\text{так як } C/b = 0,787)$$

$$Z_g = 10,53$$

$$r = 0,73 + 0,6 \cdot (Z_g - d)/d = 0,73 + 0,6 \cdot (10,53 - 11,19)/11,19 = 0,694$$

$$C = 0,373 + 0,023 \cdot B/d - 0,043 \cdot L/100 = 0,373 + 0,023 \cdot 32,46/11,19 - 0,043 \cdot 179,9/100 = 0,362$$

$$\tau = 2 \cdot C \cdot B/\sqrt{h} = 2 \cdot 0,362 \cdot 32,46/\sqrt{3,587} = 12,409$$

$$S = 0,065$$

$$\theta_1 = 109 \cdot 1 \cdot 0,915 \cdot 1 \cdot \sqrt{(0,694 \cdot 0,065)} = 21,06^\circ$$

2. Розрахунок кренувального моменту (а) в залежності від тиску повітря і перекидального моменту (b):

$$A_v = \sum S_i = 1864,382 \text{ м}^2$$

$$Z_B = (\sum S_i \cdot Z_i) / \sum S_i = 33549,55/1864,382 = 17,995 \text{ м}$$

$$Z_v = Z_B + T/2 = 17,995 + 11,19/2 = 23,495 \text{ м}$$

$$\text{Тиск повітря } P_v = 504 \text{ Па}$$

$$g = 9,81 \text{ м/с}^2$$

$$D = 53257 \text{ т} - \text{водотоннажність судна}$$

$$lw1 = (P_v \cdot A_v \cdot Z_v) / (1000 \cdot g \cdot D) = (504 \cdot 1864,382 \cdot 23,495) / (1000 \cdot 9,81 \cdot 53257) = 0,042 \text{ м}$$

$$lw2 = 1,5 \cdot lw1 = 1,5 \cdot 0,042 = 0,063 \text{ м}$$

3. Критерій погоди.

$$K = b/a \geq 1$$

$$a = 0,472 \text{ м.рад}$$

$$b = 1,3652 \text{ м.рад}$$

$$K = b/a = 1,4190/0,3727 = 3,807 \geq 1$$

Згідно до вимог Правил Регістру до остійності

Значення	Дані судна	Регістр
K	3,807	K ≥ 1
l _{max} , м	2,675	l _{max} ≥ 0,2
θ _{max}	40,9°	θ _{max} ≥ 25°
θ ₈₃	83°	θ ₈₃ ≥ 60°
h, м	3,587	h ≥ 0,15
S ₀₁	0,0551 м.рад	≥ 0,055 м.рад
S ₀₂	0,0993 м.рад	≥ 0,09 м.рад
S ₀₁ - S ₀₂	0,0442 м.рад	≥ 0,03 м.рад

Висновок: Спроектване судно відповідає всім вимогам Регістру України

24. ДП.135.4117ст.03.04	
Діаграми остійності неукладженого судна	
Тестувальник: М.М.М.М.	
НУК	

