

Національний університет кораблебудування
імені адмірала Макарова

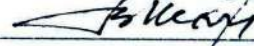
Кораблебудівний навчально-науковий інститут

(повне найменування інституту, назва факультету)

Кафедра теорії та проектування суден

(повна назва кафедри)

Допущений до захисту
Завідуючий кафедрою
д.т.н., професор Некрасов В.О.



22. 06 2026р.

Пояснювальна записка

до бакалаврської роботи

(освітньо-кваліфікаційний рівень)

на тему Проект балкера вантажопідйомністю 50000т

Виконав: студент 4 курсу гр.4117ст
Спеціальність 135 «Суднобудування»
Спеціалізація «Кораблі та океанотехніка»

(шифр і назва спеціальності)

Мамонтов С.О.

(прізвище та ініціали)



Керівник к.т.н., доцент Пащенко Ю.М.

(прізвище та ініціали)



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ КОРАБЛЕБУДУВАННЯ
ІМЕНІ АДМІРАЛА МАКАРОВА

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

ЗАТВЕРДЖУЮ

Гарант ОПП "Кораблі і океанотехніка"

Ястреба к.т.н, О.П. Ястреба

" 05 " 02 " 2026 року

ЗАВДАННЯ

НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ групи 4117ст

Мамонтову Сергію Олександровичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи «Проект балкера вантажопідйомністю 50000 т»

керівник роботи Пашенко Юрій Миколайович, канд. техн. наук, доцент

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

затверджені наказом вищого навчального закладу від "___"

2026 року № _____

2. Строк подання студентом роботи 20.06.2026р.

3. Вихідні дані до роботи:

3.1. Вантажопідйомність вантажомісткість) 50000т.

3.2. Вид вантажу (питома завантажувальна кубатура) 1.4

3.3. Швидкість експлуатаційна 15 вузл

3.4. Дальність плавання 15000 миль

3.5. Тип двигуна МОД

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

4.1. Визначення основних елементів і характеристик судна-проекту.

4.2. Побудова теоретичного креслення.

4.3. Розрахунок елементів плавучості та початкової остійності.

4.4. Визначення місткості вантажних приміщень та цистерн.

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

4.6. Перевірка вимог класифікаційного товариства до остійності судна.

4.7. Набір конструктивного мідель-шпангоуту корпусу за Правилами РСУ.

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

5.1. Теоретичне креслення.

5.2. Гідростатичні криві.

5.3. Діаграма остійності неушкодженого судна.

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

5.5. Креслення конструктивного мідель-шпангоуту.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали посада консультанта	Підпис, дата			
		завдання видав		завдання прийняв	
Проектування	доц. Пащенко Ю.М.	05.02.26р.		05.03.26р.	
Теорія корабля	доц. Пащенко Ю.М.	27.03.26р.		27.04.26р.	
Конструкція корпусу	ст. вик. Шарун Г.В.	28.04.26р.		28.05.26р	

7. Дата видачі завдання 05.02.2026 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Назва етапів дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
Визначення основних елементів і характеристик судна-проекту.	15.02.2026р.	
Побудова теоретичного креслення.	26.02.2026р.	
Побудова гідростатичних кривих.	19.03.2026р.	
Визначення місткості вантажних приміщень та цистерн. Обчислення координат центра мас та удиферентування судна.	31.03.2026р.	
Перевірка вимог класифікаційного товариства до остійності судна. Діаграма остійності судна.	27.04.2026р.	
Розрахунок конструкції корпусу	28.05.2026р.	
Оформлення пояснювальної записки.	16.06.2026р.	

Студент _____ **Мамонтов С.О.**

Керівник роботи _____ **Пащенко Ю.М.**

Анотація

Відповідно до завдання, виданому на дипломну роботу, спроектовано балкер для перевезення навалювальних вантажів. У дипломній роботі були визначені головні розміри судна в двох наближеннях і параметри головного двигуна. За допомогою програми Maxsurf побудовані: теоретичне креслення і 3-D модель судна; виконані розрахунки об'ємів і центрів тяжіння приміщень; виконані розрахунки по теорії корабля, елементи плавучості і початкової остійності; розрахована діаграма статичної та динамічної остійності, критерій погоди; перевірені вимоги правил Регістру до діаграми статичної остійності судна.

Відповідно до «Правилами класифікації та побудови суден» Регістру судноплавства України, спроектований конструктивний мідель-шпангоут судна. Виконано перевірку місцевої міцності днищового перекриття.

Ключові слова: балкер, головні розміри, остійність, морехідні якості, міцність.

					24.ДРБ.135.4117ст.09. ПЗ.	Лист
						3
Изм.	Лист	№ докum.	Подпись	Дата		

Annotation

In accordance with the assignment issued for the thesis, a bulk carrier was designed for the transport of bulk cargo. In the thesis, the main dimensions of the vessel in two approximations and the parameters of the main engine were determined. Using the Maxsurf program, the following were built: theoretical drawing and 3-D model of the vessel; calculations of volumes and centers of gravity of the premises have been performed; calculations based on the theory of the ship, the elements of buoyancy and initial stability; calculated diagram of static and dynamic stability, weather criterion; checked the requirements of the rules of the Register to the diagram of the static stability of the vessel.

In accordance with the "Rules for the Classification and Construction of Ships" of the Register of Shipping of Ukraine, a structural mid-frame of the ship was designed. A check of the local strength of the bottom floor was performed.

Key words: bulk carrier, main measurements, stability, seaworthiness, strength.

					24.ДРБ.135.4117ст.09. ПЗ.	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		4

З М І С Т

1. Вступ.....	6
2. Визначення основних елементів і характеристик судна-проекту	13
3. Побудова теоретичного креслення і розрахунок елементів плавучості та початкової остійності	19
4. Визначення місткості вантажних приміщень та цистерн, удиферентування судна	22
5. Перевірка вимог класифікаційного товариства до остійності судна.....	24
6. Розрахунок остійності судна в пошкодженому стані.....	29
7. Набір конструктивного мідель-шпангоуту корпусу.....	33
8. Короткі висновки.....	58
9. Список використаної літератури.....	59
10. Додатки.....	60

					24.ДРБ.135.4117ст.09. ПЗ.	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		5

					24. ДРБ.135. 4117 ст. 09. ПЗ.			
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата				
					ВСТУП	Лит.	Лист	Листів
Студент	Мамонтов С.О.						6	
Консультант	Пашенко Ю.М.					НУК ім. адм. Макарова		
Керівник	Пашенко Ю.М.							
Зав.каф.	Нскрасов В.О.							

Класифікація сучасних балкерів.

За конструктивними особливостями

Балкери з розвантажувальним устаткуванням на борту (geared bulk carriers) – стрілами, кранами або конвеєрними стрічками, за допомогою яких здійснюється завантаження і розвантаження без використання берегових пристроїв, здатні заходити практично у будь-який порт світу. Кранівниками можуть виступати як члени екіпажа, так і стівідори.

Балкери без розвантажувального устаткування (gearless bulk carriers) повністю залежні від берегових навантажувально-розвантажувальних механізмів, найчастіше стоять на обслуговуванні конкретної лінії із закріпленими портами завантаження і вивантаження. За рахунок відсутності спеціалізованого вантажного устаткування відбувається значне зниження їх вартості при будівництві і обслуговуванні.

Комбіновані балкери (combined carriers) або нафторудовози (Ore – bulk – oil carriers) об'єднують в собі конструктивні особливості суховантажника і танкера, завдяки чому можуть одночасно перевозити і руду, і сирі нафтопродукти.

Саморозвантажні балкери (self – discharger bulks) оснащені транспортною конвеєрною стрічкою із стрілою, по якій вантаж вивантажується на берег, або пневматичними перевантажувачами (пневматичний спосіб розвантаження).

Лейкери або озерники (lakers, lake freighters) експлуатуються у Великих озерах в Північній Америці, є найбільшими неморськими вантажними судами, в довжину досягають 300 метрів, завширшки 22 метри. Більшість озерників відносяться до класу Seawaymax. Для більшої зручності проходження річкових шляхів і шлюзів надбудова лейкерів переміщена в носову частину. Їх використовують для перевезення руди, цементу, піску і інших сипучих вантажів.

Балкери BIBO (Bulk In, Bags Out – навалом всередину, мішками назовні) оснащені спорядженням для упаковки вантажу в мішки при розвантаженні. За

					24.ДРБ.135.4117ст.09. ПЗ.	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		7

одну годину за допомогою цих систем розвантажуються майже 300 тонн вже упакованого цукрового піску.

По типу грузу

Велика частина з широкого різноманіття навалювальних вантажів перевозиться універсальними балкерами, менша - вузькоспеціалізованими навалювальниками в силу серйозної економічної вигоди, формуючи наступну класифікаційну групу:

- Універсальні
- Вузькоспеціалізовані:
 - Вуглевози
 - Зерновози
 - Цементовози
 - Нафторудовози
 - Рудовози

Універсальні балкери (multipurpose bulk carriers) призначені для транспортування всіляких сипких вантажів і складають майже 80% усього балкерного флоту.

Вузькоспеціалізовані балкери використовуються для перевезення одного конкретного типу вантажу.

Вуглевози або вугільники (colliers) - однопалубні суховантажі з мінімальним надводним бортом, призначені для перевезення кам'яного вугілля, з'явилися в середині XIX століття для забезпечення масового попиту на вугіль в енергетиці, промисловості і транспортній сфері. Вантажопідйомність варіюється від 2 до 20 тисяч тонн. На саморозвантажних вуглевозах під трюмами встановлені подовжні стрічкові транспортери у вигляді воронки, за допомогою яких вантаж подається на палубний розвантажувач і потім на берег.

Зерновози (grain carriers) виділяють в самостійну групу, оскільки судновласники виєористовують їх виключно для транспортування зерна із-за

					24.ДРБ.135.4117ст.09. ПЗ.	Лист
						8
Изм.	Лист	№ доквм.	Подпись	Дата		

високої вартості перевезення (фрахта) зернових культур і щоб уникнути витрат і простоїв на замивання трюмів після інших вантажів.

Цементовози (cement carriers) призначені для перевезення цементу, основна конструктивна особливість полягає в наявності спеціальних пневматичних, механічних або комбінованих систем для саморозвантажування.

Нафторудовози або судна типу ОО (Ore/Oil carriers) призначені для одночасного транспортування нафти і руди. У 70-і роки ХХ століття мали велику популярність, завдяки зменшенню витрат за рахунок відсутності баластних переходів. Проте вже в 80-і роки бум на будівництво цих суден пройшов. Є найбільш старими представниками комбінованих суден.

Рудовози (ore carriers) призначені для перевезення навалюванням різних рудних матеріалів, конструктивно відрізняються від універсальних тільки розмірами, майже усі мають велику вантажопідйомність (більше 180 тисяч тонн дедвейту), а найсучасніші перевищують 400 тисяч тонн дедвейту (DWT).

По розміру

В останні роки відбувається серйозне перестроювання всієї світової економіки. У зв'язку з цим відбувається реструктуризація і в світовому флоті, спрямована на підвищення економічної ефективності морських перевезень за рахунок збільшення числа великих суден з більшою вантажопідйомністю. Також запущені проекти по поліпшенню навігації основних магістральних напрямків морських перевезень.

В даний час відбувається розширення і поглиблення Суецького і Панамського каналів. У зв'язку з цим звичні для всіх параметри розмірів «тах» і «size» піддаються періодичним коригуванням.

Балкери, в свою чергу, також поділяються на п'ять основних розмірних категорій:

- Мінібалкери
- Handysize
- Handymax и Supramax
- Panamax и New Panamax
- Capesize

					24.ДРБ.135.4117ст.09. ПЗ.	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		9

- VLCC (Very Large Crude Carriers)
- ULCC (Ultra Large Crude Carriers).

Міні-балкери - група найменших балкерів з дедвейтом до 10 тисяч тонн (DWT), в основному використовуються для каботажного плавання і перевезення вантажів по внутрішніх шляхах.

Handysize (Хендісайз) - маломірні балкеріери з місткістю від 10 тисяч до 35 тисяч тонн дедвейту (DWT), ідеально підходять як для малих, так і великих портів, саме тому становлять більшість океанічних балкерів в світі (майже 71%). Це визначення також застосовується і до танкерів з такою ж вантажопідйомністю.

Handymax і Supramax (Хендімакс, Супрамакс) - малогабаритні балкеріери з місткістю від 35 тисяч до 60 тисяч тонн дедвейту (DWT). Їх невеликий розмір дозволяє працювати в регіонах з маленькими портами, де довжина та осадка обмежені. Зазвичай довжина handymax складає 150-200 метрів, однак існують обмеження для певних терміналів, наприклад, в Японії ці судна обмежені довжиною в 190 метрів. Сучасні судна типу handymax мають велику вантажопідйомність, яка варіюється від 52 до 60 тисяч тонн (DWT).

Panamax і New Panamax (Панамакс, Нью Панамакс) - спеціальні балкеріери для проходження через Панамський канал, мають середню вантажопідйомність 65 тисяч тонн (DWT), використовуються в основному для транспортування вугілля в Карибському і латиноамериканському регіонах. Це визначення також стосується і для танкерів.

Адміністрацією каналу ще з 1920 року були встановлені норми розмірів судна, які необхідно дотримуватися при його будівництві. Нинішні шлюзи і глибина каналу обмежують судна в довжину - не більше 294,13 метрів, завширшки - не більше 32,31 метрів і осадку - не більше 12,04 метрів. Однак після запуску проекту по розширенню каналу був створений новий клас - new panamax, так як після реконструкції канал зможе приймати більш великі судна. Допустимі розміри збільшені до 427 метрів в довжину, 55 метрів в ширину і до 18,30 метрів в глибину.

					24.ДРБ.135.4117ст.09. ПЗ.	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		10

Capesize (Кепсайз) - категорія дуже великих і ультра великих балкерієров з вантажопідйомністю понад 150 тисяч тонн дедвейту (DWT). Включає в себе підкатегорії VLCC (Very Large Crude Carriers) і ULCC (Ultra Large Crude Carrier).

Термін capesize зазвичай використовується для опису балкерів, проте зараз все частіше можна зустріти цю класифікацію і серед танкерів. Стандартні балкери цього класу мають вантажопідйомність в 175 тисяч тонн (DWT) і використовуються в основному для транспортування вугілля і залізної руди. Пізніше з'явилися більш великі судна з дедвейтом понад 180 тисяч тонн, і в класифікацію Capesize були додані підкатегорії:

- VLCC балкерієри (Very Large Crude Carriers), для танкерів - VLOC (Very Large Oil Carriers) з дедвейтом від 180 тисяч до 320 тисяч тонн
- ULCC балкерієри (Ultra Large Crude Carriers), для танкерів - ULOC (Ultra Large Oil Carriers) з дедвейтом понад 320 тисяч тонн.

У дослівному перекладі - це дуже великі і ультра великі вузькоспеціалізовані вантажні судна, 95% вантажу що перевозиться складають вугілля і руда. Через величезні розміри і глибоку осадку їх можуть приймати тільки сучасні найбільші глибоководні портові термінали.

По району плавання

Враховуються глибини проток, каналів, прибережних зон і внутрішніх морів, габарити шлюзів і розміри причалів. У позначення балкера тут входить повне або часткове названня каналу, міста, порту, моря, протоки:

- Seawaymax
- Kamsarmax
- Setouchmax
- Dunkirkmax
- Newcastlemax
- Malaccamax

Seawaymax балкерієри мають максимально можливі габарити для проходу через шлюзи каналу Святого Лаврентія (St. Lawrence Seaway), що з'єднує Великі озера Північної Америки з Атлантичним океаном. Максимальна

					24.ДРБ.135.4117ст.09. ПЗ.	Лист
						11
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

довжина корпусу становить 226 метрів.

Kamsarmax балкеріери - досить новий тип, здатний заходити в порт Камсар (Kamsar) в республіці Гвінея, трохи крупніше класу Панамакс (Panamax). Їх довжина дорівнює 229 метрам, що відповідає довжині рудонавалочних і нафтоналивних терміналів цього порту.

Setouchmax балкеріери відносяться до найбільшого за розміром типу, який може ходити у Внутрішньому Японському морі (море Setouch), мають дедвейт 203 тисячі тонн.

Dunkirkmax балкеріери відносяться до найбільшого за розміром типу, який може приймати порт Дюнкерк у Франції, мають вантажопідйомність в 175 тисяч тонн дедвейту і довжину 289 метрів.

Newcastlemax балкеріери відносяться до найбільшого за розміром типу, який в змозі увійти в порт Ньюкасл (Австралія), мають вантажопідйомність в 185 тисяч тонн дедвейту, максимальну ширину 50 метрів, довжину 300 метрів.

Malaccamax балкеріери відносяться до найбільшого за розміром типу, який може проходити через Малакську протоку (Strait of Malacca) глибиною 25 метрів. Відповідно до допустимих меж Malaccamax може мати максимальну довжину в 400 метрів, ширину - 59 метрів і осадку - 14.5 метрів.

Аналіз тенденцій розвитку флоту балкерів здійснюється зазвичай стосовно окремих груп суден:

Minibulker дедвейтом до 10 тис. т;

Handysize дедвейтом 10-40 тис. т;

Handymax дедвейтом 40-60 тис. т;

Panamax дедвейтом 60-100 тис. т;

Capesize дедвейтом більше 100 тис. т.

Основними власниками суден є Панама, Ліберія, Сінгапур, Греція, Малайзія та інші країни дешевого прапора. З промислово розвинених країн балкери замовляють Франція, Норвегія, Японія, Німеччина.

					24.ДРБ.135.4117ст.09. ПЗ.	Лист
						12
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

					24. ДРБ.135. 4117 ст. 09. ПЗ. 01.			
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата	Визначення основних елементів і характеристик судна-проєкту.	Лит.	Лист	Листів
Студент		Мамонтов С.О.						
Консультант		Пащенко Ю.М.						
Керівник		Пащенко Ю.М.						
Зав.каф.		Некрасов В.О.				НУК ім. адм. Макарова		

Визначення основних елементів і характеристик судна-проекту.

Визначення елементів проекту у першому наближенні.

1. Розрахунок водотоннажності.

Для визначення водотоннажності складається алгебраїчне рівняння мас:

$$D = P_K + P_O + P_Y + P_{TB} + P_C + P_3 + P_6 + P_{Гр} \quad (1)$$

де D – водотоннажність, $P_K, P_O, P_Y, P_{TB}, P_C, P_3, P_6, P_{Гр}$ – маса розділов нагрузки: корпусу, обладнання, енергетичної установки, палива, води та олії, постачання, запасу водотоннажності, баласту та вантажу, що перевозиться відповідно.

Для вирішення рівняння мас необхідно розрахувати адміралтейські коефіцієнти C_v та C_e для швидкості ходу на випробуваннях та експлуатаційній швидкості.

Значення розділів навантаження та адміралтейських коефіцієнтів наведені в Додатку 1.

Після підстановки формул для складових навантаження мас вираз (1) матиме

$$\text{вигляд } D = a_K D + a_{CH} D + a_{ЗВ} D + q_O D^{2/3} + q_{ЭУ} D^{2/3} \frac{v_{и}^3}{C_{и}} + q_T D^{2/3} \frac{v_{э}^2}{C_{э}} R + P_{Гр}$$

Перетворимо рівняння на такий вигляд

$$D(1 - a_K - a_{CH} - a_{ЗВ}) - D^{2/3} \left(q_O + q_{ЭУ} \frac{v_{и}^3}{C_{и}} + q_{ТВ} \frac{v_{э}^2}{C_{э}} R \right) - P_{Гр} = 0 \quad (2)$$

Використовуючи метод підбору в програмі Excel вирішимо рівняння (2) та отримаємо водотоннажність проекту в 1-му наближенні: $D_1 = 67548,6$ т, і знайдемо суму розділів навантаження проекту див. Таблицю 1.3 в Додатку 1.

2. Визначення характеристик форми корпусу.

Після отримання значення водотоннажності, можна розраховувати основні розміри судна. Спочатку визначаються такі характеристики форми корпусу:

Відносна довжина першого наближення l може бути визначена як:

$$l = \frac{\bar{L}}{\sqrt[3]{\frac{D}{\rho}}} = \frac{220,9}{\sqrt[3]{\frac{73545,9}{1,025}}} = 5,23$$

Очікувана довжина між перпендикулярами:

$$L_0 = l \cdot \sqrt[3]{\frac{D_1}{\rho}} = 5,31 \cdot \sqrt[3]{\frac{67548,6}{1,025}} = 211,23 \text{ м}$$

					24.ДРБ.135.4117ст.09. ПЗ.01	Лист
						14
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

– Число Фруда проекту

$$Fr = \frac{0,514v_e}{\sqrt{gL}} = \frac{0,514 \cdot 14,3}{\sqrt{9,81 \cdot 214,48}} = 0,162$$

прототипу

$$\overline{Fr} = \frac{0,514\overline{v}_e}{\sqrt{g\overline{L}}} = \frac{0,514 \cdot 14,3}{\sqrt{9,81 \cdot 217,3}} = 0,159$$

Таблиця 1.4

Коефіцієнт	Формула	Проект	Прототип	Прийнято
поздовжньої повноти	$C_p = 1 - \frac{0,41}{1 + 100\exp(-25Fr)}$	0.852	0.910	0.852
загальної повноти	$C_b = 1,23 - 2,44 \cdot Fr$	0.844	0.826	0.826
повноти міделя	$C_m = C_b/C_p$	0.991	0.995	0.991
повноти ватерлінії	$C_w = 1,04 \cdot C_p^{2/3}$	0.907	0.910	0.907

У першому наближенні відношення ширини можна прийняти за прототипом

$$\left(\frac{B}{T}\right)_1 = \frac{\overline{B}}{\overline{T}} = \frac{32,2}{12,2} = 2,639$$

□ - Визначення відношення висоти борту до осадки:

$$\left(\frac{H}{T}\right)_1 = \left(\frac{\overline{H}}{\overline{T}}\right) = \frac{18,85}{12,2} = 1,55$$

-Визначення відношення довжини до ширини:

$$\left(\frac{L}{B}\right)_1 = \left(\frac{\overline{L}}{\overline{B}}\right) = \frac{220,9}{32,2} = 6,748$$

3. Розрахунок головних розмірів.

Для визначення головних розмірів використовуємо рівняння плавучості:

$$D_1 = k_{вч} \rho C_b L_1 B_1 T_1 \quad (3)$$

де $k_{вч} = 1,01$ – коефіцієнт, який враховує виступаючі за ТЧ частини корпусу.

Використовуючи відносини головних розмірів, запишемо рівняння у

вигляді: $D_1 = k_{вч} \rho C_b (L/B)_1 B_1^3 (T/B)_1$.

Результати вирішення рівняння наведені у Таблиця 1.5 Додатку 1

4. Розрахунок потужності на ПК та вибір головного двигуна.

За програмою «MaxSurf Rezistance» для швидкості судна 15 вузл. отримаємо буксирувальну потужність 5907,17 Квт, Рис.1 Додатку 1. При пропульсивному коефіцієнті 0,7 потрібна потужність головного двигуна складає 8440 кВт.

Приймаємо як головний двигун малообертовий дизель фірми «New Sulzer Diesel» марки 4RTA62U потужністю $N_{\text{эу}}^{\text{и}} = 8800$ кВт, $q_{\text{т}} = 173$ г/(кВт год). $n = 113$ об/хв.

5. Визначення елементів проєкту у другому наближенні

5.1 Розрахунок водотоннажності.

Для визначення водотоннажності у другому наближенні використовуємо рівняння мас, виражене в функції головних розмірів, в якому складові навантаження мас розраховуються за формулами, які дають більш точні результати. Так маса корпусу у цьому рівнянні виражається залежністю $P_{\text{к}} = q_{\text{к}} C_b^{\text{п}} LBH$, а маса обладнання $P_o = q_o (LBH)^{2/3}$. При визначенні маси енергетичної установки та маси палива використовується значення потужності головного двигуна, прийняте за каталогом. Вирази для маси постачання $P_{\text{сн}}$, запасу водотоннажності $P_{\text{зв}}$, значення яких у навантаженні мас незначні, доцільно залишити незмінними:

$$P_{\text{сн}} = a_{\text{с}} D; P_{\text{зв}} = a_{\text{зв}} D.$$

Для того щоб виключити кількість невідомих у рівнянні мас зробимо наступні перетворення.

$$P_{\text{к}} = q_{\text{к}} C_b^{\text{п}} LBH = q_{\text{к}} C_b^{\text{п}} LBH \frac{D}{\rho_{\text{в}} k_{\text{в}} C_b L B T} = D \left(q_{\text{к}} \frac{C_b^{\text{п}} H}{C_b T \rho_{\text{в}} k_{\text{в}}} \right),$$
$$P_o = q_o (LBH)^{2/3} = D^{2/3} \left(q_o \left(\frac{H}{T \rho_{\text{к}} k_{\text{к}} C_b} \right)^{2/3} \right)$$

Тоді рівняння мас набуває вигляду:

$$D \left(1 - q_{\text{к}} \frac{C_b^{\text{п}} H}{C_b T \rho_{\text{в}} k_{\text{в}}} - a_{\text{сн}} - a_{\text{зв}} \right) = D^{\frac{2}{3}} \left(q_o \left(\frac{H}{T \rho_{\text{к}} k_{\text{к}} C_b} \right)^{\frac{2}{3}} \right) + q_{\text{эу}} N_{\text{эу}}^{\text{и}} + q_{\text{т}} k_{\text{мз}} k_{\text{вс}} N_{\text{эу}}^{\text{э}} \frac{R}{v_{\text{э}}} + P_{\text{гр}} \quad (4)$$

Складові рівняння мас у функції водотоннажності наведені у Таблиці 2.6 Додатку 1.

Використовуючи метод підбору параметрів у програмі Ексел вирішимо рівняння (5) і отримаємо водотоннажність проєкту в 2-му наближенні:

$$D_2 = 65538.5 \text{ т}$$

					24.ДРБ.135.4117ст.09. ПЗ.01	Лист
						16
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Звідки знайдемо маси розділів навантаження, див. Таблицю 2.7 в Додатку 1.

5.2. Уточнення основних розмірів з урахуванням вимог до місткості, початкової остійності та плавності хитавиці.

Головні розміри можна отримати за їхніми відношеннями. У другому наближенні уточнюємо ці відношення, виходячи з вимог до різних якостей судна.

Відношення Н/Т суховантажних суден з умови вантажомісткості може бути виражене залежністю

$$H/T = (1,07\mu_r\eta_r + 0,16)k_3 \quad (6)$$

$$\rightarrow H/T = (1,07\mu_r\eta_r + 0,16)k_3 = (1,07 \cdot 1,4 \cdot 0,74 + 0,16) \cdot 1,152 = 1,461$$

Для уточнення відношення В/Т, прийнятого в першому наближенні, використовується умова початкової остійності

$$(h/B) = \psi_p(B/T) + \psi_c(T/B) - \zeta_g(H/T)(T/B) \quad (7)$$

З рівняння (7) можна отримати відношення

$$\frac{B}{T} = \frac{\frac{h}{B} + \sqrt{\left(\frac{h}{B}\right)^2 + \frac{k_p}{3} \frac{\alpha^2}{\delta} \left(\zeta_g \frac{H}{T} - \frac{1}{2} \left(\frac{\alpha}{\delta} \right)^{0,5} \right)}}{\frac{k_p}{6} \frac{\alpha^2}{\delta}}$$

$$\frac{B}{T} = \frac{0,114 + \sqrt{(0,114)^2 + \frac{1,028}{3} \frac{0,907^2}{0,826} \left(0,580 \cdot 1,461 - \frac{1}{2} \left(\frac{0,907}{0,826} \right)^{0,5} \right)}}{\frac{1,028}{6} \frac{0,907^2}{0,826}} = 2,566$$

Відношення (В/Т) має відповідати умові, що визначає плавну хитавицю. Значення (В/Т) обмежується зверху. Для цього беремо капітанську формулу:

$$\left(\frac{h}{B} \right)_{\max} \leq \frac{c_\tau^2 B_0}{\tau^2} = \frac{0,819^2 \cdot 31,30}{15^2} = 0,093$$

де $[\tau]$ – допустимий період бортової хитавиці, який відповідно до Правил Регістру повинен бути не менше 15 с;

$$(B/T)_{max} = \frac{0,689}{2} + \sqrt{\frac{0,689^2}{4} + 11,643} = 3,774 > 3,7$$

Приймаємо $(B/T) = 2,9$

Визначення відношення довжини до ширини

$$\left(\frac{L}{B}\right)_2 = \sqrt{l^3 \cdot C_b \cdot \left(\frac{T}{B}\right)_2 \cdot k_{вч} \cdot \rho} = \sqrt{5,151^3 \cdot 0,826 \cdot 0,389 \cdot 1,01 \cdot 1,025} = 6,75$$

5.3. Розрахунок головних розмірів.

Для їх визначення використовуємо рівняння плавучості

$$D_2 = k_{в} \rho_{в} C_b L_2 B_2 T_2 (8)$$

де $k_{в} = 1,01$ – коефіцієнт, який враховує виступаючі за ТЧ частини корпусу.

Використовуючи відносини головних розмірів, запишемо рівняння у вигляді:

$$D_2 = k_{в} \rho_{в} C_b (L/B)_2 B_2^3 (T/B)_2$$

Таблиця 1.8

Ширина судна (м)	$B_2 = \sqrt[3]{\frac{D_2 (B/T)_2}{k_{в} \rho_{в} C_b (L/B)_2}}$	30.8
Довжина судна (м)	$L_2 = \left(\frac{L}{B}\right)_2 B_2$	207.7
Осадка судна (м)	$T_2 = \frac{B_2}{\left(\frac{B}{T}\right)_2}$	12
Висота борта (м)	$H_2 = T_2 \left(\frac{H}{T}\right)_2$	17.5

На цьому визначення основних розмірів проекту судна у другому наближенні закінчено.

2. Побудова теоретичного креслення та розрахунок елементів плавучості та початкової остійності.

Однією з САД систем, які дозволяють сформувати корпус судна і досліджувати його морехідні якості, є комплекс програм Maxsurf. Вона дозволяє на основі корпусу судна-прототипу отримати корпус проєктованого судна за допомогою параметричного перетворення.

Як прототип судна був прийнятий балкер В1 каф. ТПС.

2.1. Створення корпусу судна в програмі Maxsurf і AutoCad

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

Для формування 3D моделі корпусу проєкту Балкера в програмі Maxsurf на основі побудованої поверхні судна-прототипу використовуємо команди Surfaces / Size Surfaces для зміни головних розмірів і команду Data / Parametric Transformation для створення поверхні корпусу.

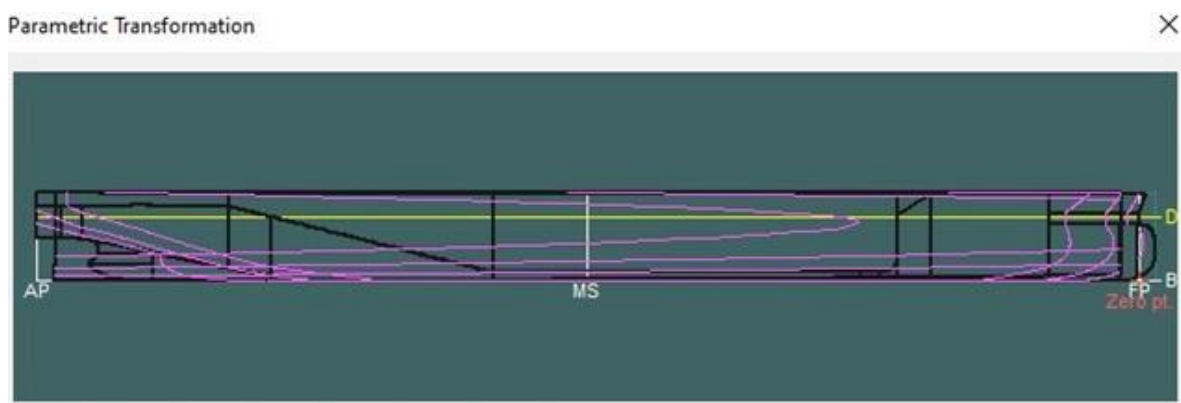
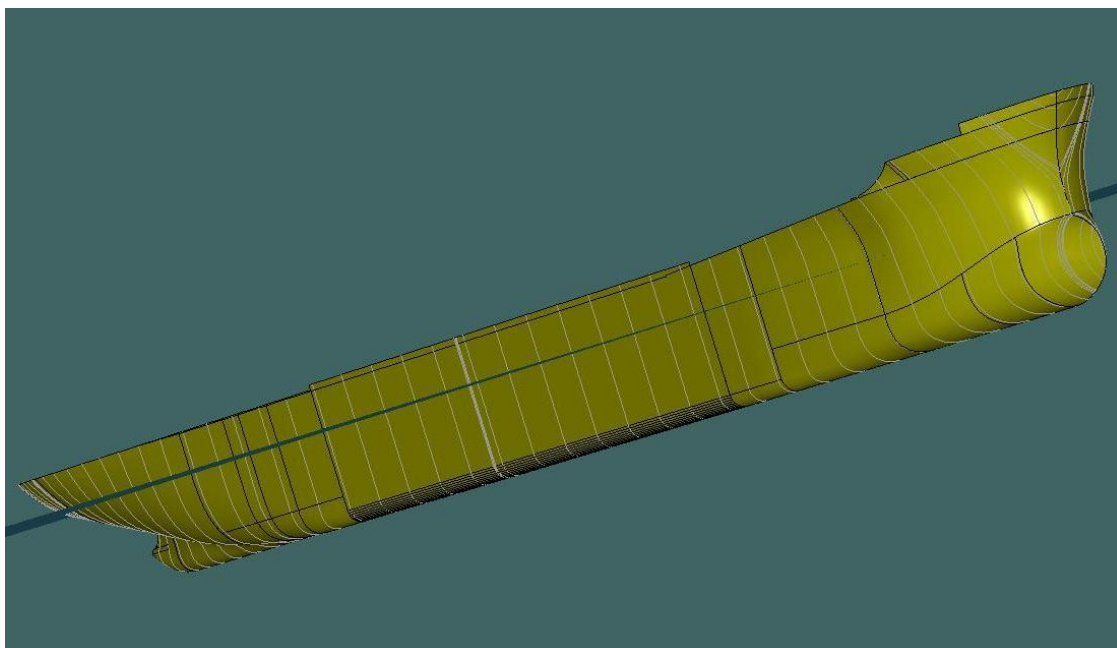


Рис. 2.1 Формування головних розмірів проєкту балкера модулем Parametric Transformation.

За допомогою команди Data / Grid spacing додаємо шпангоути, ватерлінії, батокси і формуємо теоретичне креслення корпусу судна-проєкту

Далі виконується експорт проєкцій з програми Maxsurf Stability Advanced у середовище AutoCAD, де воно узгоджується.

Зображення 3D моделі та теоретичного креслення наведені в Додатку 2



2.2. Розрахунок гідростатичних кривих.

Усі характеристики плавучості та початкової остійності судна у прямому положенні можуть бути уявлені у вигляді сукупності кривих, які називаються кривими елементів теоретичного креслення (гідростатичними кривими).

Вони показують залежність значень коефіцієнтів повноти, площі ватерлінії, абсциси центра ваги площі ватерлінії, абсциси центра величини, вагової та об'ємної водотоннажності, аплікати центру величини, поздовжнього та поперечного метацентричних радіусів, поздовжнього та поперечного моментів інерції площі ватерлінії, аплікати поперечного та поздовжнього метacentрів від осадки.

Розрахунок виконується за допомогою програми «Maxsurf».

Результати розрахунків наведені в Додатку 2.

					24. ДРБ. 135. 4117ст. 09. ПЗ. 02	Лист
Зм.	Лист	№ докum.	Підпис	Дата		21

					24.ДРБ.135.4117ст.09.ПЗ.03			
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата				
					Визначення місткості вантажних приміщень та цистерн. Удиферентування судна	Лист	Лист	Листов
Студент	Мамонтов С..О							
Консульт.	Пащенко Ю.М						22	
Керівник	Пащенко Ю.М.					НУК		
Зав. Кафедр.	Некрасов В.О.							

3. Розрахунок місткості трюмів, об'ємів цистерн для палива.

Так як довжина судна більше 200 м та розташування машинного відділення кормове, загальна кількість водонепроникних перебірок становить 9 штук. Отже судно має 10 відсіків (форпик, ахтерпик, МВ та 7 трюмів).

$$\text{Фактична шпация: } a_0 = 0,002 \cdot L + 0,48 = 0,002 \cdot 207,7 + 0,48 = 0,8954 \text{ м.}$$

Приймаємо $a_0 = 0,845$ м.

$$\text{Приймаємо } a_{\phi} = 0,05 \times 207,7 = 10,385 \text{ м; } a_{\text{ахт}} = 0,06 \times 207,7 = 12,462 \text{ м}$$

Таким чином поперечні перебірки поділяють корпус судна на такі відсіки: див.

Таблицю 3.1 в Додатку 3.

Висота другого дна визначається висотою вертикального кіля:

$$h_{\text{БК}} = \frac{L - 40}{0,57} + 40B + 3500 \frac{T}{L} = \frac{207,7 - 40}{0,57} + 40 \cdot 30,8 + 3500 \frac{12}{207,7} = 1821 \text{ мм.}$$

Приймаємо $h_{\text{БК}} = 2,0$ м.

Довжина вантажних люків розраховується з урахуванням відстані для проходу та фундаменту крану. Визначаємо довжину люків як:

$$L_{\text{Л2-7}} = 18,6 \text{ м і } L_{\text{Л1}} = 24,4 \text{ м.}$$

Ширина вантажного люка розраховується з умови розміщення контейнерів та приймається $b_{\text{л}} = 0,6$ $B = 0,6 \cdot 30,8 = 13,6$ м.

3.2 Побудова епюри ємності і розрахунок місткості.

Таблиця місткості (loadcase) розраховується за програмою Maxsurf Stability Advanced. Заповняємо таблицю з вхідними даними (Roomdefinition), Таблиця 3.2 в Додатку 3.

$$\eta = l / L = 77,228 / 207,7 = 0,37$$

$l = 0,37L$, беремо значення ϵ_1 , ϵ_2 між $0,2L$ та $0,3L$ (для судна типу В з баком и без роздільної середньої надбудови).

Визначимо процент ϵ для $l = 0,297L$:

$$L_1 = 0,2L = 0,3 \cdot 207,7 = 62,31$$

$$L_2 = 0,4L = 0,4 \cdot 207,7 = 83,08$$

$$\epsilon = \epsilon_1 + (\epsilon_2 - \epsilon_1) / (L_2 - L_1) \cdot (l - L_1) =$$

$$= 15 + (23,5 - 15) / (83,08 - 62,31) \cdot (77,228 - 62,31) = 21,11$$

					24. ДРБ. 135. 4117ст. 09. ПЗ. 03	Лист
						22
Зм.	Лист	№ доквм.	Підпис	Дата		

Таким чином $\epsilon_1=15\%$, $\epsilon_2=23,5\%$, $L_1=0,3L=62,31$, $L_2=0,4L=83,08$.

$$\epsilon=21,11\%(0,211)$$

Таблиця 3.1 Поділ на відсіки. (Додаток 3)

3.3 Розрахунок навантаження, визначення координат ЦТ та удиферентування проєкту

Далі в Maxsurf Stability Advanced (loadcase) вводяться дані з навантаженнями мас таким чином, щоб вийти на вихідні дані (водотоннажність, маса вантажу, маса корпусу, маса ЕУ, маса обладнання, маса палива, забезпечення і т.п.).

Таблиця 3.4. Розрахунок маси та координат центру мас вантажу. (Додаток 3)

Положення ЦМ визначається спочатку розрахунком з використанням епюри ємності та навантаження мас. Враховуючи, що в програмі нульова точка знаходиться на перетині основній площині та носового перпендикуляра

перерахуємо координати центру мас: $X_g = X_g^{MS} + \frac{L}{2} = -101,163 + \frac{207,7}{2} = 2,687\text{м}$

$$Z_g = Z_g^{MS} = 9,08\text{ м}$$

Таблиця 3.5– Результати удиферентування, (Додаток 3)

З результатів отримуємо дифферент $\Delta T = 0,0360\text{ м}$, не перевищуючий $L/2000$
 $0,036 < 0,104$.

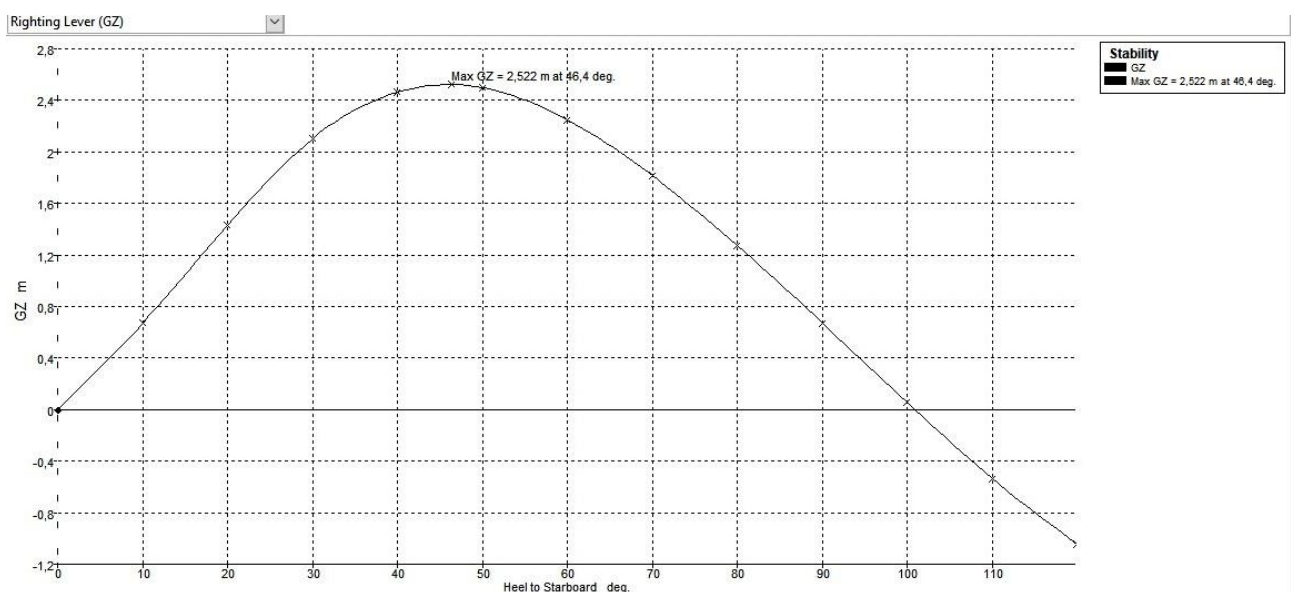
Таким чином, вважаємо судно удифферентованим.

					24.ДРБ.135.4117ст.09.ПЗ.04			
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата				
					Перевірка вимог класифікаційного товариства до остійності судна.	Лист	Лист	Листов
Студент	Мамонтов С.О.						24	
Консульт.	Пащенко Ю.М					НУК		
Керівник	Пащенко Ю.М.							
Зав. Кафедр.	Нєкрасов В.О.							

4. Перевірка вимог РСУ до остійності судна.

За допомогою програми MaxSurf розрахуємо діаграму статичної остійності судна

Heel to Starboard deg	0,0	10,0	20,0	30,0	40,0	50,0	60,0	70,0	80,0	90,0	100,0
GZ m	0,000	0,671	1,429	2,102	2,462	2,500	2,248	1,815	1,274	0,673	0,056
Area under GZ curve from zero heel m.deg	0,0000	3,2920	13,7551	31,5933	54,6989	79,7668	103,701	124,129	139,644	149,405	153,04
Displacement t	65574	65574	65574	65572	65580	65579	65576	65576	65574	65573	65572
Draft at FP m	11,547	11,572	11,645	11,882	12,623	13,848	15,739	19,330	29,709	n/a	10,725
Draft at AP m	11,937	11,880	11,694	11,666	12,223	13,267	14,934	18,092	27,269	n/a	8,792
WL Length m	215,105	215,105	215,104	215,101	215,098	215,138	217,394	218,620	218,812	217,998	216,61
Beam max extents on WL m	30,685	31,115	32,597	30,633	27,749	24,849	23,431	22,606	22,224	22,197	22,668
Wetted Area m^2	10104,6	10113,4	10147,9	10826,2	11252,3	11487,8	11617,6	11713,5	11787,7	11761,7	11895,
Waterpl. Area m^2	6043,58	6131,78	6417,97	5815,10	5267,79	4598,90	4125,16	3834,48	3694,04	3681,95	3765,2
Prismatic coeff. (Cp)	0,828	0,830	0,837	0,839	0,847	0,855	0,852	0,852	0,855	0,860	0,868
Block coeff. (Cb)	0,814	0,686	0,583	0,565	0,575	0,605	0,617	0,635	0,662	0,702	0,636
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	-101,16	-101,16	-101,16	-101,15	-101,15	-101,14	-101,14	-101,14	-101,14	-101,14	-101,14
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	-108,41	-108,29	-107,74	-104,26	-101,73	-100,69	-100,14	-99,863	-100,12	-101,00	-101,96
Max deck inclination deg	0,1077	10,0003	20,000	30,000	40,0001	50,0001	60,0001	70,000	80,0000	90,0000	100,000
Trim angle (+ve by stern) deg	0,1077	0,0850	0,0135	-0,0596	-0,1102	-0,1603	-0,2221	-0,3417	-0,6729	-0,900000	-0,5331



Зм.	Лист	№ доквм.	Підпис	Дата

24. ДРБ. 135. 4117ст. 09. ПЗ. 04

Лист

25

Перевірка остійності робиться для 1-го варіанту навантаження проєкту,
(100% вантажу та 100% запасів)

Розрахунок амплітуди хитавиці: $\theta_1 = 109 \cdot K \cdot X_1 \cdot X_2 \cdot \sqrt{r \cdot S}$

$$K = 1 \quad X_1 = 0,966 \quad \left(\text{т.к. } \frac{B}{T} = \frac{30,8}{12} = 2,56 \right) \quad X_2 = 1 \quad (C_b = 0,826)$$

$$r = 0,73 + 0,6(z_g - d)/d = 0,876$$

$$C = 0,373 + 0,023 \frac{B}{d} - 0,043 \frac{L}{100} = 0,373 + 0,023 \frac{30,8}{12} - 0,043 \frac{207,7}{100} = 0,343$$

$$\tau = 2 \cdot C \cdot B / h^{1/2} = 2 \cdot 0,343 \cdot 30,8 / 3,768^{1/2} = 15,1 \text{ с}$$

$$S = 0,0713$$

$$\theta_1 = 109 \cdot 1 \cdot 0,966 \cdot (0,876 \cdot 0,073)^{1/2} = 19,7^\circ$$

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

$$A_v = \sum S_i = 1578,1 \text{ м}^2$$

$$Z_B = \frac{\sum S_i z_i}{\sum S_i} = \frac{7656,11}{1578,1} = 4,85 \text{ м}$$

$$Z_v = Z_B + T/2 = 4,85 + 12/2 = 10,85 \text{ м}$$

Тиск повітря $P_v = 504 \text{ Па}$

$$D = 65538,5 \text{ т - водотоннажність.}$$

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



Рис 4.1

$$l_{w1} = \frac{P_v \cdot A \cdot Z_v}{1000 \cdot g \cdot D} = \frac{504 \cdot 1578,1 \cdot 10,85}{1000 \cdot 9,81 \cdot 65538,5} = 0,0134 \text{ м}$$

$$l_{w2} = 1,5 \cdot l_{w1} = 1,5 \cdot 0,0134 = 0,0201 \text{ м}$$

Таблиця 4.1

№ елементів	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Сума
Площа S_i , м ²	1142,4	82,1	74,97	70,29	70,29	70,29	30,47	13,89	23,40	1578.1
Z_i	14,9	16,12	5	18,845	23,625	25,375	5	27,12	29,875	32,625
Момент $S_i Z_i$, м ³	17022	1324	1413	1661	1782	1907	910,3	453,2	502,9	26975

$$Z_v = 26975/1578.1 = 16,89\text{м}$$

$$Z_p = 10,89$$

$$\text{Крітерій погоди} \quad K = \frac{b}{a} = \frac{1,3747}{0,2349} = 5,87 \geq 1$$

Таблиця 4.2

Величина	Проект	Регістр
K	5,87	$K \geq 1$
$l_{\max}$, м	2,522	$l_{\max} \geq 0,2$
$\theta_{\max}$	46,4°	$\theta_{\max} \geq 30^\circ$
$\theta_{\text{зак}}$	100,99°	$\theta_{\text{зак}} \geq 60^\circ$
h	3,768м	0,15 м
S_{30}	0,55м. рад	0,055 м. рад
S_{40}	0,95 м. рад	0,090 м. рад
$S_{40} - S_{30}$	0,4 м. рад	0,03 м. рад

Висновки

Судно, що спроектоване, задовольняє усім вимогам Регістру судноплавства України та має наступні характеристики:

довжина між перпендикулярами $L = 207,7\text{м}$

					24. ДРБ. 135. 4117ст. 09. ПЗ. 04	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		27

ширина $B = 30,8\text{м}$

осадка по КВЛ $T = 12\text{ м}$

висота борту $H = 17,5\text{ м}$

коефіцієнт загальної повноти $\delta = 0,826$

коефіцієнт повноти площі мідель-шпангоуту $\beta = 0,991$

коефіцієнт повноти площі ватерлінії $\alpha = 0,907$

корисна вантажопідйомність $P_v = 50000\text{ т}$

водотоннажність об'ємна $V = 63940\text{ м}^3$

швидкість експлуатаційна $v = 15\text{ вузл.}$

потужність головного двигуна 8800 кВт

					24. ДРБ. 135. 4117ст. 09. ПЗ. 04	Лист
						28
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

					24.ДРБ.135.4117ст.09.ПЗ.05			
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата				
					Розрахунок остійності судна в пошкодженому стані	Лист	Лист	Листов
Студент	Мамонтов С.О.							
Консульт.	Пащенко Ю.М						29	
Керівник	Пащенко Ю.М.					НУК		
Зав. Кафедр.	Некрасов В.О.							

5. Розрахунок остійності судна в пошкодженому стані.

Непотоплюваність - здатність судна залишатися на плаву при затопленні частини відсіків, маючи посадку і остійність, що забезпечують хоча б обмежене використання судна за призначенням. Її забезпечення є однією з основних вимог, що гарантують безпеку експлуатації судна.

Судно після пошкодження повинно залишитися на плаву, мати достатню остійність, невеликі кути крену і диференту, щоб можна було використовувати механізми для руху та управління судном.

Конструктивно вона забезпечується раціональним розміщенням водонепроникних перебірок, палуб і необхідним запасом плавучості (тобто всім непроникним об'ємом вище ватерлінії) і остійності, щоб при затопленні відсіків зміна посадки і остійності не перевищувала допустимих меж.

Завдання розрахунку непотоплюваності - визначення параметрів посадки та остійності аварійного судна при відомих параметрах пошкоджених відсіків.

Характеристики непотоплюваності суден визначаються згідно з вимогами Правил Регістру судноплавства України. Судно вважається таким, що відповідає цим вимогам, якщо під час затоплення розрахункових відсіків аварійна ватерлінія в жодній точці не перетинає граничну лінію занурення яка на 75 мм нижче від краю верхньої палуби.

Непотоплюваність судна забезпечується поділом корпусу на водонепроникні відсіки за допомогою міцних перебірок. Розташування цих перебірок визначають з урахуванням можливих пошкоджень корпусу та впливу затоплення кожного відсіку на остійність, крен і диферент судна.

Розрахунок непотоплюваності був виконаний у програмі **Maxsurf Stability**. Для цього моделювалося пошкодження корпусу у першому трюмі.

Для розрахунку необхідно відкрити вікно **Damage Case**, натиснути комбінацію клавіш **Ctrl + A** та поставити позначку біля відсіку, який потрібно вважати пошкодженим (рис. 5.1). Після цього виконується розрахунок удиферентування.

					24. ДРБ.135. 4117ст.09.ПЗ.05	Арк.
						30
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		

Непотоплюваність вважається забезпеченою, якщо в результаті розрахунку аварійна ватерлінія не перетинає граничну лінію занурення.

30

	Room	Intact	DCase 1
1	Forepeak	☐	☐
2	Hold 1	☐	☒
3	Hold 2	☐	☐
4	Hold 3	☐	☐
5	Hold 4	☐	☐
6	Hold 5	☐	☐
7	Hold 6	☐	☐
8	Hold 7	☐	☐
9	ER	☐	☐
10	Aft	☐	☐

Рисунок 5.1 – Вибір пошкодженого трюму

Далі для перевірки остійності при першому варіанті пошкодження робимо розрахунок

	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	120,0	130,0	140,0	150,0	160,0	170,0	180,0
1	GZ m	-2,013	-1,711	-1,070	0,000	1,070	1,711	2,013	2,154	2,193	2,151	2,023	1,811	1,529	1,202	0,852	0,502	0,173	-0,112	-0,339	-0,480	-0,378	0,000
2	Area under GZ curv	38,633	19,860	5,5781	0,0000	5,5816	19,856	38,671	59,602	81,408	103,19	124,14	143,37	160,12	173,80	184,08	190,85	194,20	194,46	192,16	187,93	183,39	181,35
3	Displacement t	72746	72746	72746	72746	72746	72746	72746	72746	72746	72746	72746	72746	72746	72746	72746	72746	72746	72746	72746	72746	72746	72746
4	Draft at FP m	20,112	18,028	16,684	16,333	16,678	18,022	20,111	23,174	27,873	35,819	51,748	98,926	n/a	85,435	37,915	21,662	13,403	8,554	5,549	3,336	1,851	1,412
5	Draft at AP m	12,201	11,625	11,612	11,731	11,617	11,629	12,202	13,283	15,015	17,810	22,912	37,161	n/a	17,690	3,709	-1,096	-3,690	-5,479	-6,840	-7,509	-7,547	-7,480
6	WL Length m	219,48	218,17	217,35	217,17	217,35	218,17	219,48	219,76	218,43	216,51	212,92	209,94	205,80	190,49	193,63	196,32	198,47	199,83	199,85	196,86	191,83	169,31
7	Beam max extents	22,078	25,901	32,622	32,136	32,622	25,896	22,078	20,548	19,976	18,490	17,042	16,392	16,572	16,843	17,042	18,492	20,906	24,914	26,165	29,768	32,522	32,080
8	Wetted Area m²	14518,	13919,	12711,	11534,	12709,	13918,	14518,	14838,	15024,	15156,	15264,	15370,	15490,	15555,	15588,	15631,	15685,	15669,	15606,	15364,	14890,	14537,
9	Waterpl. Area m²	3331,9	3940,5	5003,2	5747,1	5004,4	3940,8	3331,9	3035,5	2904,7	2811,8	2703,7	2602,7	2564,2	2616,2	2738,8	2887,8	3069,2	3268,4	3425,9	3757,0	4397,9	4903,9
10	Prismatic coeff. (Cp)	0,668	0,670	0,666	0,663	0,666	0,670	0,668	0,668	0,669	0,669	0,673	0,675	0,680	0,731	0,723	0,718	0,715	0,711	0,708	0,715	0,724	0,797
11	Block coeff. (Cb)	0,627	0,608	0,559	0,623	0,559	0,608	0,627	0,610	0,585	0,604	0,645	0,674	0,659	0,662	0,628	0,572	0,514	0,448	0,455	0,445	0,452	0,551
12	LCB from zero pt. (	-0,407	-0,407	-0,410	-0,426	-0,421	-0,415	-0,408	-0,393	-0,375	-0,354	-0,330	-0,303	-0,278	-0,260	-0,255	-0,260	-0,266	-0,269	-0,250	-0,283	-0,299	-0,293
13	LCF from zero pt. (	-17,46	-18,36	-17,64	-11,08	-17,63	-18,35	-17,46	-16,91	-16,06	-14,62	-13,59	-14,00	-14,71	-15,44	-18,11	-21,91	-25,71	-28,11	-27,43	-24,08	-18,80	-11,92
14	Max deck inclinatio	30,053	20,065	10,093	1,2660	10,092	20,065	30,053	40,045	50,037	60,030	70,023	80,013	90,000	99,983	109,96	119,95	129,93	139,90	149,86	159,81	169,68	177,55
15	Trim angle (+ve by	-2,175	-1,761	-1,395	-1,266	-1,392	-1,758	-2,175	-2,719	-3,533	-4,943	-7,884	-16,52	-90,00	-18,02	-9,329	-6,237	-4,692	-3,855	-3,405	-2,981	-2,584	-2,445

Рисунок 5.2. Результати розрахунків критеріїв остійності

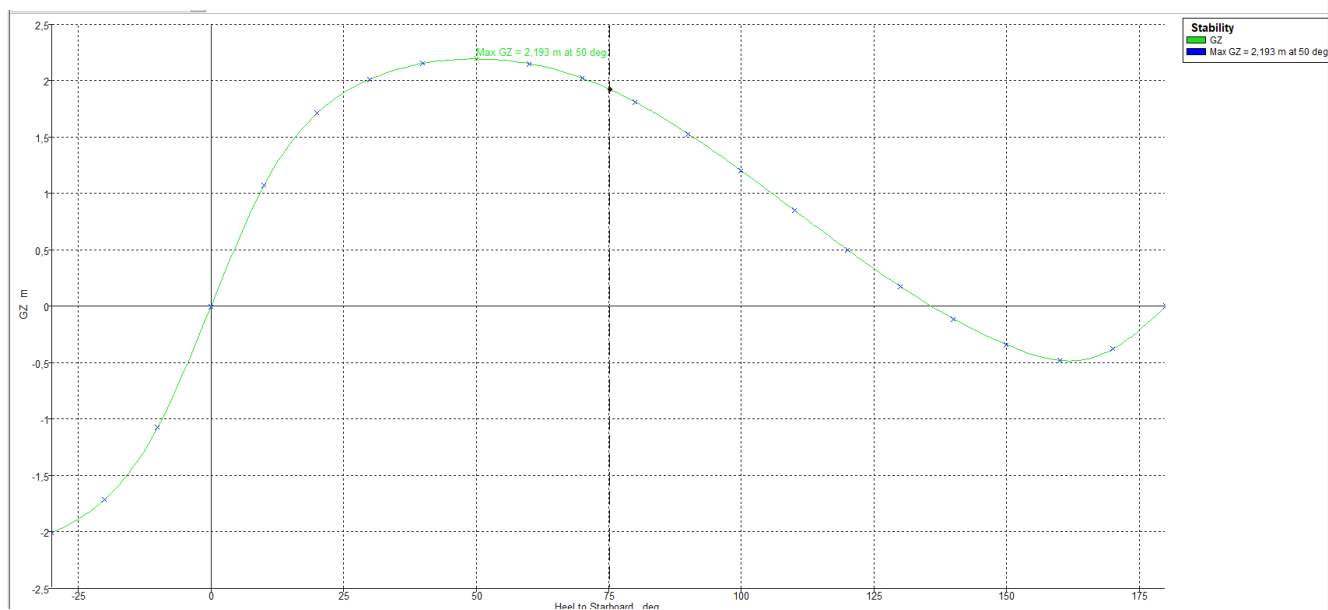
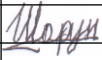


Рисунок 5.3. Діаграма остійності при пошкодженні

При моделюванні аварійної остійності із затопленням одного вантажного трюму, судно зберігає запас остійності, що перевищує нормативні вимоги Регістру судноплавства України. Максимальне відновлювальне плече становить 2.19 м при куті крену 50° , кут закінчення остійності — 135° . Отже, непотоплюваність і остійність судна у пошкодженному стані забезпечені.

					24. ДРБ.135. 4117ст.09.ПЗ.05	Арк.
						32
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		

					24.ДРБ.135.4117ст.09.ПЗ.06			
Зм.	Ар	№докум.	Подпис	Дата				
					Набір конструктивного мідель-шпангоуту корпусу за Правилами РСУ.	Лист	Лист	Листов
Студент	Мамонтов С.О.							
Консульт.	Шарун Г.В.						33	
Керівник.	Пашенко Ю.М					НУК		
Зав. Кафедр.	Некрасов В.О.							

6. Набір конструктивного мідель-шпангоуту корпусу

У даному розділі визначені розміри в'язей корпусу навалочного судна за «Правилами класифікації та побудови морських суден РСУ»

6.1 Головні розміри судна

Таблиця 6.1

№	Величини	Позначення	Розмірність	Дані
1	Довжина між перпендикулярами	L	м	207,7
2	Ширина судна на міделе	B	м	30,8
3	Висота борту	D	м	17,5
4	Осадка судна по літню ГВЛ	d	м	12
5	Коефіцієнт загальної повноти	C_{ϵ}	-	0,826

6.2 Архитектурно-конструктивний тип судна

Судно однопалубне, з кормовим розташуванням машинного відділення та жилої надбудови, з подвійним дном, з подвійними бортами, з бортовими підпалубними та скуловими цистернами. Має 9 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°.

6.3. Вибір системи набору перекрить корпусу судна

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

6.4. Вибір марки сталі для корпусу судна

Всі листові елементи корпусу виготовляються зі сталі 10ХСНД із межею плинності $R_{EH}=390$ МПа. Профільний прокат виготовлений зі сталі 10Г2С1Д

Таблиця 6.2. Характеристики сталей

					24.ЛРБ.135.4117ст.09.06	Лист.
						34
Змн.	лист	№ докум.	Подпис	Дата		

№	Марка сталі	R_{EH} , МПа	Коефіцієнт використання механічних властивостей, з	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:

$$\sigma_n = \frac{235}{\eta} = \frac{235}{0,68} = 346, \quad \tau_n = 0,57 \cdot \sigma_n = 0,57 \cdot 346 = 197, \text{ МПа.}$$

6.5 Вибір шпациї

Нормальна шпация a , м, в середній частині судна визначається за формулою:

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

де $L = 207,7$ – довжина судна між перпендикулярами, м.

$$a_0 = 0,002 \cdot L + 0,48 = 0,002 \cdot 207,7 + 0,48 = 0,8954 \text{ м.}$$

$a_0 = 845 \text{ мм}$ - поперечна шпация; $a_0 = 900 \text{ мм}$ - поздовжня шпация.

6.6. Проектування обводів мідель-шпангоуту

Підйому лінії днища немає.

Радіус закруглення скули:

$$R = \sqrt{\frac{B \cdot t}{0,86}} = \sqrt{\frac{30,8 \cdot 0,108}{0,86}} = 1,966 \text{ м,} \quad \text{Приймаю: } R = 2 \text{ м}$$

Висота другого дна розраховується за формулою:

$$h_{II} = \frac{L - 40}{570} + 0,04 \cdot B + 3,5 \cdot \frac{d}{L} = \frac{207,7 - 40}{570} + 0,04 \cdot 30,8 + 3,5 \cdot \frac{12}{207,7} = 1,728 \text{ м.}$$

Приймаємо: $h_{II} = 2 \text{ м.}$

Ширина горизонтального кіля розраховується за формулою:

$$b_k = 800 + 5 \cdot L, \text{ мм, не більше } 2000 \text{ мм.}$$

$$b_k = 800 + 5 \cdot L = 800 + 5 \cdot 218,3 = 1892, \text{ мм.}$$

Приймаю: $b_k = 2,0 \text{ м.}$

Розбивка судна за шпациями

Розбивка судна за шпациями наведена в Таблиці 6.3. Додатку 5.

6.6. 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. № 6.4. Додатку 5); $T=24$ – період служби конструкції, роки.

6.7. Визначення згинальних моментів

Розрахункова висота хвилі визначається за формулою:

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

$$C_w = 10,75 - \left(\frac{300 - L}{100} \right)^{3/2} = 10,75 - \left(\frac{300 - 207,7}{100} \right)^{3/2} = 9,86 \text{ м},$$

Згинальний момент на тихій воді 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; $B=30,8$ – ширина судна, м; $L=207,7$ м – довжина судна між перпендикулярами; $C_b=0,826$ – коефіцієнт загальної повноти.

$$M_{sw} = \pm 76 C_w B L^2 (C_b + 0,7) 10^{-3} = 76 \cdot 9,86 \cdot 30,8 \cdot 207,7^2 \cdot (0,826 + 0,7) 10^{-3} = 1,51 \cdot 10^6$$

Хвильовий згинальний момент, який викликає перегин корпусу судна:

$$M_w = 190 C_w B L^2 C_b \cdot 10^{-3} = 190 \cdot 9,86 \cdot 30,8 \cdot 207,7^2 \cdot 0,826 \cdot 10^{-3} = 2,05 \cdot 10^6$$

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

$$M_w = -110 C_w B L^2 (C_b + 0,7) 10^{-3} = -110 \cdot 9,86 \cdot 30,8 \cdot 207,7^2 \cdot (0,826 + 0,7) 10^{-3} = -2,19 \cdot 10^6$$

Сумарний згинальний момент:

$$\text{- При прогині } M_{\Sigma 1} = |M_w + M_{sw}| = |-2,19 \cdot 10^6 - 1,51 \cdot 10^6| = -3,7 \cdot 10^6 \text{ кН}\cdot\text{м},$$

$$\text{- При перегині } M_{\Sigma 2} = |M_w + M_{sw}| = |2,05 \cdot 10^6 + 1,51 \cdot 10^6| = 3,56 \cdot 10^6 \text{ кН}\cdot\text{м},$$

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

					24.ЛРБ.135.4117ст.09.06	Лист.
						36
Змн.	лист	№ докум.	Подпис	Дата		

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

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

Визначимо допустимі напруження:

$$\sigma_{кор} = \frac{175}{0,68} = 257,4 \text{ МПа}, \quad W_{кор} = \frac{M_{\Sigma 1}}{\sigma_{кор}} \cdot 10^{-3} = \frac{3,7 \cdot 10^6}{257,4} \cdot 10^{-3} = 14,38, \text{ м}^3$$

Момент опору корпусу судна:

$$W_{min} = C_W \cdot B \cdot L^2 \cdot (C_b + 0,7) \cdot \eta = 9,86 \cdot 30,8 \cdot 207,7^2 \cdot (0,826 + 0,7) \cdot 0,68 = 13,60 \text{ м}^3$$

Момент інерції поперечного перетину корпусу в середній частині судна повинен бути не менш ніж

$$I_{нотр} = 3 \cdot C_W \cdot B \cdot L^3 \cdot (C_b + 0,7) = 3 \cdot 9,86 \cdot 30,8 \cdot 207,7^3 \cdot (0,826 + 0,7) = 124,56 \text{ м}^4$$

Відстань нейтральної вісі від основної площини (ОП)

$$e = 0,4 \cdot D' = 0,4 \cdot 18,7 = 7,48 \text{ м},$$

де $D'=D+h_{ком}=17,5+1,2=18,7$ – висота борту судна-проекта з урахуванням висоти комінгса люка.

Максимальні діючі напруги в днищі і на палубі розрахуємо за формулою:

$$I_0 = W_d \cdot (D' - e) = 14,38 \cdot (18,7 - 7,48) = 161,34 \text{ м}^4,$$

$$\text{-для днища: } \sigma_{дн} = \frac{M_{\Sigma 2} \cdot Z_{дн}}{I_0} \cdot 10^{-3} = \frac{3,56 \cdot 10^6 \cdot 7,48}{161,34} \cdot 10^{-3} = 165,04 \text{ МПа},$$

-для верхньої палуби:

$$\sigma_{ВП} = \frac{M_{\Sigma 1} \cdot (D - Z_{дн})}{I_0} \cdot 10^{-3} = \frac{3,7 \cdot 10^6 \cdot (17,5 - 7,48)}{161,34} \cdot 10^{-3} = 229,78 \text{ МПа}$$

Схема напруг, діючих в днищі та палубі наведена на Рисунку 6.1 Додатку 5.

6.8 Визначення розрахункових навантажень

6.8.1. Зовнішні навантаження на корпус судна

З боку моря зовнішні навантаження на корпус судна визначаються величиною статичного тиску P_{st} , кПа, та величиною тиску, який сприяє корпусу судна переміщенням відносно профіля хвилі P_w , кПа.

Розрахунковий статичний тиск визначається за формулою:

$$P_{st} = \rho \cdot g \cdot Z_i, \text{ кПа},$$

					24.ЛРБ.135.4117ст.09.06	Лист.
						37
Змн.	лист	№ докум.	Підпис	Дата		

при $Z_i = d = 12$ м. $P_{st} = \rho \cdot g \cdot Z_i = 1,025 \cdot 9,81 \cdot 12 = 120,66$ кПа.

Хвильовий тиск для точок прикладання навантаження на рівні ГВЛ

$$P_{w0} = \rho \cdot g \cdot \frac{C_w}{2} \cdot a_v \cdot a_x, \text{ кПа.}$$

$$\text{де } a_v = \frac{0,8V_0 \left(\frac{L}{10^3} + 0,4 \right)}{\sqrt{L}} + 1,5, ,$$

де $V_0 = 15$ – специфікаційна швидкість судна, вузли; $k_x = 0,8$ – для поперечних перерізів у ніс від міделя; $x_1 = 0,3L = 62,31$ – відстань розглядуваного поперечного перерізу від кормового перпендикуляра, м. Маємо:

$$a_x = k_x \left(1 - 2 \frac{x_1}{L} \right) = 0,5 \left(1 - 2 \frac{62,31}{207,7} \right) = 0,2 \text{ Приймаю } a_x = 0,267.$$

$$a_v = \frac{0,8V_0 \left(\frac{L}{10^3} + 0,4 \right)}{\sqrt{L}} + 1,5 = \frac{0,8 \cdot 15 \left(\frac{207,7}{10^3} + 0,4 \right)}{\sqrt{207,7}} + 1,5 = 1,982$$

$a_v \cdot a_x = 1,985 \cdot 0,267 = 0,53$. Результат множення $a_v \cdot a_x$ необхідно брати не менше 0,6, тому приймаємо $a_v \cdot a_x = 0,6$.

$$P_{w0} = \rho \cdot g \cdot \frac{C_w}{2} \cdot a_v \cdot a_x = 1,025 \cdot 9,81 \cdot \frac{9,86}{2} \cdot 0,6 = 29,74 \text{ кПа.}$$

– Для точок прикладання навантаження нижче ватерлінії

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

$$\text{При } Z_i = d = 12 \text{ м: } P_w = P_{w0} - 1,5 \cdot C_w \cdot \frac{Z_i}{d} = 29,74 - 1,5 \cdot 9,86 \cdot \frac{12}{12} = 14,95 \text{ кПа.}$$

– Для точок прикладання навантаження вище ватерлінії

$$P_w = P_{w0} - 7,5 \cdot a_x \cdot Z_i \text{ кПа.}$$

При $Z_i = D - d = 17,5 - 12 = 5,5$ м:

$$P_w = P_{w0} - 7,5 \cdot a_x \cdot Z_i = 29,74 - 7,5 \cdot 0,267 \cdot 5,5 = 18,72 \text{ кПа.}$$

$$P_w \geq P_{\min}, P_{\min} = 0,03 \cdot L + 5 = 0,03 \cdot 207,7 + 5 = 11,23 \text{ кПа.}$$

Тиск на днищову обшивку судна визначимо за формулою:

$$P = P_{st} + P_w = 120,66 + 14,95 = 135,61 \text{ кПа.}$$

Схема навантажень, діючих на корпус судна наведена на Рис. 6.2 Додатку 5.

6.8.2 Розрахунковий тиск від вантажу

Розрахункове прискорення у вертикальному напрямі визначимо за формулою:

$$a_z = \sqrt{a_{cz}^2 + a_{\dot{e}z}^2 + 0,4 \cdot a_{\dot{a}z}^2}, \text{ м/с}^2,$$

					24.ЛРБ.135.4117 ст.09.06	Лист.
						38
Змн.	лист	№ докум.	Подпис	Дата		

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

$$a_{cz} = 0,2 \left(\frac{100}{L} \right)^{\frac{1}{3}} \cdot g = 0,2 \left(\frac{100}{207,7} \right)^{\frac{1}{3}} \cdot 9,81 = 1,53 \text{ м/с}^2,$$

T_k – періоди кильової хитавиці, с:

$$T_k = \frac{0,8\sqrt{L}}{1 + 0,4 \frac{V_0}{L} \left(\frac{L}{10^3} + 0,4 \right)} = \frac{0,8\sqrt{207,7}}{1 + 0,4 \frac{14,3}{207,7} \left(\frac{207,7}{10^3} + 0,4 \right)} = 11,40 \text{ с},$$

де $V_0 = 14,3$ вуз – специфікаційна швидкість судна;

$$\psi = \frac{0,23}{1 + L \cdot 10^{-2}} = \frac{0,23}{1 + 207,7 \cdot 10^{-2}} = 0,074 \text{ рад} – \text{розрахунковий кут диференту}$$

$$a_{kz} = \left(\frac{2\pi}{T_k} \right)^2 \cdot \psi \cdot x_0 = \left(\frac{2 \cdot 3,14}{11,40} \right)^2 \cdot 0,074 \cdot 9,485 = 0,212 \text{ м/с}^2,$$

$x_0 = 9,485$ м – відстань розглядуваної точки від поперечної площини, що проходить через центр ваги судна;

$h = 0,07 \cdot B = 0,07 \cdot 30,8 = 2,156$ м – метацентрична висота в найбільш несприятливих умовах експлуатації судна

T_δ – періоди бортової хитавиці:

$$T_\delta = \frac{c \cdot B}{\sqrt{h}} = \frac{0,8 \cdot 30,8}{\sqrt{2,156}} = 16,78 \text{ с}$$

Розрахунковий тиск на настил другого дна від вантажу

Розглянемо т. №1

$$\theta = \frac{0,6}{1 + 0,5L \cdot 10^{-2}} = \frac{0,6}{1 + 0,5 \cdot 207,7 \cdot 10^{-2}} = 0,294 \text{ рад} – \text{розрахункові кути крену}$$

$$a_{\delta z} = \left(\frac{2\pi}{T_\delta} \right)^2 \cdot \theta \cdot y_0 = \left(\frac{2 \cdot 3,14}{16,78} \right)^2 \cdot 0,294 \cdot 9,24 = 0,375 \text{ м/с}^2$$

$y_0 = 9,24$ м – відстань розглядуваної точки від діаметральної площини

$$a_z = \sqrt{a_{cz}^2 + a_{kz}^2 + 0,4 \cdot a_{\delta z}^2} = \sqrt{1,53^2 + 0,212^2 + 0,4 \cdot 0,375^2} = 1,56 \text{ м/с}^2,$$

$$k_B = \sin^2 \alpha \cdot \operatorname{tg}^2 \left(45^\circ - \frac{\varphi_{B.T}}{2} \right) + \cos^2 \alpha = \sin^2 0 \cdot \operatorname{tg}^2 \left(45^\circ - \frac{30^\circ}{2} \right) + \cos^2 0 = 1$$

$$\alpha = 0^\circ$$

					24.ДРБ.135.4117 ст.09.06	Лист.
						39
Змн.	лист	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\varphi_{B.T} = 30^\circ = 0,524 \text{ рад}$$

Розрахунковий тиск від навалочного вантажу:

$$P_{\varepsilon} = \rho_B \cdot g \cdot k_B \left(1 + \frac{a_z}{g} \right) z_i = 0,937 \cdot 9,81 \cdot 1 \cdot \left(1 + \frac{1,56}{9,81} \right) \cdot (15,5) = 165,13 \text{ кПа.}$$

Випробувальний напір на друге дно: $P_{\text{вип}} = 7,5 \cdot h_{\text{П.Т}}$, кПа.

Де $h_{\text{П.Т}} = D - h_{\text{П}} + \Delta z = 17,5 - 2 + 1,5 = 17 \text{ м}$ – відстань від настилу внутрішнього дна до верху повітряної трубки.

Висота повітряної трубки від настилу верхньої палуби $\Delta z = 1,5 \text{ м}$ для баластних цистерн корпусу судна $P_{\text{вип}} = 7,5 \cdot 17 = 127,5 \text{ кПа.}$

Тиск баласту: $P = 0,75 \rho \cdot g (z_i + \Delta z) = 0,75 \cdot 1,025 \cdot 9,81 (15,5 + 1,5) = 128,20 \text{ кПа,}$

де $z_i = 17,5 - 2 = 15,5 \text{ м}$ – відстань виміряна в ДП, від ВП до другого дна

Тиск аварійного затоплювання:

$$P_{a.3} = 10,5(d - h) = 10,5(12 - 2) = 105 \text{ кПа}$$

Приймаю розрахунковий тиск на друге дно $P = 128,20 \text{ кПа}$

Розрахунковий тиск від вантажу на похилий лист скулової цистерни в т. №1

$$\theta = \frac{0,6}{1 + 0,5L \cdot 10^{-2}} = \frac{0,6}{1 + 0,5 \cdot 207,7 \cdot 10^{-2}} = 0,294 \text{ рад} - \text{розрахункові кути крену}$$

$$a_{\sigma z} = \left(\frac{2\pi}{T_{\sigma}} \right)^2 \cdot \theta \cdot y_0 = \left(\frac{2 \cdot 3,14}{16,78} \right)^2 \cdot 0,294 \cdot 9,24 = 0,45 \text{ м/с}^2$$

$y_0 = 9,24 \text{ м}$ – відстань розглядуваної точки від діаметральної площини

$$a_z = \sqrt{a_{cz}^2 + a_{\kappa z}^2 + 0,4 \cdot a_{\sigma z}^2} = \sqrt{1,53^2 + 0,212^2 + 0,4 \cdot 0,375^2} = 1,56 \text{ м/с}^2,$$

$$k_B = \sin^2 \alpha \cdot \operatorname{tg}^2 \left(45^\circ - \frac{\varphi_{B.T}}{2} \right) + \cos^2 \alpha = \sin^2 45^\circ \cdot \operatorname{tg}^2 \left(45^\circ - \frac{30^\circ}{2} \right) + \cos^2 45^\circ = 0,667$$

$$\alpha = 45^\circ; \quad \varphi_{B.T} = 30^\circ$$

Розрахунковий тиск від навалочного вантажу:

$$P_{\varepsilon} = \rho_B \cdot g \cdot k_B \left(1 + \frac{a_z}{g} \right) z_i = 0,937 \cdot 9,81 \cdot 0,667 \cdot \left(1 + \frac{1,56}{9,81} \right) \cdot (17,5 - 2) = 110,14 \text{ кПа.}$$

Приймаю розрахунковий тиск на похилий лист скулової цистерни в т. №1
 $P = 110,14 \text{ кПа}$

Розрахунковий тиск від вантажу на похилий лист скулової цистерни в т. №2

$$\theta = \frac{0,6}{1 + 0,5L \cdot 10^{-2}} = \frac{0,6}{1 + 0,5 \cdot 207,7 \cdot 10^{-2}} = 0,294 \text{ рад} - \text{розрахункові кути крену}$$

					24.ЛРБ.135.4117ст.09.06	Лист.
						40
Змн.	лист	№ докум.	Подпис	Дата		

$$a_{\theta z} = \left(\frac{2\pi}{T_{\theta}} \right)^2 \cdot \theta \cdot y_0 = \left(\frac{2 \cdot 3,14}{16,78} \right)^2 \cdot 0,294 \cdot 9,24 = 0,45 \text{ м/с}^2$$

$y_0=13,304$ м – відстань розглядуваної точки від діаметральної площини

$$a_z = \sqrt{a_{cz}^2 + a_{\kappa z}^2 + 0,4 \cdot a_{\theta z}^2} = \sqrt{1,53^2 + 0,212^2 + 0,4 \cdot 0,375^2} = 1,56 \text{ м/с}^2,$$

$$k_B = \sin^2 \alpha \cdot \operatorname{tg}^2 \left(45^\circ - \frac{\varphi_{B,T}}{2} \right) + \cos^2 \alpha = \sin^2 45^\circ \cdot \operatorname{tg}^2 \left(45^\circ - \frac{30^\circ}{2} \right) + \cos^2 45^\circ = 0,667$$

$$\alpha = 45^\circ; \quad \varphi_{B,T} = 30^\circ$$

Розрахунковий тиск від навалочного вантажу:

$$P_{\theta} = \rho_B \cdot g \cdot k_B \left(1 + \frac{a_z}{g} \right) z_i = 0,937 \cdot 9,81 \cdot 0,667 \cdot \left(1 + \frac{1,57}{9,81} \right) \cdot 11,34 = 80,65 \text{ кПа.}$$

де $z_i=11,34$ м – відстань виміряна в діаметральній площині, від ВП до точки з'єднання нахиленого листа бортової цистерни з шпангоутом.

Приймаю розрахунковий тиск від вантажу на похилий лист скулової цистерни в т. № 2 $P=80,65$ кПа

Знайдемо розрахунковий тиск від вантажу на борт в т. № 2

$$\theta = \frac{0,6}{1 + 0,5L \cdot 10^{-2}} = \frac{0,6}{1 + 0,5 \cdot 207,7 \cdot 10^{-2}} = 0,294 \text{ рад} - \text{розрахункові кути крену}$$

$$a_{\theta z} = \left(\frac{2\pi}{T_{\theta}} \right)^2 \cdot \theta \cdot y_0 = \left(\frac{2 \cdot 3,14}{16,78} \right)^2 \cdot 0,294 \cdot 9,24 = 0,45 \text{ м/с}^2$$

$y_0=13,304$ м – відстань розглядуваної точки від діаметральної площини

$$a_z = \sqrt{a_{cz}^2 + a_{\kappa z}^2 + 0,4 \cdot a_{\theta z}^2} = \sqrt{1,53^2 + 0,212^2 + 0,4 \cdot 0,375^2} = 1,56 \text{ м/с}^2,$$

$$k_B = \sin^2 \alpha \cdot \operatorname{tg}^2 \left(45^\circ - \frac{\varphi_{B,T}}{2} \right) + \cos^2 \alpha = \sin^2 90^\circ \cdot \operatorname{tg}^2 \left(45^\circ - \frac{30^\circ}{2} \right) + \cos^2 90^\circ = 0,333$$

$$\alpha = 90^\circ; \quad \varphi_{B,T} = 30^\circ$$

Розрахунковий тиск від навалочного вантажу:

$$P_{\theta} = \rho_B \cdot g \cdot k_B \left(1 + \frac{a_z}{g} \right) z_i = 0,937 \cdot 9,81 \cdot 0,333 \cdot \left(1 + \frac{1,56}{9,81} \right) \cdot 2,6 = 134,51 \text{ кПа.}$$

де $z_i=2,6$ м – відстань виміряна в діаметральній площині, від ВП до точки з'єднання нахиленого листа бортової цистерни з шпангоутом.

Приймаю розрахунковий тиск від вантажу на борт в т. № 2 $P=134,51$ кПа
Знайдемо розрахунковий тиск від вантажу на борт в т. №3

$$\theta = \frac{0,6}{1 + 0,5L \cdot 10^{-2}} = \frac{0,6}{1 + 0,5 \cdot 207,7 \cdot 10^{-2}} = 0,294 \text{ рад} - \text{розрахункові кути крену}$$

					24.ЛРБ.135.4117ст.09.06	Лист.
						41
Змн.	лист	№ докум.	Подпис	Дата		

$$a_{\theta z} = \left(\frac{2\pi}{T_{\theta}} \right)^2 \cdot \theta \cdot y_0 = \left(\frac{2 \cdot 3,14}{16,78} \right)^2 \cdot 0,294 \cdot 9,24 = 0,45 \text{ м/с}^2$$

$y_0=13,304$ м – відстань розглядуваної точки від діаметральної площини

$$a_z = \sqrt{a_{cz}^2 + a_{\kappa z}^2 + 0,4 \cdot a_{\theta z}^2} = \sqrt{1,53^2 + 0,212^2 + 0,4 \cdot 0,375^2} = 1,56 \text{ м/с}^2,$$

$$k_B = \sin^2 \alpha \cdot \operatorname{tg}^2 \left(45^\circ - \frac{\varphi_{B.T}}{2} \right) + \cos^2 \alpha = \sin^2 90^\circ \cdot \operatorname{tg}^2 \left(45^\circ - \frac{30^\circ}{2} \right) + \cos^2 90^\circ = 0,333$$

$$\alpha = 90^\circ; \quad \varphi_{B.T} = 30^\circ$$

$$P_e = \rho_B \cdot g \cdot k_B \left(1 + \frac{a_z}{g} \right) z_i = 0,937 \cdot 9,81 \cdot 0,333 \cdot \left(1 + \frac{1,56}{9,81} \right) \cdot 2,6 = 9,2 \text{ кПа},$$

де $z_i=2,6$ м – відстань виміряна в діаметральній площині, від ВП до точки з'єднання нахилоного листа підпалубної цистерни з бортом.

Приймаю розрахунковий тиск від вантажу на борт в т. №3 $P=9,2$ кПа

Знайдемо випробувальний тиск на похилу стінку підпалубної цистерни в т. №3:

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

Де $h_{П.Т}=z_i+\Delta z=2,6+1,5=1,1$ м – відстань виміряна в діаметральній площині, від точки з'єднання нахилоного листа підпалубної цистерни з бортом до верху повітряної трубки.

Висота повітряної трубки від настилу верхньої палуби $\Delta z=1,5$ м для баластних цистерн корпусу судна: $P_{\text{вип}} = 7,5 \cdot 1,1 = 8,25$ кПа.

$$\text{Тиск баласту: } P = 0,75 \rho \cdot g (z_i + \Delta z) = 0,75 \cdot 1,025 \cdot 9,81 (2,6 + 1,5) = 30,91 \text{ кПа},$$

де $z_i=2,6$ м – відстань виміряна в діаметральній площині, від ВП до точки з'єднання нахилоного листа підпалубної цистерни до борту.

Приймаю розрахунковий тиск на обшивку похилої стінки підпалубної цистерни в т. № 3 $P=30,91$ кПа

Знайдемо випробувальний тиск на похилу стінку підпалубної цистерни в т. №4:

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

Де $h_{П.Т}=z_i+\Delta z=0,2+1,5=1,7$ м – відстань виміряна в діаметральній площині, від точки з'єднання нахилоного листа підпалубної цистерни з карлінгсом до верху повітряної трубки.

Висота повітряної трубки від настилу верхньої палуби $\Delta z=1,5$ м для баластних цистерн корпусу судна. Маємо: $P_{\text{вип}} = 7,5 \cdot 1,7 = 12,75$ кПа.

$$\text{Тиск баласту: } P = 0,75 \rho \cdot g (z_i + \Delta z) = 0,75 \cdot 1,025 \cdot 9,81 (0,2 + 1,5) = 12,82 \text{ кПа},$$

					24.ЛРБ.135.4117ст.09.06	Лист.
						42
Змн.	лист	№ докум.	Подпис	Дата		

де $z_i=0,2$ м – відстань виміряна в діаметральній площині, від ВП до точки з'єднання нахилоного листа підпалубної цистерни з карлінгсом.

Приймаю розрахунковий тиск на обшивку похилої стінки підпалубної цистерни в т. № 4 $P=12,82$ кПа

Схема навантажень, що діють на корпус судна з боку вантажу– Рис. 6.3 Додатку 5

6.9. Визначення товщин листових конструкцій

6.9.1. Зовнішня обшивка днища

Мінімальна товщина зовнішньої обшивки дна та бортів:

$$S = m \cdot a \cdot \sqrt{\frac{P}{k_{\sigma} \cdot \sigma_n}} + \Delta S = 15,8 \cdot 0,9 \cdot \sqrt{(135,61/0,6 \cdot 346)} + 2,28 = 13,8 \text{ мм}$$

$$S_{\min} = (5,5 + 0,04 \cdot L) \cdot \sqrt{\eta} = (5,5 + 0,04 \cdot 207,7) \cdot \sqrt{0,68} = 11,4, \text{ мм}$$

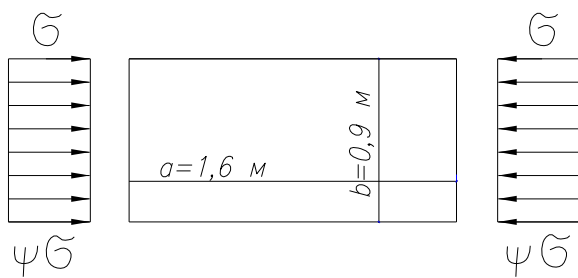
Перевіряємо на стійкість пластини днищової обшивки. Пластина є стійкою, якщо: $k \cdot \sigma_c \leq \sigma_{кр}$, де σ_c – стискальні напруження, МПа; $\sigma_{кр}$ – критичні напруження, МПа; $k=1,0$ – для днищової обшивки.

$$\sigma_{\text{дн}} = \frac{M_{\Sigma^2} \cdot Z_{\text{дн}}}{I_0} \cdot 10^{-3} = \frac{3,56 \cdot 10^6 \cdot 7,48}{161,34} \cdot 10^{-3} = 165,04 \text{ МПа,}$$

Приймаю $\sigma_{кр} = k \cdot \sigma_c + 1 = 166,04$ МПа, так як $\frac{\sigma_{кр}}{R_{eH}} = 165,04/390 = 0,423 < 0,5$

то Ейлерові напруження днищової пластини:

Ейлерові напруження днищової пластини:



$$\sigma_e = \sigma_{кр} = 166,04 \text{ МПа,}$$

$$\gamma = \frac{a}{b} = \frac{1,6}{0,9} = 1,78 \geq 1 \text{ МПа,}$$

$$n = \frac{8,4}{\psi + 1,1} = \frac{8,4}{1 + 1,1} = 4,$$

де $\psi=1$ –коефіцієнт, який враховує ступінь нерівномірності стиску кромки.

Виходячи з умови стійкості, товщина пластини днищової обшивки повинна бути не менша від визначеної за формулою

$$S = b \cdot \sqrt{\frac{\sigma_e}{0,1854 \cdot n}} + \Delta S = 0,9 \cdot \sqrt{\frac{165,9}{0,1854 \cdot 4}} + 2,4 = 15,9 \text{ мм},$$

де $\Delta S = 2,40$ – запас на знос та корозію, мм.

Приймаю товщину днищової пластини: $S_{\partial n} = 18$ мм

Товщина горизонтального кіля: $S_{ГК} = S_{\partial n} + 2 = 18 + 2 = 20$ мм

6.9.2. Настил верхньої палуби

Перевіряємо на стійкість пластини верхньої палуби. Пластина є стійкою, якщо

$$k \cdot \sigma_c \leq \sigma_{кр},$$

де σ_c – стискальні напруження, МПа; $\sigma_{кр}$ – критичні напруження, МПа; $k=1$ – для ВП:

$$\sigma_{ВП} = \frac{M_{\Sigma 1} \cdot (D - Z_{\partial n})}{I_0} \cdot 10^{-3} = \frac{4339056 \cdot (18,85 - 8,02)}{202,83} \cdot 10^{-3} = 231,7 \text{ МПа}$$

Приймаю $\sigma_{кр} = k \cdot \sigma_c + 1 = 1 \cdot 231,7 + 1 = 232,7$, МПа, так як $\frac{\sigma_{кр}}{R_{eH}} = \frac{232,7}{390} = 0,60 > 0,5$,

то Ейлерові напруження пластини ВП: $\sigma_e = \frac{0,25 \cdot R_{eH}^2}{R_{eH} - \sigma_{кр}} = \frac{0,25 \cdot 390^2}{390 - 232,7} = 241,7$ МПа,

$$S = b \cdot \sqrt{\frac{\sigma_e}{0,1854 \cdot n}} + \Delta S = 0,9 \cdot \sqrt{\frac{241,6}{0,1854 \cdot 4}} + 1,80 = 18,04$$

де $\Delta S = 1,80$ – запас на знос та корозію, мм.

$$S_{\min} = (7 + 0,02 \cdot L) \cdot \sqrt{\eta} = (7 + 0,02 \cdot 218,3) \cdot \sqrt{0,68} = 9,37$$

Приймаю товщину палубної пластини, з урахуванням віддалення верхньої палуби від нейтральної вісі: $S_{\partial n} = 25$ мм при $S_{\min} = 9,37$ мм.

6.9.3 Проектування зовнішньої обшивки корпусу

Мінімальна товщина листів обшивки бортової скулової цистерни:

$$S_{\min} = (7 + 0,035 \cdot L) \cdot \sqrt{\eta} = (7 + 0,035 \cdot 218,3) \cdot \sqrt{0,68} = 12,07, \text{ мм}$$

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

де $m = 22,4$ – коефіцієнт згинального моменту;

$k_y = 1$ – коефіцієнт допустимих напружень;

$a = 0,9$ м – відстань (шпація) між балками, які розглядаються;

					24.ЛРБ.135.4117ст.09.06	Лист.
						44
Змн.	лист	№ докум.	Подпис	Дата		

$P=137,9$ кПа – розрахунковий тиск на обшивку (настил);

$$\sigma_n = \frac{235}{\eta} = \frac{235}{0,68} = 345,6 \text{ МПа} \text{ – границя плинності за нормальними напруженнями}$$

$\Delta S=2,28$ мм – запас на знос та корозію.

$$S = m \cdot a \cdot \sqrt{\frac{P}{k_\sigma \cdot \sigma_n}} + \Delta S = 22,4 \cdot 0,9 \cdot \sqrt{\frac{137,9}{1 \cdot 345,6}} + 2,28 = 15,0 \text{ мм.}$$

Приймаю товщину надскулового пояса $S = 18$ мм

Товщина зовнішньої обшивки борту на рівні ВВЛ :

$m=22,4$ – коефіцієнт згинального моменту

$k_y=0,4$ – коефіцієнт допустимих напружень

$a=0,9$ м – відстань (шпація) між балками, які розглядаються;

$P = P_{w \text{ ВВЛ}}=30,2$ кПа – розрахунковий тиск на обшивку (настил),

$$\sigma_n = \frac{235}{\eta} = \frac{235}{0,68} = 345,6 \text{ МПа} \text{ – границя плинності за нормальними напруженнями;}$$

$\Delta S=2,28$ мм – запас на знос та корозію.

$$S = m \cdot a \cdot \sqrt{\frac{P}{k_\sigma \cdot \sigma_n}} + \Delta S = 22,4 \cdot 0,9 \cdot \sqrt{\frac{30,2}{0,4 \cdot 345,6}} + 2,28 = 11,7 \text{ мм}$$

Мінімальна товщина ЗО борту між скуловими та підпалубними цистернами:

$$S_{\min} = \sqrt{L} = \sqrt{218,3} = 14,77 \text{ , мм}$$

Приймаю товщину зовнішньої обшивки на рівні ВВЛ $S = 20$ мм

6.9.4 Товщина ширстречного поясу та верхньої палуби:

$m=15,8$ – коефіцієнт згинального моменту

$k_y=0,9$ – коефіцієнт допустимих напружень

$a=0,9$ м – відстань (шпація) між балками, які розглядаються;

$P = P_w=16,88$ кПа – розрахунковий тиск на обшивку (настил),

$$\sigma_n = \frac{235}{\eta} = \frac{235}{0,68} = 345,6 \text{ МПа} \text{ – границя плинності за нормальними напруженнями;}$$

$\Delta S=1,8$ мм – запас на знос та корозію.

$$S = m \cdot a \cdot \sqrt{\frac{P}{k_\sigma \cdot \sigma_n}} + \Delta S = 15,8 \cdot 0,9 \cdot \sqrt{\frac{16,88}{0,9 \cdot 345,6}} + 1,8 = 5,11 \text{ мм}$$

Мінімальна товщина ширстречного поясу та верхньої палуби:

$$S_{\min} = 0,04 \cdot L + 5 = 0,04 \cdot 218,3 + 5 = 13,73 \text{ мм}$$

					24.ДРБ.135.4117ст.09.06	Лист.
						45
Змн.	лист	№ докум.	Подпис	Дата		

Приймаю товщину ширстречного пояса та верхньої палуби $S = 25$ мм

6.9.5 Проектування обшивки похилої стінки підпалубної цистерни

Товщина обшивки нахиленої стінки бортової підпалубної цистерни:

$k_y = 0,8$ – коефіцієнт допустимих напружень;

$P = 34,7$ кПа – розрахунковий тиск на похилий лист підпалубної цистерни посередині прольоту;

$$\sigma_n = \frac{235}{\eta} = \frac{235}{0,68} = 345,6 \text{ МПа} \text{ – границя плинності за нормальними}$$

напруженнями;

$\Delta S = 1,8$ мм – запас на знос та корозію.

$$S = m \cdot a \cdot \sqrt{\frac{P}{k_\sigma \cdot \sigma_n}} + \Delta S = 15,8 \cdot 0,9 \cdot \sqrt{\frac{34,7}{0,9 \cdot 345,6}} + 1,8 = 6,5 \text{ мм}$$

Мінімальна товщина похилої стінки підпалубної цистерни:

$$S_{\min} = 10 + 0,025 \cdot L = 10 + 0,025 \cdot 218,3 = 15,46 \text{ мм}$$

Приймаю товщину обшивки нахиленої стінки бортової підпалубної цистерни 25 мм

6.9.6 Проектування обшивки похилої стінки бортової цистерни

Товщина обшивки нахиленої стінки бортової підпалубної цистерни:

$P = 157,5$ кПа – розрахунковий тиск на похилий лист скулової цистерни посередині прольоту;

$$\sigma_n = \frac{235}{\eta} = \frac{235}{0,68} = 345,6 \text{ МПа} \text{ – границя плинності за нормальними напруженнями;}$$

$\Delta S = 1,8$ мм – запас на знос та корозію.

$$S = m \cdot a \cdot \sqrt{\frac{P}{k_\sigma \cdot \sigma_n}} + \Delta S = 15,8 \cdot 0,9 \cdot \sqrt{\frac{157,5}{0,9 \cdot 345,6}} + 1,8 = 11,9 \text{ мм}$$

Мінімальна товщина ширстречного пояса та верхньої палуби:

$$S_{\min} = (7 + 0,035 \cdot L) \sqrt{\eta} = (7 + 0,035 \cdot 218,3) \sqrt{0,68} = 12,07 \text{ мм}$$

Приймаю товщину обшивки нахиленої стінки скулової цистерни $S = 14$ мм

6.9.7. Настил другого дна

Найбільше навантаження що діє на друге дно $P = 128,2$ кПа.

Товщина настилу другого дна за умовою міцності визначається за формулою:

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

					24.ДРБ.135.4117ст.09.06	Лист.
						46
Змн.	лист	№ докум.	Подпис	Дата		

де $m=15,8$, $k\sigma=0,8$ – коефіцієнти згинального моменту і допустимих напружень, які визначаються у відповідних розділах Правил; $a=0,9$ – відстань між балками, які розглядаються, м; P – розрахунковий тиск на обшивку (настил), кПа;

$$k = 1,2 - 0,5 \frac{a}{b} \leq 1,0 ; a=0,9, b=2,4 \text{ – менший і більший розміри боків опорного}$$

контуру листового елемента, м; σ_{Π} – нормативна границя плинності за нормальними напруженнями, МПа; $\Delta S = 3,6$ – запас на знос та корозію, мм.

$$k = 1,2 - 0,5 \frac{a}{b} = 1,2 - 0,5 \frac{0,9}{2,4} = 1,01, \text{ Приймаємо } k = 1,0.$$

$$\sigma_n = \frac{235}{\eta} = \frac{235}{0,68} = 345,6 \text{ МПа.}$$

$$S = m \cdot a \cdot k \cdot \sqrt{\frac{P}{k_{\sigma} \cdot \sigma_n}} + \Delta S = 15,8 \cdot 0,9 \cdot 1 \cdot \sqrt{\frac{271,2}{0,8 \cdot 345,6}} + 3,60 = 17,68 \text{ мм.}$$

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

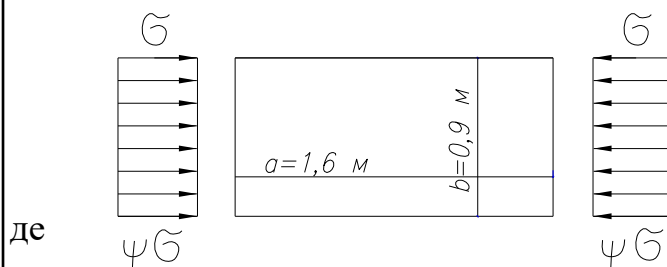
$$\sigma_{\Pi \text{дн}} = \frac{M_{\Sigma 2} \cdot Z_{\text{дн}}}{I_0} \cdot 10^{-3} = \frac{4170787 \cdot (8,02 - 1,8)}{202,83} \cdot 10^{-3} = 127,9 \text{ МПа,}$$

Приймаємо $\sigma_{кр} = k \cdot \sigma_c + 1 = 1 \cdot 127,9 + 1 = 128,9 \text{ МПа}$, так як $\frac{\sigma_{кр}}{R_{eH}} = \frac{128,9}{390} = 0,33 < 0,5$,

то Ейлерові напруження днищової пластини: $\sigma_e = \sigma_{кр} = 128,9 \text{ МПа}$,

$$\gamma = \frac{a}{b} = \frac{1,6}{0,9} = 1,78 \geq 1 \text{ МПа,}$$

$$n = \frac{8,4}{\psi + 1,1} = \frac{8,4}{1 + 1,1} = 4,$$



де

$\psi=1$ – коефіцієнт, який враховує ступінь нерівномірності стиску кромek пластин.

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

$$k \cdot \sigma_c \leq \sigma_{кр} \text{ мм,}$$

де $\Delta S = 3,60$ – запас на знос та корозію, мм.

$$S_{\min} = (5 + 0,035 \cdot L) \cdot \sqrt{\eta} = (5 + 0,035 \cdot 218,3) \cdot \sqrt{0,68} = 10,42 \text{ мм}$$

Приймаю товщину пластини другого дна: $S_{\Pi \text{дн}} = 20 \text{ мм}$ при $S_{\min} = 10,42 \text{ мм}$.

					24.ЛРБ.135.4117ст.09.06	Лист.
						47
Змн.	лист	№ докум.	Подпис	Дата		

6.10. Набір в'язей корпусу судна за Правилами Регістру

6.10.1. Днищове перекриття

Висота другого дна $h=2,0$ м.

Коридор систем розташуємо збоку, ближче до правого борту. Це пов'язано з тим, що системи відкриття/закриття люків розташовані ближче до правого борту.

Визначити товщину суцільних флорів можна за формулою:

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

де $\alpha=0,023L+5,8>6,5$; $k=k_1 \cdot k_2$; $a=0,9$ – відстань (шпація) між ребрами жорсткості, м; $\Delta S=2,4$ – запас на знос та корозію, мм; k_1 та k_2 визначаються за таблицями [6].

Маємо: $\alpha = 0,023 \cdot L + 5,8 = 0,023 \cdot 218,3 + 5,8 = 10,8$

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

$$S = \alpha \cdot a \cdot k \cdot \sqrt{\eta} + \Delta S = 10,8 \cdot 0,9 \cdot 1,056 \cdot \sqrt{0,68} + 2,4 = 10,86 \text{ мм}$$

$$S_{\min} = 0,035L + 6 = 0,035 \cdot 218,3 + 6 = 13,6 \text{ мм}$$

Приймаю товщину суцільних флорів: $S_{\text{фл}}=14$ мм при $S_{\min}=13,6$ мм.

Товщина водонепроникних флорів визначається за формулою [6]:

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

де $m=15,8$, $k_y=0,85$ – коефіцієнти згинального моменту і допустимих напружень, які визначаються у відповідних розділах Правил; $a=0,9$ – відстань (шпація) між балками, які розглядаються, м; P – розрахунковий тиск на водонепроникний флор, кПа; $k = 1,2 - 0,5 \frac{a}{b} \leq 1,0$; $a=0,9$, $b=1,6$ – менший і більший розміри боків опорного контуру листового елемента, м; y_n – нормативна границя плинності за нормальними напруженнями, МПа; $\Delta S=2,4$ – запас на знос та корозію, мм.

Маємо: $k = 1,2 - 0,5 \frac{a}{b} = 1,2 - 0,5 \frac{0,9}{1,6} = 0,92$, Приймаю $k = 0,92$.

$$\sigma_n = \frac{235}{\eta} = \frac{235}{0,68} = 345,6 \text{ МПа}.$$

Розрахунковий тиск на водонепроникний флор:

$$P = \rho_B \cdot g \cdot Z_i + P_{\kappa}, \text{ кПа},$$

					24.ДРБ.135.4117ст.09.06	Лист.
						48
Змн.	лист	№ докум.	Подпис	Дата		

де $P_k=15$ кПа, $c=1,025$ т/м³ – щільність морської води; $g=9,81$ м/с² – прискорення вільного падіння; Z_i – відстань від верхньої палуби в діаметральній площині до середини висоти флора, м. при $Z_i = D - h_{вк}/2 = 18,85 - 1,8/2 = 17,95$ м.

$$P = \rho_B \cdot g \cdot Z_i + P_k = 1,025 \cdot 9,81 \cdot 17,95 + 15 = 195,49 \text{ кПа.}$$

$$S = m \cdot a \cdot k \cdot \sqrt{\frac{P}{k_\sigma \cdot \sigma_n}} + \Delta S = 15,8 \cdot 0,9 \cdot 0,92 \cdot \sqrt{\frac{195,49}{0,85 \cdot 326}} + 2,4 = 13,39 \text{ мм.}$$

Приймаю товщину водонепроникного флору: $S_{фл}=14$ мм, тобто дорівнює товщині суцільного флора $S_{фл}=14$ мм.

Товщину днищевих стрингерів приймаємо рівною товщині суцільних флорів: 14 мм.

Товщину вертикального кіля можна визначити за формулою:

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

де $b_k=0,03L+8,3 < 11,2$; $k=k_1 k_2$; $h_\phi=1,8$ м – фактична висота вертикального кіля; $h=1,79$ м – розрахована висота вертикального кіля; $\Delta S=2,4$ мм – запас на знос та корозію. Маємо: $\alpha_k = 0,03 \cdot L + 8,3 = 0,03 \cdot 218,3 + 8,3 = 14,85$

$$b_k=0,03L+8,3 < 11,2$$

$$\text{Приймаємо } \alpha_k = 11,2$$

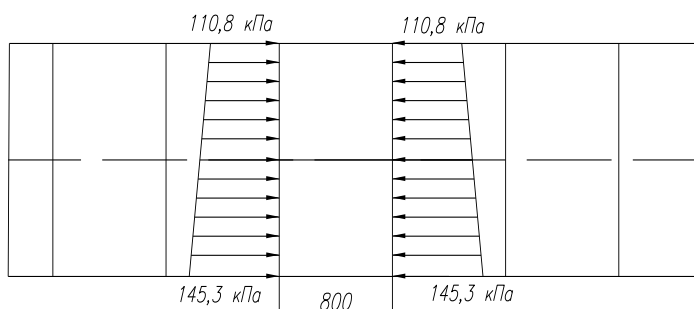
$$S = \alpha_k \cdot h \cdot \frac{h}{h_\phi} \cdot \sqrt{\eta} + \Delta S = 11,2 \cdot 1,79 \cdot \frac{1,79}{1,8} \cdot \sqrt{0,68} + 2,4 = 18,84 \text{ мм}$$

Приймаємо товщину вертикального кіля: $S_{вк}=19$ мм.

Перевіряємо на стійкість вертикальний кіль.

$$P = 0,75 \cdot \rho_B \cdot g \cdot (Z_i + \Delta Z) = 0,75 \cdot 1,025 \cdot 9,81 \cdot (17,95 + 1,5) = 124,06$$

Схема вертикального кіля



Вертикальний кіль є стійким, якщо: $k \cdot \sigma_c \leq \sigma_{кр}$,

де σ_c – стискальні напруження, МПа; $\sigma_{кр}$ – критичні напруження, МПа; $k=1,0$ – для днища.

					24.ЛРБ.135.4117ст.09.06	Лист.
						50
Змн.	лист	№ докум.	Подпис	Дата		

для днища:
$$\sigma_{\text{дн}} = \frac{M_{\Sigma^2} \cdot Z_{\text{дн}}}{I_0} \cdot 10^{-3} = \frac{4170787 \cdot 8,02}{202,83} \cdot 10^{-3} = 164,9 \text{ МПа},$$

– для обшивки другого дна:

$$\sigma_{\text{пдн}} = \frac{M_{\Sigma^2} \cdot Z_{\text{дн}}}{I_0} \cdot 10^{-3} = \frac{4170787 \cdot (8,02 - 1,8)}{202,83} \cdot 10^{-3} = 127,9 \text{ МПа},$$

$$\gamma = \frac{a}{b} = \frac{800}{1800} = 0,44 < 1, \quad \psi = \frac{\sigma_{c2}}{\sigma_{c1}} = \frac{127,9}{164,9} = 0,78 \text{ – коефіцієнт нерівномірності}$$

стискування кромки пластини.

$$n = \varepsilon \left(\gamma + \frac{1}{\gamma} \right)^2 \frac{2,1}{\psi + 1,1} = 1,30 \left(0,44 + \frac{1}{0,44} \right)^2 \frac{2,1}{0,78 + 1,1} = 10,69$$

$$S' = S - \Delta S = 19 - 2,4 = 16,6 \text{ мм.}$$

Ейлерові напруження визначимо за формулою:

$$\sigma_e = 0,1854 \cdot n \cdot \left(\frac{S'}{b} \right)^2 = 0,1854 \cdot 10,8 \cdot \left(\frac{16,6}{1,8} \right)^2 = 168,6 \text{ МПа},$$

Так як $\sigma_e = 168,6 \text{ МПа} < 0,5 \cdot R_{EH} = 0,5 \cdot 390 = 195 \text{ МПа}$, тому

$$\sigma_{кр} = \sigma_e = 168,6 \text{ МПа}$$

$\sigma_{кр} = 168,6 \text{ МПа} > k \cdot \sigma_c = 164,9 \text{ МПа}$, тому робимо висновок, що вертикальний кіль буде стійким.

6.10.2 Перевірка на стійкість стрингерів.

Схема і стискаючі напруження для днищевих стрингерів ті ж самі, що і для вертикального кіля.

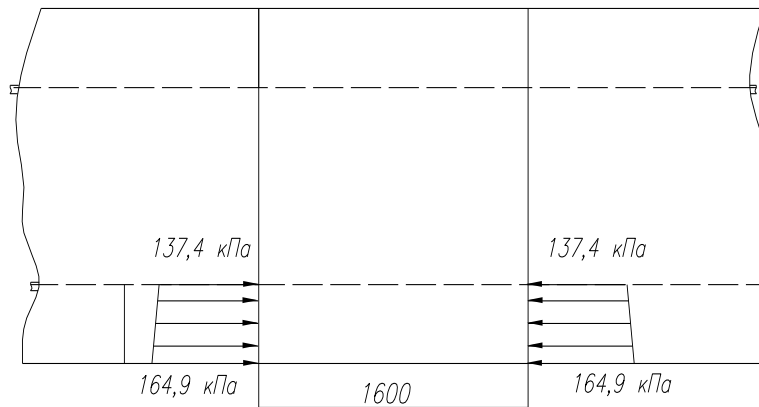
Товщина днищових стрингерів без урахування зносу та корозії:

$$S' = S - \Delta S = 14 - 2,4 = 11,6 \text{ мм.}$$

$$\sigma_{\text{дн}} = \frac{M_{\Sigma^2} \cdot Z_{\text{дн}}}{I_0} \cdot 10^{-3} = \frac{4170787 \cdot 8,02}{202,83} \cdot 10^{-3} = 164,9 \text{ МПа},$$

$$\sigma_{c2} = \frac{M_{\Sigma^2} \cdot (Z_{\text{дн}} - 1,34)}{I_0} \cdot 10^{-3} = \frac{4170787 \cdot (8,02 - 1,34)}{202,83} \cdot 10^{-3} = 164,9 = 137,4 \text{ МПа},$$

					24.ЛРБ.135.4117ст.09.06	Лист.
						51
Змн.	лист	№ докум.	Подпис	Дата		



$$\gamma = \frac{a}{b} = \frac{1600}{400} = 4 > 1, \quad \psi = \frac{\sigma_{c2}}{\sigma_{c1}} = \frac{137,4}{164,9} = 0,83 \text{ – коефіцієнт нерівномірності}$$

стискання кромки пластини. $n = \frac{8,4}{\psi + 1,1} = \frac{8,4}{0,83 + 1,1} = 4,35$

Ейлерові напруження визначимо за формулами:

$$\sigma_e = 0,1854 \cdot n \cdot \left(\frac{S'}{b} \right)^2 = 0,1854 \cdot 4,35 \cdot \left(\frac{11,6}{0,4} \right)^2 = 678,3 \text{ МПа,}$$

Так як $\sigma_e = 678,3 \text{ МПа} > 0,5 \cdot R_{EH} = 0,5 \cdot 390 = 195 \text{ МПа}$, то критичні напруження:

$$\sigma_{кр} = R_{EH} \cdot \left(1 - \frac{R_{EH}}{4 \cdot \sigma_e} \right) = 390 \cdot \left(1 - \frac{390}{4 \cdot 678,3} \right) = 333,9 \text{ МПа}$$

$\sigma_{кр} = 333,9 \text{ МПа} > k \cdot \sigma_c = 164,9 \text{ МПа}$, тому робимо висновок, що днищеві стрингери будуть стійкими.

Визначимо профіль балок основного набору, які проходять по днищу та по другому дні. Для повздовжніх балок обираємо сталь 10Г2С1Д.

Момент опору балок основного набору визначається за формулою:

$$W = W' \cdot \omega_k; \quad W' = \frac{P \cdot a \cdot l^2 \cdot 10^3}{m \cdot k_\sigma \cdot \sigma_n}, \text{ см}^3$$

де W' – момент опору балки без урахування запасу на знос та корозію, см^3 ; P – розрахунковий тиск на рівні середини вертикального кіля і стрингера, кПа; $a=0,8$ – відстань (шпация) між балками, які розглядаються, м; $l=1,6$ – прогін балки, м; $m=12$, k_σ – коефіцієнти згинального моменту і допустимих напружень, які визначаються у відповідних Правилах; ω_k – поправка на знос та корозію.

$P = P_{st} + P_w = 137,9 \text{ кПа}$ – розрахунковий тиск для поздовжніх балок днища.

$P = 271,2 \text{ кПа}$ – розрахунковий тиск для повздовжніх балок другого дна.

					24.ЛРБ.135.4117ст.09.06	Лист.
						52
Змн.	лист	№ докум.	Подпис	Дата		

$$k_{\sigma} = 0,45 \cdot k_b \geq 0,45; k_b = \frac{W_b^{\phi}}{W_{mp}} = \frac{16,65}{15,67} = 1,063;$$

$$k_{\sigma} = 0,45 \cdot k_b = 0,45 \cdot 1,063 = 0,48$$

$$k_{\sigma} = 0,6 \cdot k_b \leq 0,75; k_{\sigma} = 0,6 \cdot k_b = 0,6 \cdot 1,063 = 0,65. \omega_k = 1 + h_k \cdot \Delta S;$$

$$h_k = \frac{1}{0,15} \left(0,01 + \frac{1}{W'} \right) - \text{для балок з } W > 200 \text{ см}^3.$$

$$W' = \frac{P \cdot a \cdot l^2 \cdot 10^3}{m \cdot k_{\sigma} \cdot \sigma_n} = \frac{137,9 \cdot 0,9 \cdot 1,6^2 \cdot 10^3}{12 \cdot 0,48 \cdot 326} = 169,2 \text{ см}^3; W' < 200 \text{ см}^3, \text{ тому}$$

$$h_k = 0,07 + \frac{6}{W'} = 0,07 + \frac{6}{169,2} = 0,105$$

$$\text{Поправка на знос та корозію: } \omega_k = 1 + h_k \cdot \Delta S = 1 + 0,105 \cdot 2,4 = 1,254;$$

$$W = W' \cdot \omega_k = 169,8 \cdot 1,254 = 212,9 \text{ см}^3$$

Згідно ДРСТУ 21937-76, вибираємо штабобульб несиметричний 18б, $h_{cm}=180$ мм, $S_{cm}=11$ мм; $f=25,8$ см²; $W=218$ см³, т.я. $S_{min}=0,025 \cdot L+5,5=0,025 \cdot 218,3+5,5=10,96$ мм.

$$W' = \frac{P \cdot a \cdot l^2 \cdot 10^3}{m \cdot k_{\sigma} \cdot \sigma_n} = \frac{271,2 \cdot 0,9 \cdot 1,6^2 \cdot 10^3}{12 \cdot 0,65 \cdot 326} = 245,73 \text{ см}^3$$

$$h_k = \frac{1}{0,15} \left(0,01 + \frac{1}{W'} \right) = \frac{1}{0,15} \cdot \left(0,01 + \frac{1}{245,73} \right) = 0,094$$

$$\text{Поправка на знос та корозію: } \omega_k = 1 + h_k \cdot \Delta S = 1 + 0,094 \cdot 2,4 = 1,23;$$

$$W = W' \cdot \omega_k = 245,73 \cdot 1,23 = 302,25 \text{ см}^3$$

Згідно ДРСТУ 21937-76, вибираємо штабобульб несиметричний 20а, $h_{cm}=200$ мм, $S_{cm}=11$ мм; $f=32,8$ см²; $W=343$ см³, т.я. $S_{min}=0,025 \cdot L+5,5=0,025 \cdot 218,3+5,5=10,96$ мм.

6.10.3 Бортова скулова цистерна

$P = 157,95$ кПа – розрахунковий тиск для бортової скулової цистерни. $k_{\sigma} = 0,6$;

$$W' = \frac{P \cdot a \cdot l^2 \cdot 10^3}{m \cdot k_{\sigma} \cdot \sigma_n} = \frac{157,95 \cdot 0,8 \cdot 6 \cdot 2^2 \cdot 10^3}{10 \cdot 0,6 \cdot 345,6} = 2342 \text{ см}^3; W' > 200 \text{ см}^3, \text{ тому}$$

$$h_k = \frac{1}{0,15} \left(0,01 + \frac{1}{W'} \right) = \frac{1}{0,15} \cdot \left(0,01 + \frac{1}{2342} \right) = 0,07$$

$$\text{Поправка на знос та корозію: } \omega_k = 1 + h_k \cdot \Delta S = 1 + 0,07 \cdot 2,4 = 1,168;$$

$$W = W' \cdot \omega_k = 2342 \cdot 1,168 = 2735 \text{ см}^3$$

Приймаю тавр зварний 56а $\frac{14 \times 560}{18 \times 250}$, $f=123,4$ см²; $W=3600$ см³, $f_{нояс}=100$ см²

6.10.4. Бортове перекриття

Визначимо розрахунковий тиск посередині прольоту шпангоута.

					24.ЛРБ.135.4117ст.09.06	Лист.
						53
Змн.	лист	№ докум.	Подпис	Дата		

Розрахунковий статичний тиск визначається за формулою:

$$P_{st} = \rho \cdot g \cdot Z_i = 1,025 \cdot 9,81 \cdot 2,4 = 24,13 \text{ кПа}$$

де $\rho=1,025 \text{ т/м}^3$ – щільність морської води; $g=9,81 \text{ м/с}^2$ – прискорення вільного падіння; $Z_i=2,4 \text{ м}$ – відстань точки прикладання навантаження від літньої ватерлінії,

Розрахунковий хвильовий тиск визначається за формулою:

$$P_w = P_{w0} - 1,5 \cdot C_w \cdot \frac{Z_i}{d} = 29,8 - 1,5 \cdot 10 \cdot \frac{2,4}{12,2} = 27,2 \text{ кПа} \quad \text{При } Z_i=2,4 \text{ м}$$

$$P = P_{st} + P_w = 24,13 + 27,2 = 51,33 \text{ кПа}$$

$$P_{\min} = 10z + 0,15L + 10 = 10 \cdot 2,4 + 0,15 \cdot 218,3 + 10 = 66,7 \text{ кПа}$$

Приймаю розрахунковий тиск посередині прольоту шпангоута $P = 66,7 \text{ кПа}$

Момент опору балки без урахування зносу на корозію:

$$W' = \frac{P \cdot a \cdot l^2 \cdot 10^3}{m \cdot k_\sigma \cdot \sigma_n} = \frac{66,7 \cdot 0,8 \cdot 7,25^2 \cdot 10^3}{18 \cdot 0,65 \cdot 345,6} = 694 \text{ см}^3$$

$l = 7,25 \text{ м}$ – прогін шпангоуту, $W' > 200 \text{ см}^3$, тому

$$h_k = \frac{1}{0,15} \left(0,01 + \frac{1}{W'} \right) = \frac{1}{0,15} \cdot \left(0,01 + \frac{1}{694} \right) = 0,076$$

Поправка на знос та корозію: $\omega_k = 1 + h_k \cdot \Delta S = 1 + 0,076 \cdot 1,56 = 1,118$

$$W = W' \cdot \omega_k = 694 \cdot 1,118 = 775,9 \text{ см}^3$$

Згідно ДРСТУ 9235-76, вибираємо штабобульб симетричний 30810, $h_{cm}=300 \text{ мм}$, $S_{cm}=10 \text{ мм}$; $f=51 \text{ см}^2$; $W=800 \text{ см}^3$, $f_{нояс}=50 \text{ см}^2$, мінімальна товщина стінки шпангоуту $S_{\min}=(1+0,03 \cdot L)k=(1+0,03 \cdot 200) \cdot 1,25=8,75 \text{ мм}$

6.10.5 Проектування конструкцій бортової підпалубної цистерни

Поздовжні балки ВП

Приймаю розрахунковий тиск що діє на палубу та підпалубні балки кПа

Момент опору балки без урахування зносу на корозію:

$$W' = \frac{P \cdot a \cdot l^2 \cdot 10^3}{m \cdot k_\sigma \cdot \sigma_n} = \frac{16,8 \cdot 0,9 \cdot 3,2^2 \cdot 10^3}{12 \cdot 0,45 \cdot 326} = 86,3 \text{ см}^3$$

$l = 3,2 \text{ м}$ – прогін поздовжньої балки між рамними балками цистерни, $W' < 200 \text{ см}^3$,

$$h_k = 0,07 + \frac{6}{W'} = 0,07 + \frac{6}{86,3} = 0,14$$

Поправка на знос та корозію: $\omega_k = 1 + h_k \cdot \Delta S = 1 + 0,144 \cdot 1,8 = 1,252$

$$W = W' \cdot \omega_k = 86,3 \cdot 1,252 = 108,05 \text{ см}^3$$

					24.ЛРБ.135.4117ст.09.06	Лист.
						54
Змн.	лист	№ докум.	Подпис	Дата		

Згідно ДРСТУ 21937-76, вибираємо штабобульб несиметричний 18б, $h_{cm}=180$ мм, $S_{cm}=11$ мм; $f=25,8\text{ см}^2$; $i=3130\text{ см}^4$, $W=206\text{ см}^3$, тому що мінімальна будівельна товщина конструкцій підпалубної цистерни $S_{min}=5,5+0,025\cdot L=5,5+0,025\cdot 218,3=11$ мм

Перевіримо стійкість поздовжніх балок підпалубної цистерни:

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

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

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

$$\sigma_{кр} = 342 \text{ МПа} > k \cdot \sigma_c = 1,1 \cdot 231,7 = 254,9 \text{ МПа},$$

6.10.6 Поздовжні балки похилого листа бортової підпалубної цистерни

Приймаю розрахунковий тиск що діє на похилу стінку підпалубної цистерни посередині прогину $P = 34,75$ кПа

Момент опору балки без урахування зносу на корозію:

$$W' = \frac{P \cdot a \cdot l^2 \cdot 10^3}{m \cdot k_\sigma \cdot \sigma_n} = \frac{34,75 \cdot 0,9 \cdot 3,2^2 \cdot 10^3}{12 \cdot 0,55 \cdot 326} = 148,9 \text{ см}^3$$

$l = 3,2$ м – прогін поздовжньої балки між рамними балками цистерни

$$W' < 200 \text{ см}^3, \text{ тому } h_k = 0,07 + \frac{6}{W'} = 0,07 + \frac{6}{148,9} = 0,11$$

Поправка на знос та корозію: $\omega_k = 1 + h_k \cdot \Delta S = 1 + 0,11 \cdot 1,8 = 1,2$

$$W = W' \cdot \omega_k = 148,9 \cdot 1,2 = 178,7 \text{ см}^3$$

Згідно ЛРСТУ 21937-76, вибираємо штабобульб несиметричний профілю 20б, $h_{cm}=200$ мм, $S_{cm}=12$ мм; $f=31,4\text{ см}^2$; $i=5110\text{ см}^4$; $W=296\text{ см}^3$, тому що мінімальна товщина конструкцій підпалубної цистерни $S_{min}=5,5+0,025\cdot L=5,5+0,025\cdot 218,3=11$ мм

Перевіримо стійкість поздовжніх балок підпалубної цистерни:

$$\sigma_e = \frac{206i}{fl^2} = \frac{206 \cdot 5110}{31,4 \cdot 3,2^2} = 3273,8 \text{ МПа}$$

Так як $\sigma_e = 3273,8 \text{ МПа} > 0,5 \cdot R_{EH} = 0,5 \cdot 355 = 177,5 \text{ МПа}$, тому

$$\sigma_{кр} = R_{EH} \left(1 - \frac{R_{EH}}{4\sigma_e} \right) = 355 \left(1 - \frac{355}{4 \cdot 3273,8} \right) = 345,4 \text{ МПа}$$

$$\sigma_{кр} = 345,4 \text{ МПа} > k \cdot \sigma_c = 1,1 \cdot 231,7 = 255 \text{ МПа},$$

6.10.7 Поздовжні балки борту

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

					24.ЛРБ.135.4117ст.09.06	Лист.
						55
Змн.	лист	№ докум.	Підпис	Дата		

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

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

Момент опору балки без урахування зносу на корозію:

$$W' = \frac{P \cdot a \cdot l^2 \cdot 10^3}{m \cdot k_\sigma \cdot \sigma_n} = \frac{42,15 \cdot 0,9 \cdot 3,2^2 \cdot 10^3}{12 \cdot 0,55 \cdot 326} = 180,5 \text{ см}^3$$

$$l = 3,2 \text{ м} - \text{прогін поздовжньої балки між між рамними балками цистерни}$$

$$W' < 200 \text{ см}^3, \text{ тому } h_k = 0,07 + \frac{6}{W'} = 0,07 + \frac{6}{180,5} = 0,103$$

$$\text{Поправка на знос та корозію: } \omega_k = 1 + h_k \cdot \Delta S = 1 + 0,103 \cdot 1,8 = 1,187$$

$$W = W' \cdot \omega_k = 180,5 \cdot 1,187 = 214,3 \text{ см}^3$$

Згідно ДРСТУ 21937-76, вибираємо штабобульб несиметричний профілю 186,
 $h_{cm}=180 \text{ мм}$, $S_{cm}=11 \text{ мм}$; $f=25,8 \text{ см}^2$; $i=3530 \text{ см}^4$, $W=218 \text{ см}^3$, тому що мін. товщина
 конструкцій підпалубної цистерни $S_{min}=5,5+0,025 \cdot L=5,5+0,025 \cdot 198,3=11 \text{ мм}$

Перевіримо стійкість поздовжніх балок підпалубної цистерни:

$$\sigma_e = \frac{206i}{fl^2} = \frac{206 \cdot 3530}{25,8 \cdot 3,2^2} = 2440,6 \text{ МПа}$$

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

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

$\sigma_{кр} = 342 \text{ МПа} > k \cdot \sigma_c = 1,1 \cdot 231,7 = 255 \text{ МПа}$, тому робимо висновок, що
 поздовжні балки підпалубної цистерни будуть стійкими.

6.10.8 Горизонтальні поздовжні балки перепон підпалубної цистерни

Приймаю розрахунковий тиск що діє на горизонтальні балки поздовжніх перепон
 $z=1,98 \text{ м}$ $P = 35 \text{ кПа}$ $P = 0,75 \cdot \rho \cdot g (z_i - \Delta z) = 0,75 \cdot 1,025 \cdot 9,81 \cdot (1,98 + 1,5) = 26,2 \text{ кПа}$

$$P = \rho \cdot g \cdot z_i + P_k = 1,025 \cdot 9,81 \cdot 1,98 + 15 = 35 \text{ кПа}$$

Момент опору балки без урахування зносу на корозію:

$$W' = \frac{P \cdot a \cdot l^2 \cdot 10^3}{m \cdot k_\sigma \cdot \sigma_n} = \frac{35 \cdot 0,9 \cdot 3,2^2 \cdot 10^3}{12 \cdot 0,55 \cdot 326} = 150 \text{ см}^3$$

$$l = 3,2 \text{ м} - \text{прогін поздовжньої балки між між рамними балками цистерни}$$

$$W' < 200 \text{ см}^3, \text{ тому } h_k = 0,07 + \frac{6}{W'} = 0,07 + \frac{6}{150} = 0,11$$

$$\text{Поправка на знос та корозію: } \omega_k = 1 + h_k \cdot \Delta S = 1 + 0,11 \cdot 1,8 = 1,2$$

					24.ЛРБ.135.4117ст.09.06	Лист.
						56
Змн.	лист	№ докум.	Подпис	Дата		

$$W = W' \cdot \omega_k = 150 \cdot 1,2 = 180 \text{ см}^3$$

Згідно ДРСТУ 21937-76, вибираємо штабобульб несиметричний профілю 186, $h_{cm}=180 \text{ мм}$, $S_{cm}=11 \text{ мм}$; $f=25,8 \text{ см}^2$; $i=3530 \text{ см}^4$, $W=218 \text{ см}^3$, тому що мін. товщина конструкцій підпалубної цистерни $S_{min}=5,5+0,025L=5,5+0,025 \cdot 198,3=11 \text{ мм}$

Перевіримо стійкість поздовжніх балок підпалубної цистерни:

$$\sigma_e = \frac{206i}{fl^2} = \frac{206 \cdot 3530}{25,8 \cdot 3,2^2} = 2440,6 \text{ МПа}$$

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

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

$$\sigma_{кр} = 342 \text{ МПа} > k \cdot \sigma_c = 1,1 \cdot 231,7 = 255 \text{ МПа}$$

6.10.9 Поперечні балки

Приймаю розрахунковий тиск що діє на рамні бімси $P = 16,88 \text{ кПа}$

Момент опору балки без урахування зносу на корозію:

$$W' = \frac{P \cdot a \cdot l^2 \cdot 10^3}{m \cdot k_\sigma \cdot \sigma_n} = \frac{16,88 \cdot 3,2 \cdot 4,2^2 \cdot 10^3}{10 \cdot 0,65 \cdot 326} = 439 \text{ см}^3$$

$l = 4,2 \text{ м}$ – прогін поздовжньої балки між рамними балками цистерни

$$W' > 200 \text{ см}^3, \text{ тому } h_k = \frac{1}{0,15} \left(0,01 + \frac{1}{W'} \right) = \frac{1}{0,15} \cdot \left(0,01 + \frac{1}{439} \right) = 0,082$$

Поправка на знос та корозію: $\omega_k = 1 + h_k \cdot \Delta S = 1 + 0,082 \cdot 1,8 = 1,148$

$$W = W' \cdot \omega_k = 439 \cdot 1,148 = 504 \text{ см}^3$$

Площа поперечного перерізу стінці рамного бімсу повинна бути не менша, ніж:

$$f_c = \frac{7,3Pal}{0,8\tau_n} + 0,1h_c\Delta S,$$

$\tau_n = 0,57\sigma_n = 0,57 \cdot 326 = 185,82 \text{ кПа}$ —границя плинності за дотичним напруженням;

$$f_c = \frac{7,3 \cdot 16,88 \cdot 3,2 \cdot 4,2}{0,8 \cdot 185,82} + 0,1 \cdot 50 \cdot 1,8 = 20,14 \text{ см}^2 \quad f_c 50^a = 60 \text{ см}^2$$

Приймаю тавр зварний РД.9373-80 профілю 50а $\frac{12 \times 500}{16 \times 220}$, $f=95,2 \text{ см}^2$; $W=2350 \text{ см}^3$, $f_{пояс}=50 \text{ см}^2$

					24.ЛРБ.135.4117ст.09.06	Лист.
						57
Змн.	лист	№ докум.	Подпис	Дата		

Висновки

Згідно з завдання, отриманого на дипломну роботу, спроектований балкер для перевезення навалювальних вантажів.

У дипломній роботі були визначені головні розміри судна в двох наближеннях і параметри головного двигуна.

Побудовано теоретичний креслення і 3-D модель судна; виконані розрахунки об'ємів і центрів тяжіння приміщень; судно удифферентовано у повному вантажі.

Виконано розрахунки по теорії корабля: елементи плавучості і початкової остійності; розрахована діаграма статичної остійності, критерій погоди; перевірені вимоги правил Регістру до діаграми статичної остійності судна;

Відповідно до «Правил класифікації та побудови суден» Регістру судноплавства України, спроектований конструктивний мідель-шпангоут судна. Виконано перевірку загальної міцності судна.

Список використаної літератури

1. Кротов О.І. «Проектування суден» Методичні вказівки до виконання КП, Миколаїв 1989.
2. Бондаренко О. В., Кротов О. І., Сорокін В. І. Теорія проектування суден: Курс лекцій: – Миколаїв: УДМТУ, 2004. – 63 с.
3. Кротов О.І., Ільїн С.Ф., Клева Я.А. Курсове і дипломне проектування транспортних суден: Ч.1. Методика і загальні вимоги. Методичні вказівки. – Миколаїв: НУК, 2009. – 52 с.
4. Правила класифікації та побудови морських суден. Регістр судноплавства України. Т. 1-2. – Київ, 2002.

					24. ДРБ.135. 4117 ст. 09. ПЗ.			
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата	Додатки	Лит.	Лист	Листів
							60	
Студент		Мамонтов С.О.				НУК ім. адм. Макарова		
Консультант		Пашенко Ю.М.						
Керівник		Пашенко Ю.М.						
Зав.каф.		Нєкрасов В.О.						

Додаток 1
Визначення основних елементів і характеристик судна-проекту.

Таблиця 1.1. Розрахункові формули для вимірювачів мас розділів навантаження прототипу;

Вимірювач маси корпусу	$a_k = \frac{\overline{P_k}}{\overline{D}}$	0.0946
Вимірювач маси обладнання	$q_o = \frac{\overline{P_o}}{\overline{D}^{2/3}}$	1.0934
Вимірювач маси енергетичної установки	$q_{\text{эу}} = \frac{\overline{P_{\text{эу}}}}{\overline{N_{\text{и}}^{\text{и}}}}$	0.0801
Вимірювач маси запасу водотоннажності	$a_{\text{зв}} = \frac{\overline{P_{\text{зв}}}}{\overline{D}}$	0.001
Вимірювач маси палива	$q_{\text{тв}} = \frac{\overline{P_{\text{тв}} v_{\text{э}}}}{\overline{N_{\text{эу}}^{\text{и}} R}}$	0.000177
Вимірювач маси постачання	$a_{\text{сн}} = \frac{\overline{P_{\text{сн}}}}{\overline{D}}$	0.77

Таблиця 1.2. Розрахункові формули для адміралтейських коефіцієнтів;

Адміралтейський коефіцієнт для експлуатаційної швидкості	$C_e = \frac{\overline{D}^{2/3} \overline{v_{\text{э}}}^3}{\overline{N_{\text{эу}}^{\text{и}}}}$	657.25
Адміралтейський коефіцієнт на випробуваннях	$C_b = \frac{\overline{D}^{2/3} \overline{v_{\text{и}}}^3}{\overline{N_{\text{эу}}^{\text{и}}}}$	500.49

де $\overline{D}$ – водотоннажність прототипу; $\overline{N_{\text{эу}}^{\text{и}}}$, $\overline{N_{\text{эу}}^{\text{е}}}$ – потужність енергетичної установки на випробуваннях та експлуатаційній швидкості відповідно.

Таблиця 1.3. Маси розділів навантаження.

Маса корпусу, (т)	$P_k = a_k D$	10964.3
Маса обладнання, (т)	$P_o = q_o D^{2/3}$	2833.18
Маса енергетичної установки, (т)	$P_{\text{эу}} = q_{\text{эу}} D^{2/3} \frac{v_{\text{и}}^3}{C_{\text{и}}}$	910.33
Маса постачання, (т)	$P_{\text{сн}} = a_{\text{сн}} D$	341
Маса запасу водотоннажності, (т)	$P_{\text{зв}} = a_{\text{зв}} D$	-94
Маса палива (т)	$P_{\text{тв}} = q_{\text{тв}} D^{2/3} \frac{v_{\text{э}}^2}{C_{\text{э}}} R$	2196
Маса в фукції водотоннажності, (т)	D	73545.9

Таблиця 1.5 Розрахунок головних розмірів.

Ширина судна (м)	$B_1 = \sqrt[3]{\frac{D_1(B/T)_1}{k_{BЧ}\rho C_b(L/B)_1}}$	31,08
Довжина судна (м)	$L_1 = \left(\frac{L}{B}\right)_1 B_1$	209,77
Осадка судна (м)	$T_1 = \frac{B_1}{\left(\frac{B}{T}\right)_1}$	12,115
Висота борта (м)	$H_1 = T_1 \left(\frac{H}{T}\right)_1$	17,704

Рис1. Розрахунок буксирувальної потужності

	Speed (kn)	Froude No. LWL	Froude No. Vol.	Holtrop Resist. (kN)	Holtrop Power (kW)
1	14,300	0,160	0,372	687,6	5058,030
2	14,318	0,160	0,373	689,4	5077,888
3	14,335	0,161	0,373	691,3	5097,812
4	14,352	0,161	0,374	693,1	5117,804
5	14,370	0,161	0,374	695,0	5137,863
6	14,388	0,161	0,375	696,9	5157,990
7	14,405	0,161	0,375	698,8	5178,185
8	14,423	0,162	0,375	700,6	5198,448
9	14,440	0,162	0,376	702,5	5218,780
10	14,458	0,162	0,376	704,4	5239,180
11	14,475	0,162	0,377	706,3	5259,650
12	14,493	0,162	0,377	708,2	5280,188
13	14,510	0,163	0,378	710,1	5300,797
14	14,528	0,163	0,378	712,0	5321,475
15	14,545	0,163	0,379	714,0	5342,223
16	14,563	0,163	0,379	715,9	5363,042
17	14,580	0,163	0,380	717,8	5383,931
18	14,598	0,164	0,380	719,7	5404,892
19	14,615	0,164	0,380	721,7	5425,923
20	14,633	0,164	0,381	723,6	5447,026
21	14,650	0,164	0,381	725,6	5468,200
22	14,667	0,164	0,382	727,5	5489,447
23	14,685	0,164	0,382	729,5	5510,765
24	14,703	0,165	0,383	731,4	5532,156
25	14,720	0,165	0,383	733,4	5553,620
26	14,738	0,165	0,384	735,4	5575,157
27	14,755	0,165	0,384	737,3	5596,768
28	14,772	0,165	0,385	739,3	5618,452
29	14,790	0,166	0,385	741,3	5640,209
30	14,807	0,166	0,385	743,3	5662,041
31	14,825	0,166	0,386	745,3	5683,948
32	14,842	0,166	0,386	747,3	5705,929
33	14,860	0,166	0,387	749,3	5727,985
34	14,878	0,167	0,387	751,3	5750,117
35	14,895	0,167	0,388	753,3	5772,324
36	14,913	0,167	0,388	755,3	5794,607
37	14,930	0,167	0,389	757,4	5816,966
38	14,948	0,167	0,389	759,4	5839,401
39	14,965	0,168	0,390	761,4	5861,913
40	14,982	0,168	0,390	763,5	5884,503
41	15,000	0,168	0,390	765,5	5907,169

Таблиця 1.6

Коефіцієнт повноти об'єму корпусу судна по ВП	$C_b^П = C_b \left(\frac{T}{H} \right) + 1,05 C_w \left(1 - \left(\frac{T}{H} \right) \right)$	0.819
Вимірювач маси корпусу	$q_k = \frac{\overline{P}_k}{C_b \overline{L} \overline{B} \overline{H}}$	0.095
Вимірювач маси обладнання	$q_o = \frac{\overline{P}_o}{(\overline{L} \overline{B} \overline{H})^{2/3}}$	1.093
Коефіцієнт морського запасу	$k_{мз}$	1.2
Коефіцієнт збільшення запасів палива	$k_{вс}$	1.15
$n = 1 - q_k \frac{C_b^П H}{C_b T} \frac{1}{\rho_B k_B} - a_{сн} - a_{зв}$		0.853
$m = q_o \left(\frac{H}{T} \frac{1}{\rho_B k_B C_b} \right)^{\frac{2}{3}}$		1.745
$t = q_{эу} N_{эу}^И + q_T k_{мз} k_{вс} N_{эу}^э \frac{R}{v_э} + P_{гр}$		53063.2
D_2	Рішення рівняння (5)	65538.5
Рівняння мас у функції водотоннажності	$nD - mD^{\frac{2}{3}} - t = 0$	0.000

$N_{эу}^э$ - потужність головного двигуна, що відповідає експлуатаційній швидкості $v_э$.

Значення H/T приймається за результатами першого наближення $\left(\frac{H}{T} \right)_1 = 1,55$.

Таблиця 1.7

Маса корпусу	$P_k = q_k \frac{C_b^П H}{C_b T} \frac{1}{\rho_B k_B} D$	8983.1
Маса спорядження	$P_{сн} = a_{сн} D$	315.9

Маса запасу водотоннажності	$P_{3B} = a_{3B} D$	655.4
--------------------------------	---------------------	-------

Маса обладнання	$P_o = q_o \left(\frac{H}{T} \frac{1}{\rho_B k_B C_b} \right)^{\frac{2}{3}} D^{2/3}$	2521
Маса енергетичної установки	$P_{\text{эу}} = q_{\text{эу}} N_{\text{эу}}^{\text{и}}$	794.8
Маса палива	$P_{\text{ТВ}} = q_{\text{Т}} k_{\text{мз}} k_{\text{вс}} N_{\text{эу}}^{\text{э}} \frac{R}{v_3}$	2268.4
$P_{\text{гр}}$		50000
Маса в функції водотоннажності	$D = P_{\text{к}} + P_{\text{сн}} + P_{3B} + P_o + P_{\text{эу}} + P_{\text{ТВ}} + P_{\text{гр}}$	65538.5

Перевірка :D=65524 т $[\approx D]$

					24.ДРБ.135.4117ст.09. ПЗ.	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		64

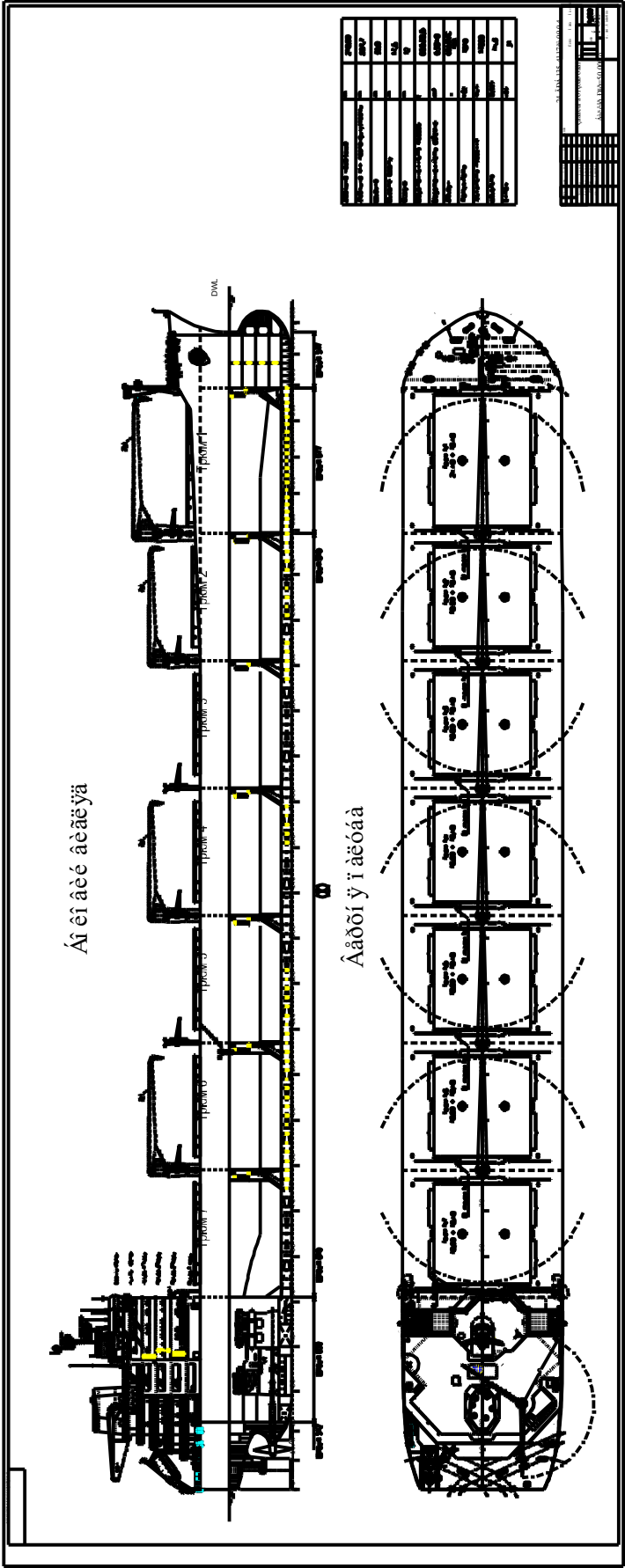


Рис. Загальне розташування

Додаток 2. Побудова теоретичного креслення та розрахунок гідростатичних кривих.

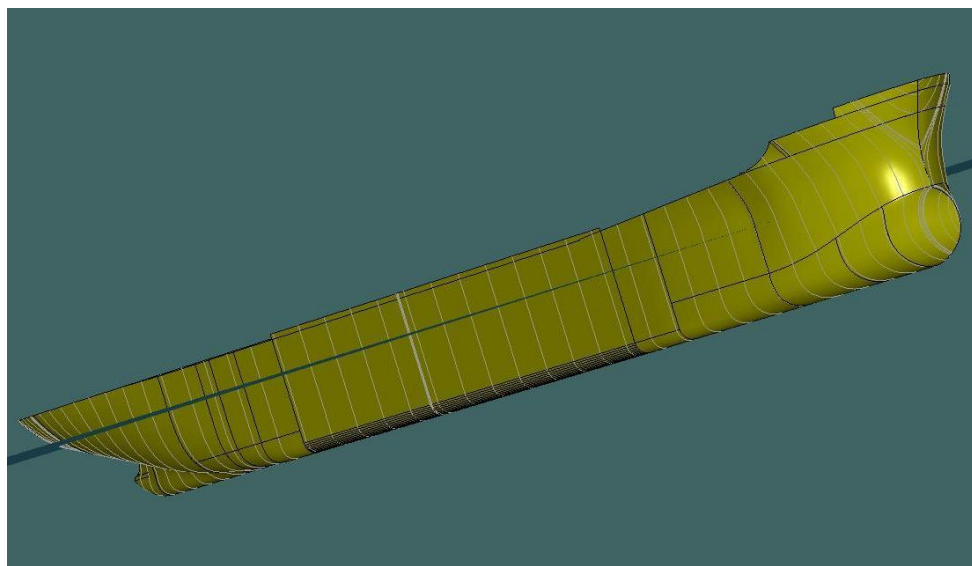


Рис.1. Тривимірна модель корпусу судна.

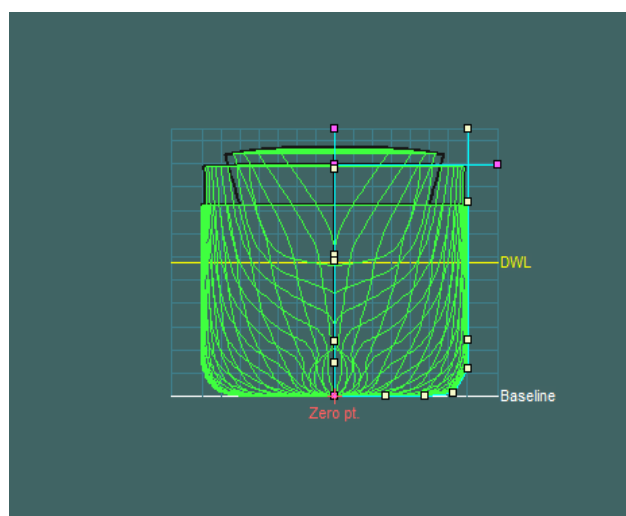


Рис. 2 - Вікно BodyPlan - проєкція «Корпус»

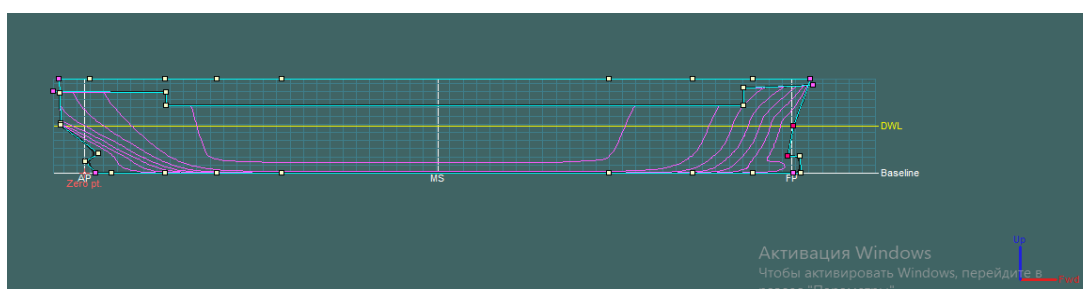


Рис. 3 - Вікно Profile – проєкція «Бік»

Гідростатичні таблиці
Hydrostatics - Балкер
Fixed Trim = 0 m (+ve by stern)
Specific gravity = 1,025; (Density = 1,025 tonne/m³)

Draft Amidships m	0,000	2,500	5,000	7,500	10,000	12,500	15,000	17,500
Displacement t	0,0299	12223	25853	40064	54862	70226	85965	102030
Heel deg	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Draft at FP m	0,000	2,500	5,000	7,500	10,000	12,500	15,000	17,500
Draft at AP m	0,000	2,500	5,000	7,500	10,000	12,500	15,000	17,500
Draft at LCF m	0,000	2,500	5,000	7,500	10,000	12,500	15,000	17,500
Trim (+ve by stern) m	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
WL Length m	6,223	208,064	209,135	208,368	213,750	215,097	215,272	215,917
Beam max extents on WL m	13,487	30,748	30,680	30,657	30,676	30,677	30,637	30,597
Wetted Area m ²	7,691	5709,569	6885,000	8054,455	9263,337	10425,865	11552,226	15198,875
Waterpl. Area m ²	7,679	5169,554	5439,013	5654,670	5892,815	6077,369	6205,580	3839,238
Prismatic coeff. (Cp)	0,880	0,768	0,797	0,822	0,822	0,836	0,851	0,863
Block coeff. (Cb)	0,050	0,744	0,785	0,815	0,816	0,830	0,847	0,861
Max Sect. area coeff. (Cm)	0,057	0,978	0,991	0,994	0,997	0,998	0,999	0,999
Waterpl. areacoeff. (Cwp)	0,091	0,808	0,848	0,885	0,899	0,921	0,941	0,581
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	-19,059	-94,714	-96,012	-97,462	-99,245	-101,093	-102,614	-103,767
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	-19,059	-96,040	-98,390	-101,919	-106,135	-108,760	-109,854	-116,854
KB m	-0,011	1,303	2,598	3,896	5,208	6,531	7,854	9,176
KG m	9,080	9,080	9,080	9,080	9,080	9,080	9,080	9,080
BMt m	10777,887	29,600	15,080	10,201	7,779	6,328	5,383	2,797
BML m	658,244	1097,185	591,526	426,289	351,784	300,034	258,858	211,988
GMt m	10768,796	21,823	8,599	5,018	3,907	3,780	4,157	2,893
GML m	649,153	1089,408	585,045	421,106	347,912	297,485	257,631	212,084
KMt m	10777,876	30,903	17,679	14,098	12,987	12,860	13,237	11,973
KML m	658,233	1098,488	594,125	430,186	356,992	306,565	266,711	221,164
Immersion (TPC) tonne/cm	0,079	52,988	55,750	57,960	60,401	62,293	63,607	39,352
MTctonne.m	0,001	641,118	728,214	812,283	918,985	1005,839	1066,312	1041,837
RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1) tonne.m	5,615	4655,402	3879,664	3508,631	3740,767	4632,249	6236,098	5151,726

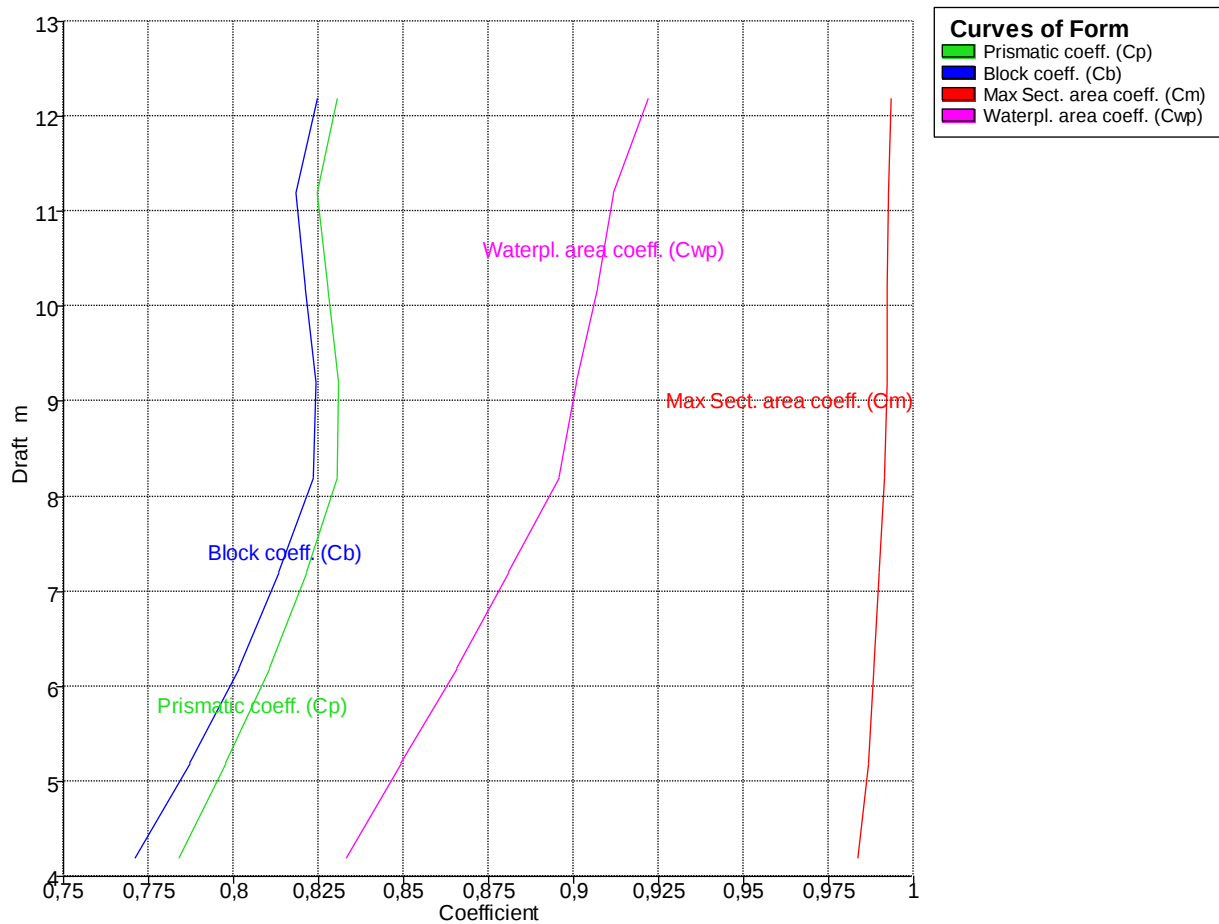
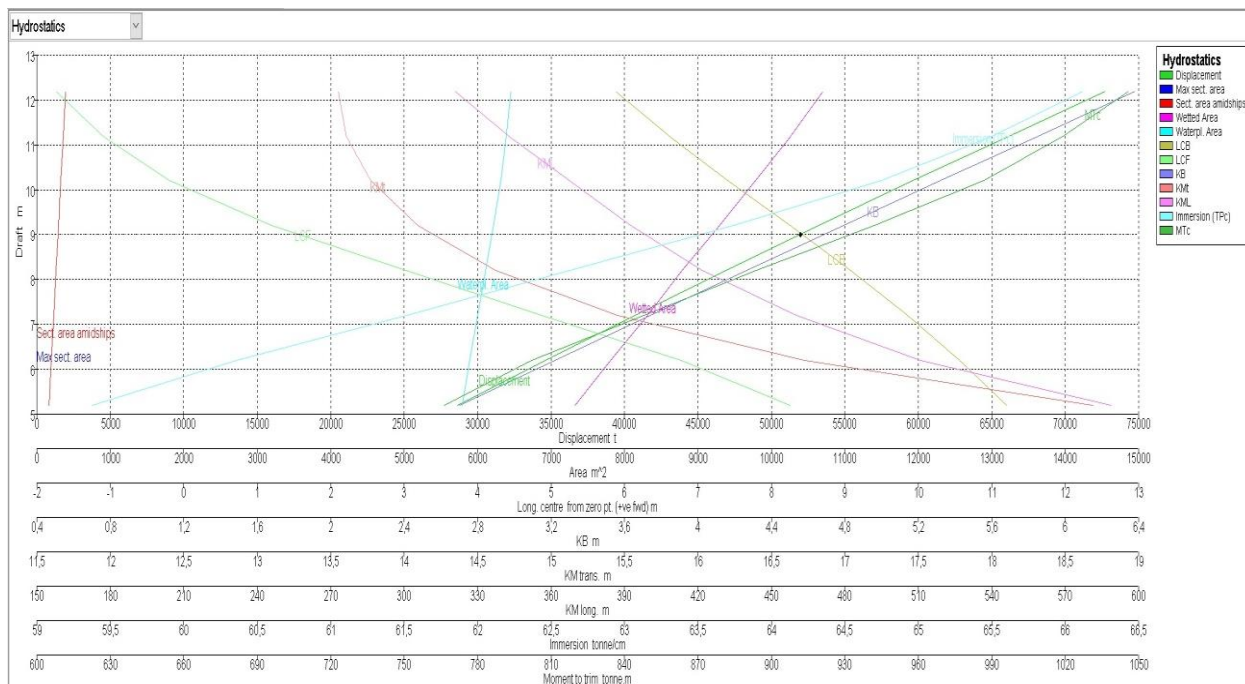


Рис. Графіки гідростатичних кривих

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

24. ДРБ. 135. 4117ст. 09. ПЗ. 02

Лист

69

Додаток 3.

Таблиця 3.1. Розбивка судна за шпаціями.

Шпація	Відсік	Довжина
0 - 23	Ахтерпік	$L_{axt}=23 \times 0,542=12,462$
23 - 51	МВ	$L_{mo}=28 \times 0,83=23,226$ м
51 - 79	Трюм №7	$L_{Tp7}=28 \times 0,845=23,660$
79 - 107	Трюм №6	$L_{Tp6}=28 \times 0,845=23,660$
107 - 135	Трюм №5	$L_{Tp5}=28 \times 0,845=23,660$
135 - 163	Трюм №4	$L_{Tp4}=28 \times 0,845=23,660$
163 - 191	Трюм №3	$L_{Tp3}=28 \times 0,845=23,660$
191 - 219	Трюм №2	$L_{Tp2}=28 \times 0,845=23,660$
219 - 259	Трюм №1	$L_{Tp1}=40 \times 0,845=27,072$
259 - 277	Форпік	$L_{for}=18 \times 0,577=10,385$
Сума		210,107 м

$L_{\text{відсіків}}=L_{\text{судна}}=210,107$ м

Таблиця 3.2

№ п/п	Назва приміщення	Теоретичний об'єм, м ³	Перехідний коефіцієнт k	Об'єм під груз, м ³	Плечі, м	
					x	z
1	Трюм №7	8080.873	86%	6949.551	-25.61	8.665
2	Трюм №6	9552.832	90%	8597.548	-49.29	8.975
3	Трюм №5	9549.301	90%	8594.370	-72.95	8.972
4	Трюм №4	9549.301	70%	6684.511	-96.61	7.423
5	Трюм №3	9549.705	72%	6875.788	-120.3	7.578
6	Трюм №2	9552.108	65%	6208.869	-144	7.037
7	Трюм №1	9413.509	65%	6118.780	-167.5	7.167
Σ		65247.628		50029.42		
1	Lightship	12954.300	100%	12954.30	19.22	0.5
2	Спорядження	315.900	100%	315.90	35.96	0.5
3	Запас палива	7336.606	31%	2274.347	62.96	0.5
Σ		20606.806		15544.55		

Таблиця 3.3 Поділ на відсіки.

	Name	Type	Intact Perm.	Damaged Perm. %	Specific gravity	Fluid type	Bou n dary	Aft m	Fore m	F.Port m	F.Stbd .	F.Top m	F.Bott. m	A.Port m	A.Stbd. m	A.Top m	A.Bott. m	Formed
1	Fore	Tank	100	100	1.025	Draft A	none	-10.835	0	-15	15	17.5	0	ДІПТО	ДІПТО	ДІПТО	ДІПТО	Yes
2	Fore	Link	100	100	1.025	Draft A	none	0	3.892	-15	15	12	0	ДІПТО	ДІПТО	ДІПТО	ДІПТО	Yes
3	Fore	Link	100	100	1.025	Draft A	none	0	3.892	-15	15	17.5	12	ДІПТО	ДІПТО	ДІПТО	ДІПТО	Yes
4	Hold 1	Tank	100	100	0.937		none	-37.457	-10.83	-7	7	17.5	2	-13.9	13.9	ДІПТО	ДІПТО	Yes
5	Hold 2	Tank	100	100	0.937		none	-61.118	-37.45	-13.9	13.9	17.5	2	ДІПТО	ДІПТО	ДІПТО	ДІПТО	Yes
6	Hold 3	Tank	100	100	0.937		none	-84.778	-61.11	-13.9	13.9	17.5	2	ДІПТО	ДІПТО	ДІПТО	ДІПТО	Yes
7	Hold 4	Tank	100	100	0.937		none	-108.43	-84.77	-13.9	13.9	17.5	2	ДІПТО	ДІПТО	ДІПТО	ДІПТО	Yes
8	Hold 5	Tank	100	100	0.937		none	-132.09	-108.4	-13.9	13.9	17.5	2	ДІПТО	ДІПТО	ДІПТО	ДІПТО	Yes
9	Hold 6	Tank	100	100	0.937		none	-155.75	-132.0	-13.9	13.9	17.5	2	ДІПТО	ДІПТО	ДІПТО	ДІПТО	Yes
10	Hold 7	Tank	100	100	0.937		none	-179.42	-155.7	-13.9	13.9	17.5	2	ДІПТО	ДІПТО	ДІПТО	ДІПТО	Yes
11	Tank En. room	Com	100	100			none	-202.64	-179.4	-13.9	13.9	17.5	2	ДІПТО	ДІПТО	ДІПТО	ДІПТО	Yes
12	After	Tank	100	100	1.025	Draft A	none	-215.10	-202.6	-16	16	17.5	9	ДІПТО	ДІПТО	ДІПТО	ДІПТО	Yes
13	Dble side Port. 1	Tank	100	100	1.025	Draft A	none	-37.457	-10.83	-16	-7	17.5	2	ДІПТО	-13.9	ДІПТО	ДІПТО	Yes
14	Dble side Port. 2	Tank	100	100	1.025	Draft A	none	-61.118	-37.45	-16	-13.9	17.5	2	ДІПТО	ДІПТО	ДІПТО	ДІПТО	Yes
15	Dble side Port. 3	Tank	100	100	1.025	Draft A	none	-84.778	-61.11	-16	-13.9	17.5	2	ДІПТО	ДІПТО	ДІПТО	ДІПТО	Yes
16	Dble side Port. 4	Tank	100	100	1.025	Draft A	none	-108.43	-84.77	-16	-13.9	17.5	2	ДІПТО	ДІПТО	ДІПТО	ДІПТО	Yes
17	Dble side Port. 5	Tank	100	100	1.025	Draft A	none	-132.09	-108.4	-16	-13.9	17.5	2	ДІПТО	ДІПТО	ДІПТО	ДІПТО	Yes
18	Dble side Port. 6	Tank	100	100	1.025	Draft A	none	-155.75	-132.0	-16	-13.9	17.5	2	ДІПТО	ДІПТО	ДІПТО	ДІПТО	Yes
19	Dble side Port. 7	Tank	100	100	1.025	Draft A	none	-179.42	-155.7	-16	-13.9	17.5	2	ДІПТО	ДІПТО	ДІПТО	ДІПТО	Yes
20	Dble side star. 1	Tank	100	100	1.025	Draft A	none	-37.457	-10.83	13.9	17.5	17.5	2	ДІПТО	ДІПТО	ДІПТО	ДІПТО	Yes
21	Dble side star. 2	Tank	100	100	1.025	Draft A	none	-61.118	-37.45	13.9	16	17.5	2	ДІПТО	ДІПТО	ДІПТО	ДІПТО	Yes
22	Dble side star. 3	Tank	100	100	1.025	Draft A	none	-84.778	-61.11	13.9	16	17.5	2	ДІПТО	ДІПТО	ДІПТО	ДІПТО	Yes
23	Dble side star. 4	Tank	100	100	1.025	Draft A	none	-108.43	-84.77	13.9	16	17.5	2	ДІПТО	ДІПТО	ДІПТО	ДІПТО	Yes
24	Dble side star. 5	Tank	100	100	1.025	Draft A	none	-132.09	-108.4	13.9	16	17.5	2	ДІПТО	ДІПТО	ДІПТО	ДІПТО	Yes
25	Dble side star. 6	Tank	100	100	1.025	Draft A	none	-155.75	-132.0	13.9	16	17.5	2	ДІПТО	ДІПТО	ДІПТО	ДІПТО	Yes
26	Dble side star. 7	Tank	100	100	1.025	Draft A	none	-179.42	-155.7	13.9	16	17.5	2	ДІПТО	ДІПТО	ДІПТО	ДІПТО	Yes
27	Dble Bottom 1	Tank	100	100	1.025	Draft A	none	-37.457	-10.83	-16	16	2	0	ДІПТО	ДІПТО	ДІПТО	ДІПТО	Yes
28	Dble Bottom 2	Tank	100	100	1.025	Draft A	none	-61.118	-37.45	-16	16	2	0	ДІПТО	ДІПТО	ДІПТО	ДІПТО	Yes
29	Dble Bottom 3	Tank	100	100	1.025	Draft A	none	-84.778	-61.11	-16	16	2	0	ДІПТО	ДІПТО	ДІПТО	ДІПТО	Yes
30	Dble Bottom 4	Tank	100	100	1.025	Draft A	none	-108.43	-84.77	-16	16	2	0	ДІПТО	ДІПТО	ДІПТО	ДІПТО	Yes
31	Dble Bottom 5	Tank	100	100	0.9443	Draft at	none	-132.09	-108.4	-16	16	2	0	ДІПТО	ДІПТО	ДІПТО	ДІПТО	Yes
32	Dble Bottom 6	Tank	100	100	0.9443	Draft at	none	-155.75	-132.0	-16	16	2	0	ДІПТО	ДІПТО	ДІПТО	ДІПТО	Yes
33	Dble Bottom 7	Tank	100	100	0.9443	Draft at	none	-179.42	-155.7	-16	16	2	0	ДІПТО	ДІПТО	ДІПТО	ДІПТО	Yes
34	Dble Bottom Eng	Tank	100	100	0.9443	Draft at	none	-202.64	-179.4	-16	16	17.5	2.5	ДІПТО	ДІПТО	ДІПТО	ДІПТО	Yes
35	Tank En. room (	Link	100	100			none	-202.64	-179.4	-16	16	17.5	2.5	ДІПТО	ДІПТО	ДІПТО	ДІПТО	Yes

Таблиця 3.4

Masaft Stability Advanced 64-bit - Loadcase 1									
File Edit View Case Analysis Display Data Window Help									
Tank Calibration Loadcase 1 Intact Trim: 0 m Heel: 0 deg to starboard									
Item Name	Quantity	Unit Mass tonne	Total Mass tonne	Unit Volume m^3	Total Volume m^3	Long. Arm m	Trans. Arm m	Vert. Arm m	
Subsubtotal fuel	31%	7336.606	2274.347	7769.359	2408.501	-188.456	0.000	6.516	
After	0%	2121.233	0.000	2069.496	0.000	-205.305	0.000	9.000	
Fore	0%	2600.121	0.000	2536.703	0.000	-8.531	0.000	0.018	
Dble side Port. 1	0%	1216.567	0.000	1186.895	0.000	-23.324	-11.281	2.000	
Dble side Port. 2	0%	514.782	0.000	502.226	0.000	-49.647	-14.588	2.000	
Dble side Port. 3	0%	525.041	0.000	512.235	0.000	-72.948	-14.599	2.000	
Dble side Port. 4	0%	525.041	0.000	512.235	0.000	-96.608	-14.599	2.000	
Dble side Port. 5	0%	525.063	0.000	512.257	0.000	-120.269	-14.599	2.000	
Dble side Port. 6	0%	519.996	0.000	507.314	0.000	-142.414	-14.527	2.000	
Dble side Port. 7	0%	385.856	0.000	376.445	0.000	-156.838	-14.030	2.000	
Dble side star. 1	0%	118.646	0.000	115.752	0.000	-34.773	14.230	2.000	
Dble side star. 2	0%	514.782	0.000	502.226	0.000	-49.647	14.588	2.000	
Dble side star. 3	0%	525.041	0.000	512.235	0.000	-72.948	14.599	2.000	
Dble side star. 4	0%	525.041	0.000	512.235	0.000	-96.608	14.599	2.000	
Dble side star. 5	0%	525.063	0.000	512.257	0.000	-120.269	14.599	2.000	
Dble side star. 6	0%	519.996	0.000	507.314	0.000	-142.414	14.527	2.000	
Dble side star. 7	0%	385.856	0.000	376.445	0.000	-156.838	14.030	2.000	
Dble Bottom 1	0%	1223.363	0.000	1193.525	0.000	-19.051	0.000	0.000	
Dble Bottom 2	0%	1426.230	0.000	1391.444	0.000	-50.054	0.000	0.018	
Dble Bottom 3	0%	1433.545	0.000	1398.581	0.000	-72.952	0.000	0.018	
Dble Bottom 4	0%	1433.545	0.000	1398.581	0.000	-96.612	0.000	0.018	
Dble Bottom 5	0%	1320.736	0.000	1398.640	0.000	-120.273	0.000	0.018	
Dble Bottom 6	0%	1275.866	0.000	1351.124	0.000	-142.826	0.000	0.018	
Dble Bottom 7	0%	774.221	0.000	819.889	0.000	-164.597	0.000	0.014	
Subsubtotal Ballas	0%	20935.633	0.000	20706.052	0.000	0.000	0.000	0.000	
total Deadweight			52619.669			-97.094	0.000	7.955	
Total Loadcase			65573.969	98110.022	55801.695	-101.156	0.000	8.584	
\Loadcase 1 \Lightship \empty LC 3 \empty LC 4 \empty LC 5 \empty LC 6 \empty LC 7 \empty LC 8 /									

Лист

24. ДРБ. 135. 4117ст. 09. ПЗ. 03

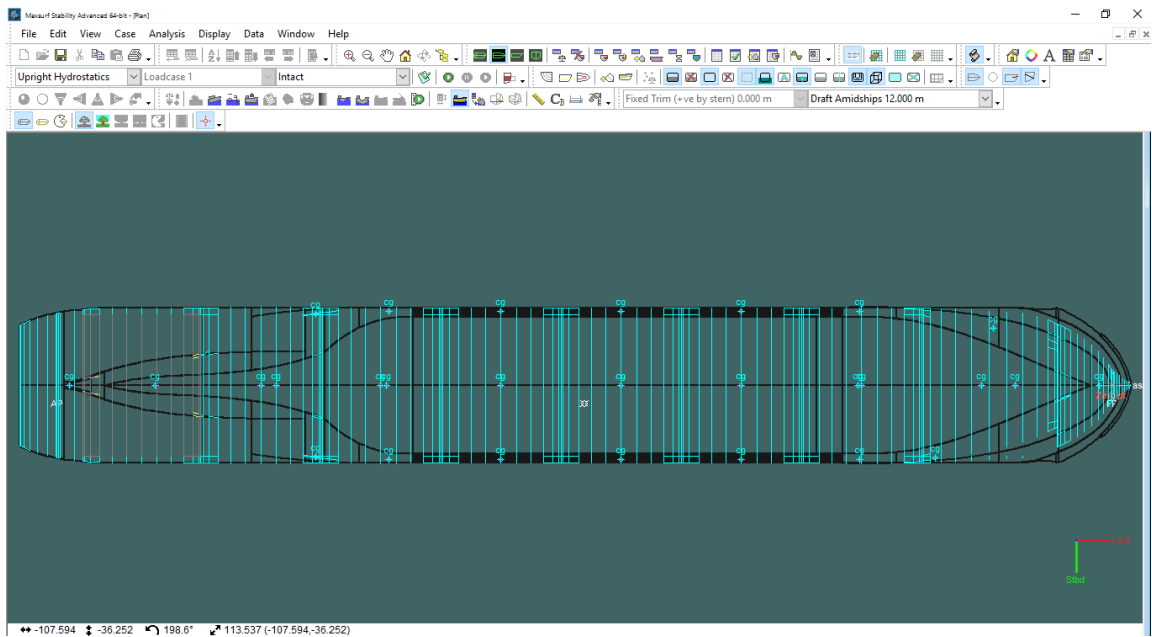
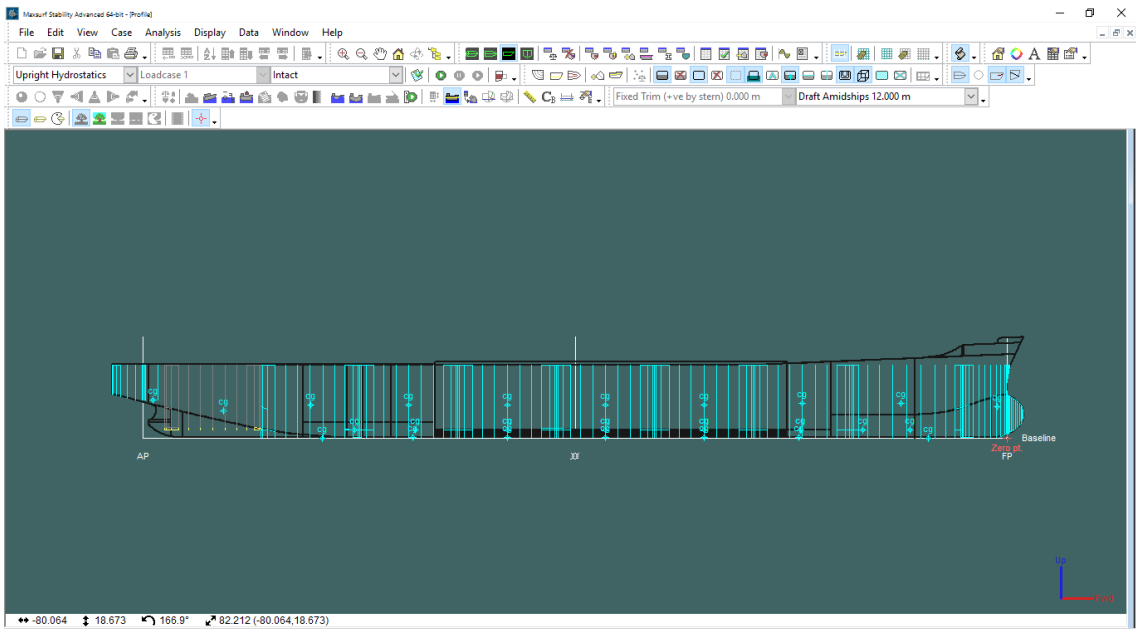
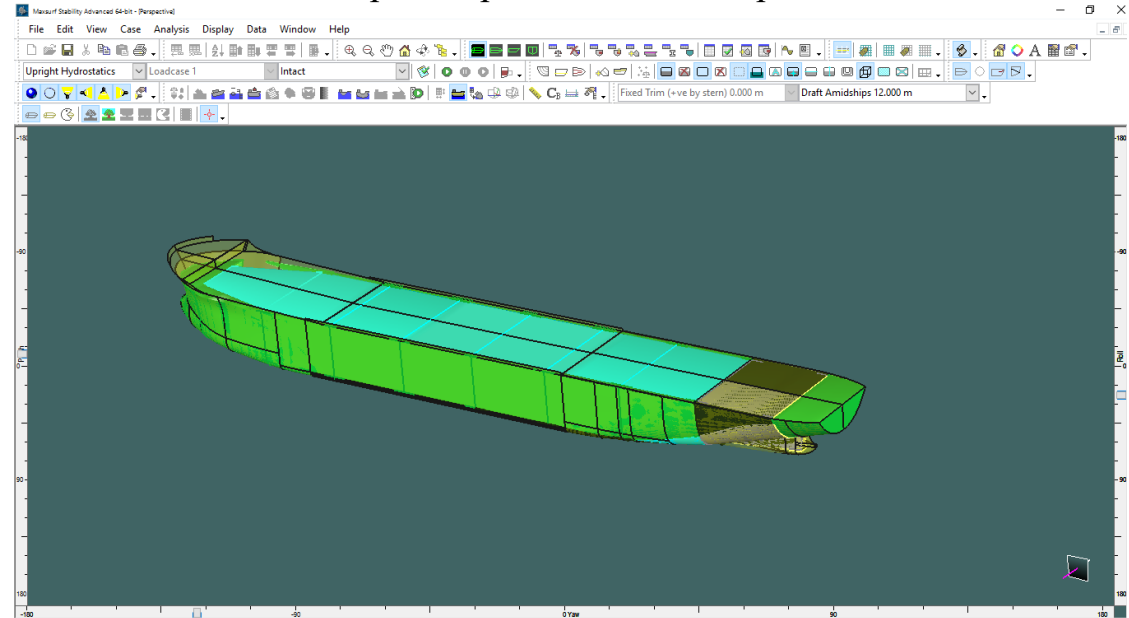
72

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата
-----	------	----------	--------	------

Таблиця 3.5 Характеристики судна по проєктну осадку

Draft Amidships m	11.999
Displacement t	65539
Heel deg	0.0
Draft at FP m	11.981
Draft at AP m	12.017
Draft at LCF m	11.750
Trim (+ve by stern) m	-0.036
WL Length m	215.105
Beam max extents on WL m	30.8
Wetted Area m ²	6043.576
Waterpl. Area m ²	0.828
Prismatic coeff. (Cp)	0.826
Block coeff. (Cb)	0.996
Max Sect. area coeff. (Cm)	0.916
Waterpl. areacoeff. (Cwp)	-101.160
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	-102.406
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	215.105
KB m	6.135
KG fluid m	9.081
BMt m	6.714
BML m	316.556
GMt corrected m	3.768
GML m	313.609
KMt m	12.848
KML m	322.690
Immersion (TPC) tonne/cm	61.947
MTc tonne.m	990.111
RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1) tonne.m	4311.369
Max deck inclination deg	0.077
Trim angle (+ve by stern) deg	-2.063

Тривимірна модель балкера



Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

24. ДРБ. 135. 4117ст. 09. ПЗ. 03

Додаток 4

	Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status	Margin %
1	A.749(18) C	3.1.2.1: Are from the gre				Pass	
2		spec. heel a	0,0	deg	0,0		
3		to the lesser					
4		spec. heel a	30,0	deg	30,0		
5		angle of van	89,6	deg			
6		shall not b	3,1513	m.deg	32,9786	Pass	+946,51
7							
8							
9	A.749(18) C	3.1.2.1: Are from the gre				Pass	
10		spec. heel a	0,0	deg	0,0		
11		to the lesser					
12		spec. heel a	40,0	deg	40,0		
13		first downfl	n/a	deg			
14		angle of van	89,6	deg			
15		shall not b	5,1566	m.deg	56,7276	Pass	+1000,10
16							
17							
18	A.749(18) C	3.1.2.1: Are from the gre				Pass	
19		spec. heel a	30,0	deg	30,0		
20		to the lesser					
21		spec. heel a	40,0	deg	40,0		
22		first downfl	n/a	deg			
23		angle of van	89,6	deg			
24		shall not b	1,7189	m.deg	23,7491	Pass	+1281,64
25							
26							
27	A.749(18) C	3.1.2.2: Max in the range				Pass	
28		spec. heel a	30,0	deg	30,0		
29		to the lesser					
30		spec. heel a	90,0	deg			
31		angle of ma	43,6	deg	43,6		
32		shall not b	0,200	m	2,537	Pass	+1168,50
33		Intermediate					
34		angle at whi		deg	43,6		
35							
36							
37	A.749(18) C	3.1.2.3: Ang shall not b	25,0	deg	43,6	Pass	+74,54
38							
39							
40	A.749(18) C	3.1.2.4: Initi				Pass	
41		spec. heel a	0,0	deg			
42		shall not b	0,150	m	3,240	Pass	+2060,00
43							
44	A.749(18) C	3.1.2.6: Tur				Pass	
45		Turn arm: a					
46		constant: a	0,9996				
47		vessel spee	0,000	kn			
48		turn radius	510,00	%			
49		h = KG - me	4,131	m			
50		cosine pow	0				
51		shall not b	10,0	deg	-2,8	Pass	+127,57

50		cosine pow	0				
51		shall not b	10,0	deg	-2,8	Pass	+127,57
52		Intermediate					
53		Heel arm am	m	0,000			
54							
55	A.749(18) C	3.2.2: Seve				Pass	
56		Wind arm: a					
57		constant: a	0,99966				
58		wind pressu	504,0	Pa			
59		area centri	18,023	m			
60		total area: A	2061,304	m²			
61		H = vert. ce	0,000	m			
62		cosine pow	0				
63		gust ratio	1,5				
64		Area2 integr					
65		roll back ang	25,0 (-27,3)	deg	-27,3		
66		Area 1 uppe					
67		spec. heel a	50,0	deg	50,0		
68		first downfl	n/a	deg			
69		angle of van	89,1	deg			
70		Angle for G					
71		angle of ma	43,6	deg	43,6		
72		Select requir	DeckEdgelm				
73		Criteria:				Pass	
74		Angle of st	16,0	deg	-2,3	Pass	+114,38
75		Angle of st	80,00	%	-9,76	Pass	+112,20
76		Area1 / Are	100,00	%	393,64	Pass	+293,64
77		Intermediate					
78		Heel arm am	m	0,026			
79		Equilibrium a	deg	-2,3			
80		Equilibrium a	deg	-2,1			
81		Deck edge i	deg	23,6			
82		Area1 (unde	m.deg	82,0681			
83		Area1 (unde	m.deg	2,0078			
84		Area1, from	m.deg	80,0603			
85		Area2 (unde	m.deg	-19,3658			
86		Area2 (unde	m.deg	0,9727			
87		Area2, from	m.deg	20,3385			
88							

Рис. Розрахунок критеріїв остійності за програмою MaxSurf

1. ԸՆԴՀԱՆՈՒՐ ԴՆՈՒՄ

Մաս 1. Մաս 2. Մաս 3. Մաս 4. Մաս 5. Մաս 6. Մաս 7. Մաս 8. Մաս 9. Մաս 10.

2. ԸՆԴՀԱՆՈՒՐ ԴՆՈՒՄ

Մաս 1. Մաս 2. Մաս 3. Մաս 4. Մաս 5. Մաս 6. Մաս 7. Մաս 8. Մաս 9. Մաս 10.

3. ԸՆԴՀԱՆՈՒՐ ԴՆՈՒՄ

Մաս 1. Մաս 2. Մաս 3. Մաս 4. Մաս 5. Մաս 6. Մաս 7. Մաս 8. Մաս 9. Մաս 10.

Рис.1 Перевірка остійності за правилами РСУ

Додаток 5. Розрахунки конструкції корпусу.

Таблиця 6.3

Шпація	Відсік	Довжина
0 - 23	Ахтерпик	$L_{\text{ахт}} = 23 \times 0,542 = 12,462$
23 - 51	МВ	$L_{\text{мо}} = 28 \times 0,83 = 23,226 \text{ м}$
51 - 79	Трюм №7	$L_{\text{тр}7} = 28 \times 0,845 = 23,660$
79 - 107	Трюм №6	$L_{\text{тр}6} = 28 \times 0,845 = 23,660$
107 - 135	Трюм №5	$L_{\text{тр}5} = 28 \times 0,845 = 23,660$
135 - 163	Трюм №4	$L_{\text{тр}4} = 28 \times 0,845 = 23,660$
163 - 191	Трюм №3	$L_{\text{тр}3} = 28 \times 0,845 = 23,660$
191 - 219	Трюм №2	$L_{\text{тр}2} = 28 \times 0,845 = 23,660$
219 - 259	Трюм №1	$L_{\text{тр}1} = 40 \times 0,845 = 27,072$
259 - 277	Форпик	$L_{\text{фор}} = 18 \times 0,577 = 10,385$
Сума		210,107 м

Таблиця 6.4

Елементи конструкції корпусу	И, 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

					24.ДРБ.135.4117ст.09.06	Лист.
Змн.	лист	№ докум.	Подпис	Дата		

Рисунок 6.1 – Схема напруг, діючих в днищі та палубі

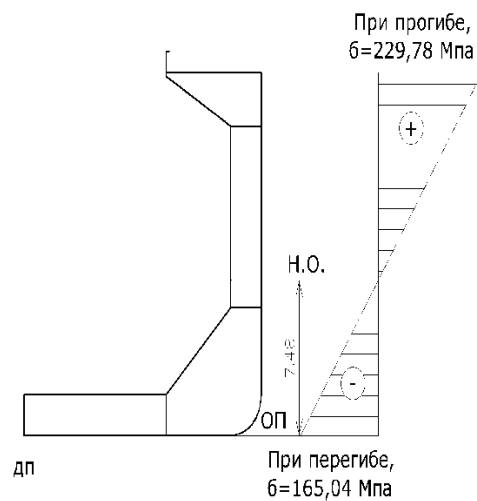


Рисунок 6.2 – Схема навантажень, діючих на корпус судна

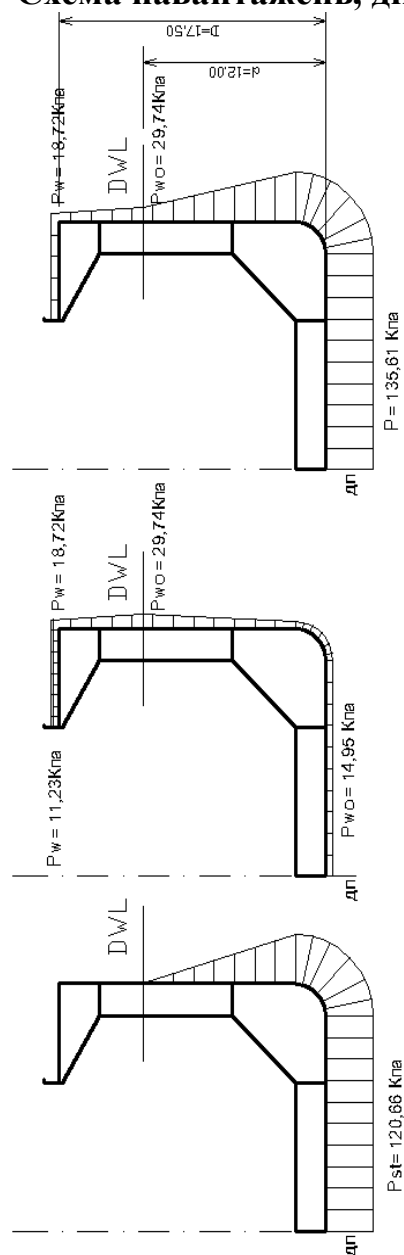
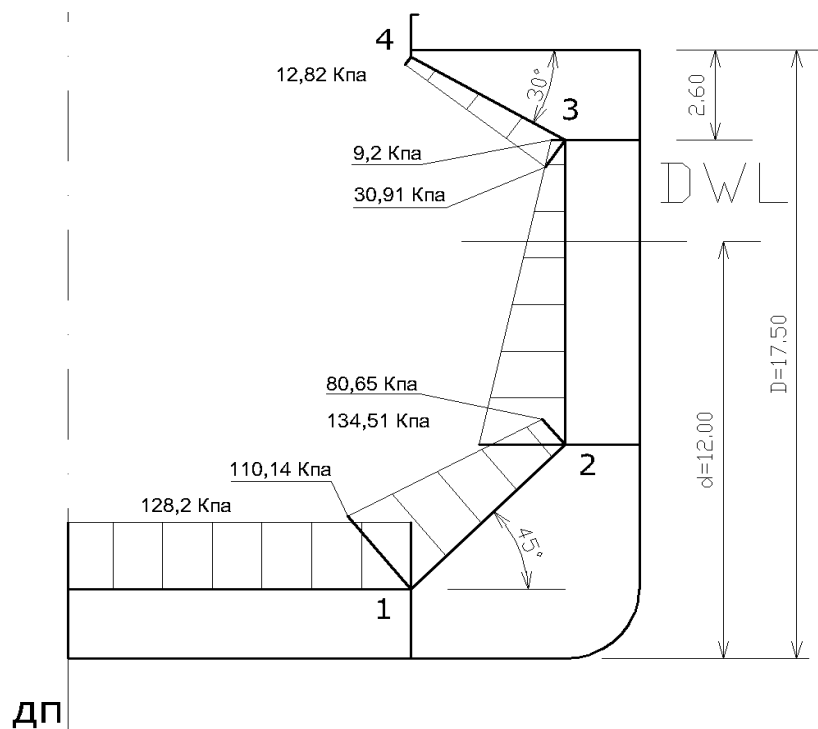
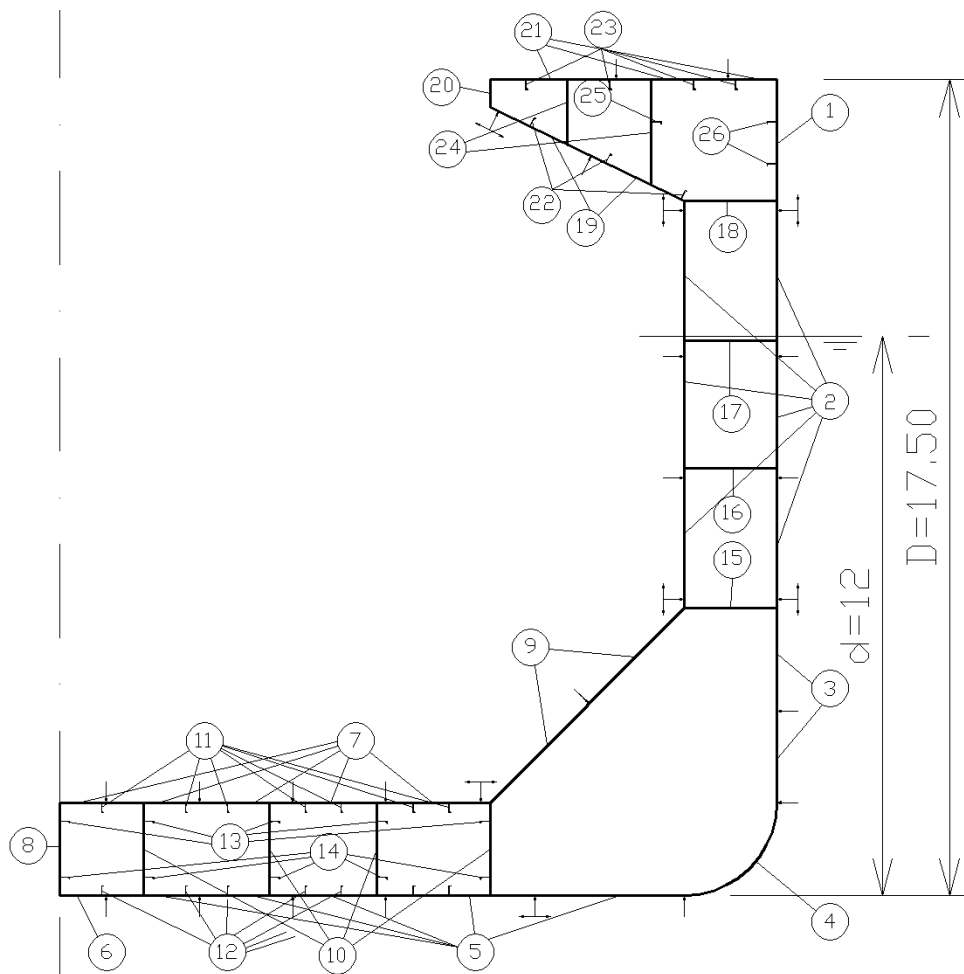


Рисунок 6.3 – Схема навантажень, що діють на корпус судна з боку вантажу



6.11 Розрахунок еквівалентного бруса і перевірка загальної поздовжньої міцності



№	Найменування в'язей		Розмір в'язей	Площа в'язи $F, \text{см}^2$	Відстань ЦТ в'язи від вісі порівняння $Z, \text{м}$	Статичний момент площі відносно вісі порівняння $Fz, \text{см}^2 \cdot \text{м}$	Переносний момент інерції $Fz^2, \text{см}^2 \cdot \text{м}^2$	Власний момент інерції $I, \text{см}^2 \cdot \text{м}^2$	Відстань ЦТ в'язи від нейтральної вісі, $e, \text{м}$
1	2		1	2	3	4	5	6	7
1	Ширстрек		2800 × 25	700	16.1	11270	181447	457	8.67
2	Пояси перемінних ватерліній		8338 × 20	1668	10.53	17560	184905	9661	3.10
3	Надскуловий пояс		4360 × 18	785	4.18	3280	13712	1243	-3.25
4	Скуловий пояс		3141 × 18	565	0.58	328	190	465	-6.85
5	Пояси наружної обшивки днища		12400 × 18	2232	0.009	20	0.181	—	-7.42
6	Горизонтальний кіль		1000 × 20	200	0.01	2	0.020	—	-7.42
7	Настил другого дна		9040 × 20	1808	1.99	3598	7160	—	-5.44
8	Вертикальний кіль		2000 × 19	380	1	85	170	57	-6.43
9	Лист нахилої стінки другого дна		6283 × 14	880	4.08	3589	14643	2894	-3.35
10	Днищевой стрингер (4 шт.)	4	2000 × 14	1120	1	1120	1120	93	-6.43
11	Ребро жорсткості другого дна (7 шт.)	7	20а	191.8	1.876	360	675	0.0	-5.56
12	Ребро жорсткості днищеве (7 шт.)	7	186	180.6	0.128	23	3	0	-7.30
13	Ребро жорсткості стрингера (5 шт.)	5	186	129	1.6	206	330	—	-5.83
14	Ребро жорсткості стрингера (5 шт.)	5	186	129	0.4	52	21	—	-7.03
15	Стрингери платформи другого борту		2000 × 14	280	6.16	1725	10625	—	-1.27
16	Стрингери платформи другого борту		2000 × 14	280	9.16	2565	23494	—	1.73
17	Стрингери платформи другого борту		2000 × 14	280	11.9	3332	39651	—	4.47

18	Стрингера платформи другого борту		2000 × 14	280	14.9	4172	62163	—	7.47
19	Нахилий лист підпалубної цистерни		4616 × 25	1154	15.9	18349	291743	—	8.47
20	Лист підпалубної цистерни		1000 × 25	250	17.2	4300	73960	21	9.77
21	Лист верхньої полуби		5100 × 25	1275	17.3	22058	381595	—	9.87
22	Балки Р.Ж. цистерни (3шт.)	3	206	94	15.8	1488	23516	—	8.37
23	Балки основного Р.Ж. палуби (4шт.)	4	206	126	17.38	2183	37939	0	9.95
24	Поздовжній лист коридору		3664 × 22	806	16.56	13349	221054	902	9.13
25	Балки підпалубної цистерни (1шт.)	1	186	26	16.6	428	7109	—	9.17
26	Балки набору щирстреку (2шт.)	2	206	63	16.15	1014	16380	—	8.72
	СУМА			15671		116455	1609397		

$$I_{н.о}=2(C-e^2.A).10^{-4}= 148,80 (м^4)$$

$$e=B/A= 116455/15671=7,43 (м)$$

$$I=148,80$$

$$W_b^{\phi}=I/e=20,024.10^6 (см^3)$$

$$W_d^{\phi}=I/(D-e)=148,80/(17.5-7.43)=14,78.10^6 (см^3)$$

$$W_{треб} = 14,38(м^3)$$

$$I_{min}= 124,6 (м^4)$$

$$W_b^{\phi}>W_{треб}$$

$$W_d^{\phi}> W_{треб}$$

$$I> I_{min}$$

Загальна поздовжня міцність судна забезпечена.

					24.ДРБ.135.4117ст.09.06	Лист.
Змн.	лист	№ докум.	Подпис	Дата		

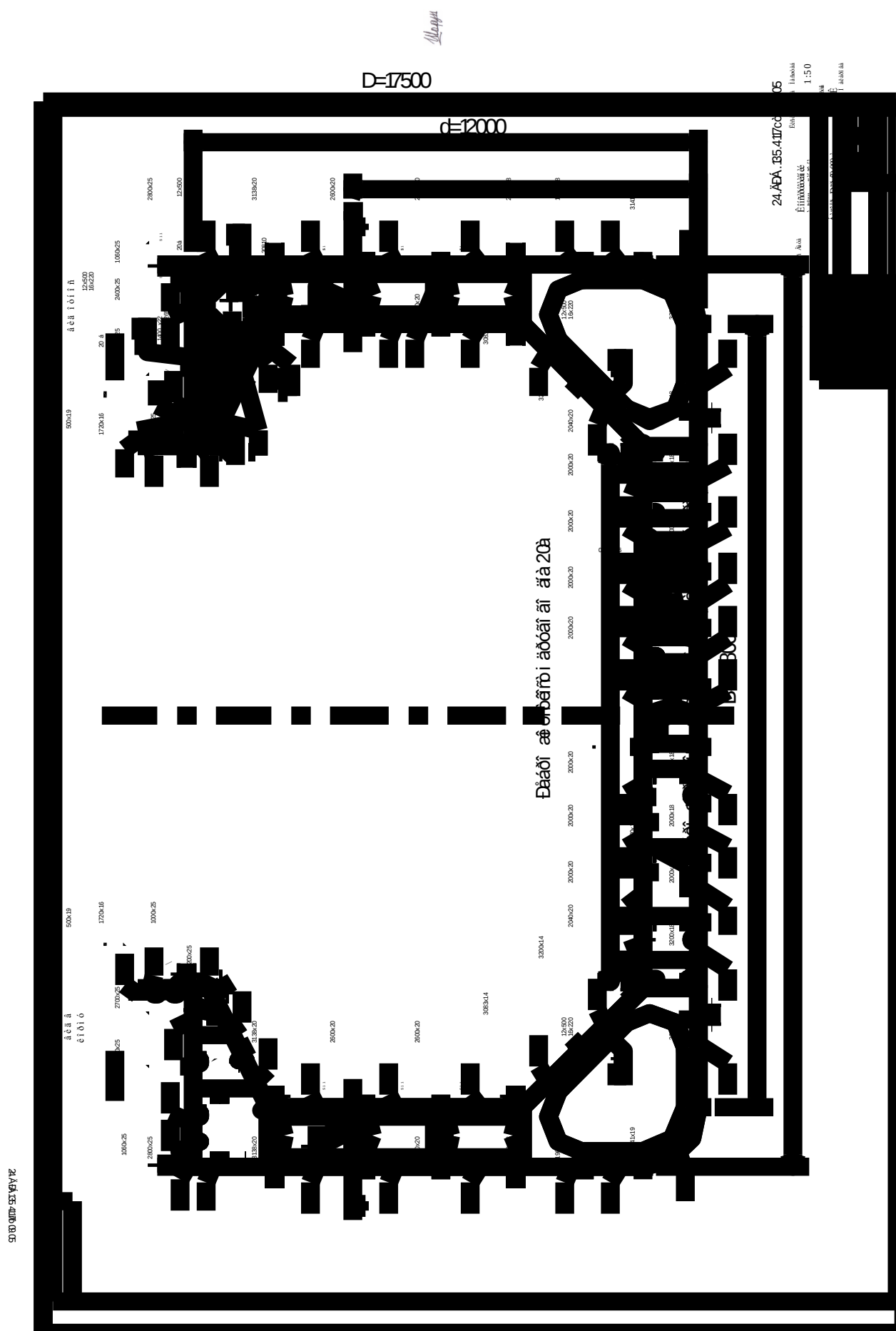


Рис. Конструктивний мідель-шпангоут

					24.ДРБ.135.4117ст.09.06	Лист.
Змн.	лист	№ докум.	Подпис	Дата		

Додаток 2. Побудова теоретичного креслення та розрахунок гідростатичних кривих.

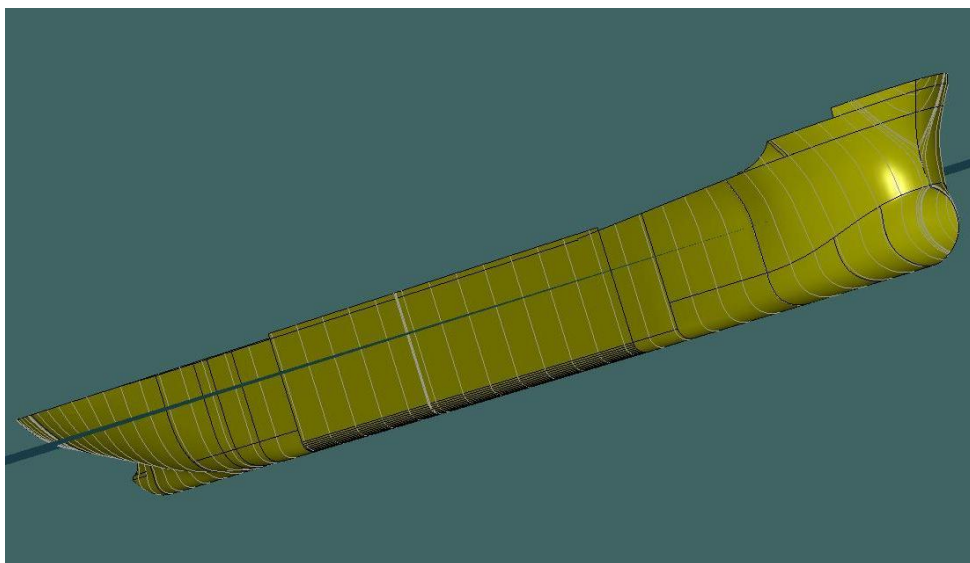


Рис.1. Тривимірна модель корпусу судна.

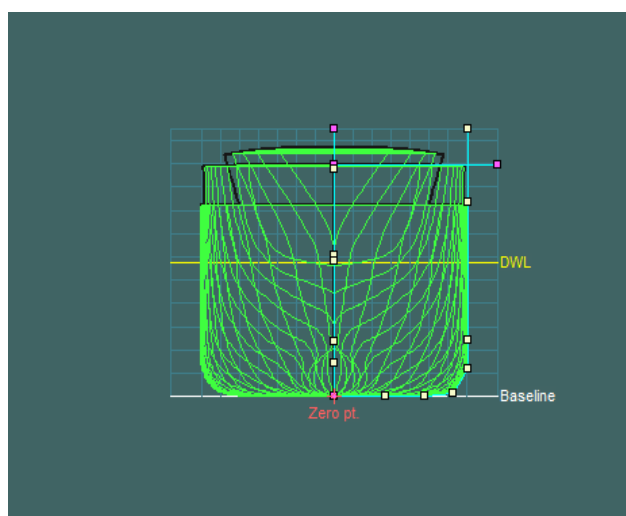


Рис. 2 - Вікно BodyPlan - проєкція «Корпус»

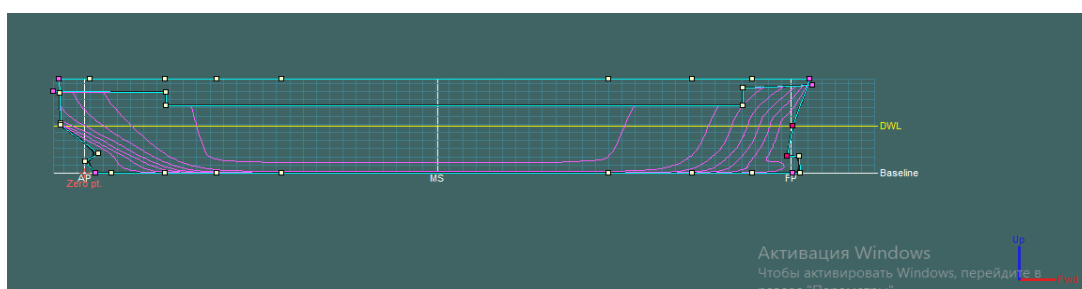


Рис. 3 - Вікно Profile – проєкція «Бік»

Гідростатичні таблиці
Hydrostatics - Балкер
Fixed Trim = 0 m (+ve by stern)
Specific gravity = 1,025; (Density = 1,025 tonne/m³)

Draft Amidships m	0,000	2,500	5,000	7,500	10,000	12,500	15,000	17,500
Displacement t	0,0299	12223	25853	40064	54862	70226	85965	102030
Heel deg	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Draft at FP m	0,000	2,500	5,000	7,500	10,000	12,500	15,000	17,500
Draft at AP m	0,000	2,500	5,000	7,500	10,000	12,500	15,000	17,500
Draft at LCF m	0,000	2,500	5,000	7,500	10,000	12,500	15,000	17,500
Trim (+ve by stern) m	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
WL Length m	6,223	208,064	209,135	208,368	213,750	215,097	215,272	215,917
Beam max extents on WL m	13,487	30,748	30,680	30,657	30,676	30,677	30,637	30,597
Wetted Area m ²	7,691	5709,569	6885,000	8054,455	9263,337	10425,865	11552,226	15198,875
Waterpl. Area m ²	7,679	5169,554	5439,013	5654,670	5892,815	6077,369	6205,580	3839,238
Prismatic coeff. (Cp)	0,880	0,768	0,797	0,822	0,822	0,836	0,851	0,863
Block coeff. (Cb)	0,050	0,744	0,785	0,815	0,816	0,830	0,847	0,861
Max Sect. area coeff. (Cm)	0,057	0,978	0,991	0,994	0,997	0,998	0,999	0,999
Waterpl. areacoeff. (Cwp)	0,091	0,808	0,848	0,885	0,899	0,921	0,941	0,581
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	-19,059	-94,714	-96,012	-97,462	-99,245	-101,093	-102,614	-103,767
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	-19,059	-96,040	-98,390	-101,919	-106,135	-108,760	-109,854	-116,854
KB m	-0,011	1,303	2,598	3,896	5,208	6,531	7,854	9,176
KG m	9,080	9,080	9,080	9,080	9,080	9,080	9,080	9,080
BMt m	10777,887	29,600	15,080	10,201	7,779	6,328	5,383	2,797
BML m	658,244	1097,185	591,526	426,289	351,784	300,034	258,858	211,988
GMt m	10768,796	21,823	8,599	5,018	3,907	3,780	4,157	2,893
GML m	649,153	1089,408	585,045	421,106	347,912	297,485	257,631	212,084
KMt m	10777,876	30,903	17,679	14,098	12,987	12,860	13,237	11,973
KML m	658,233	1098,488	594,125	430,186	356,992	306,565	266,711	221,164
Immersion (TPC) tonne/cm	0,079	52,988	55,750	57,960	60,401	62,293	63,607	39,352
MTctonne.m	0,001	641,118	728,214	812,283	918,985	1005,839	1066,312	1041,837
RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1) tonne.m	5,615	4655,402	3879,664	3508,631	3740,767	4632,249	6236,098	5151,726

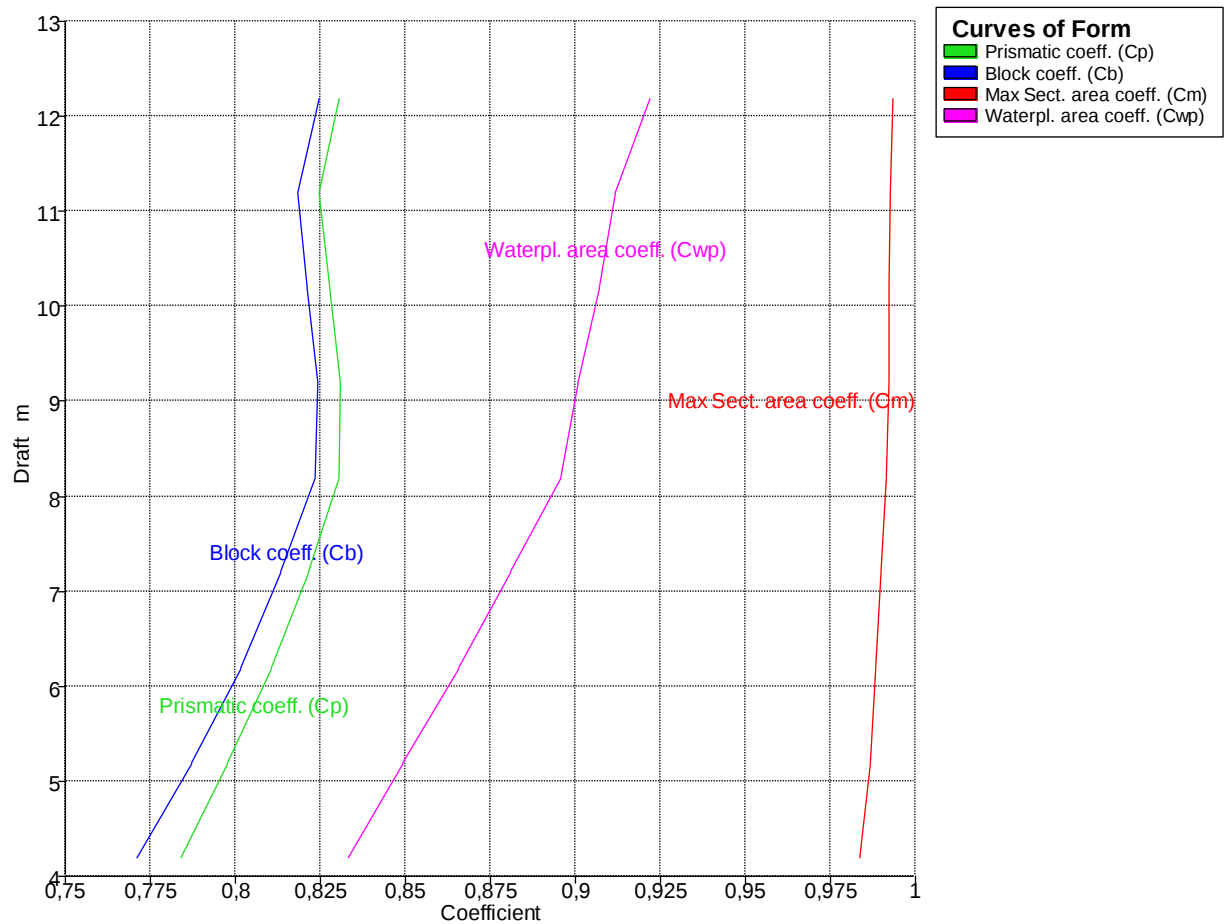
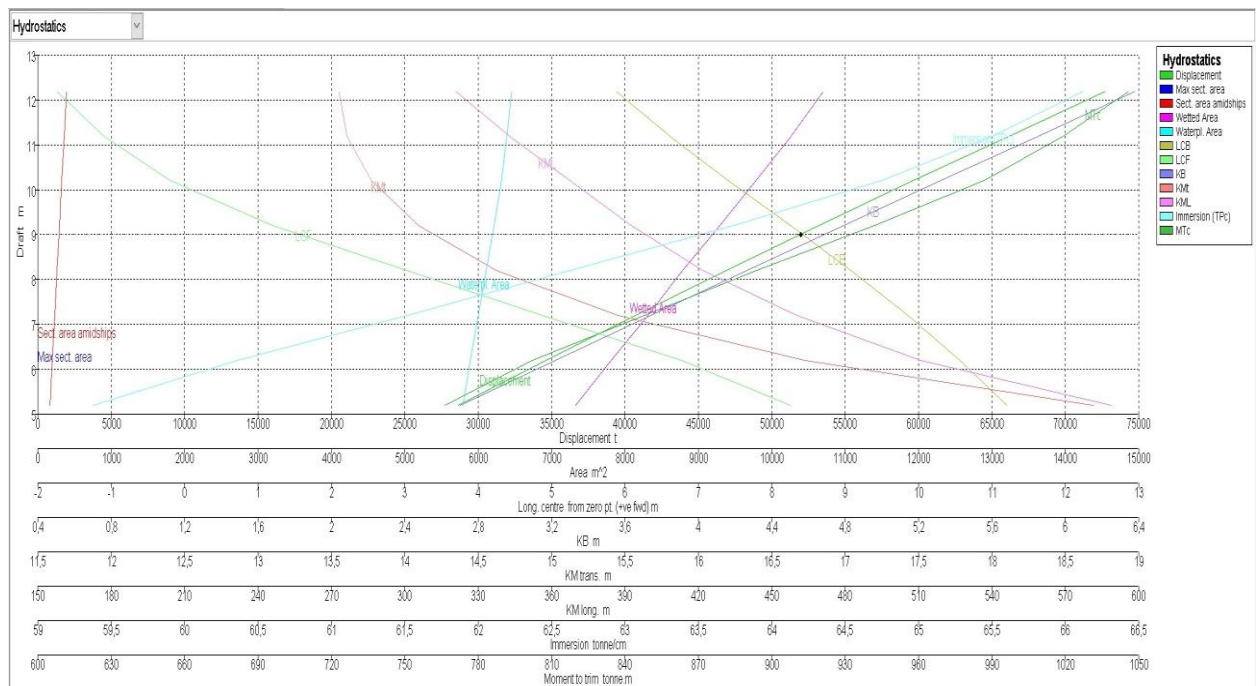


Рис. Графіки гідростатичних кривих

Зм.	Лист	№ док.ум.	Підпис	Дата

24. ДРБ. 135. 4117ст. 09. ПЗ. 02

Лист

69

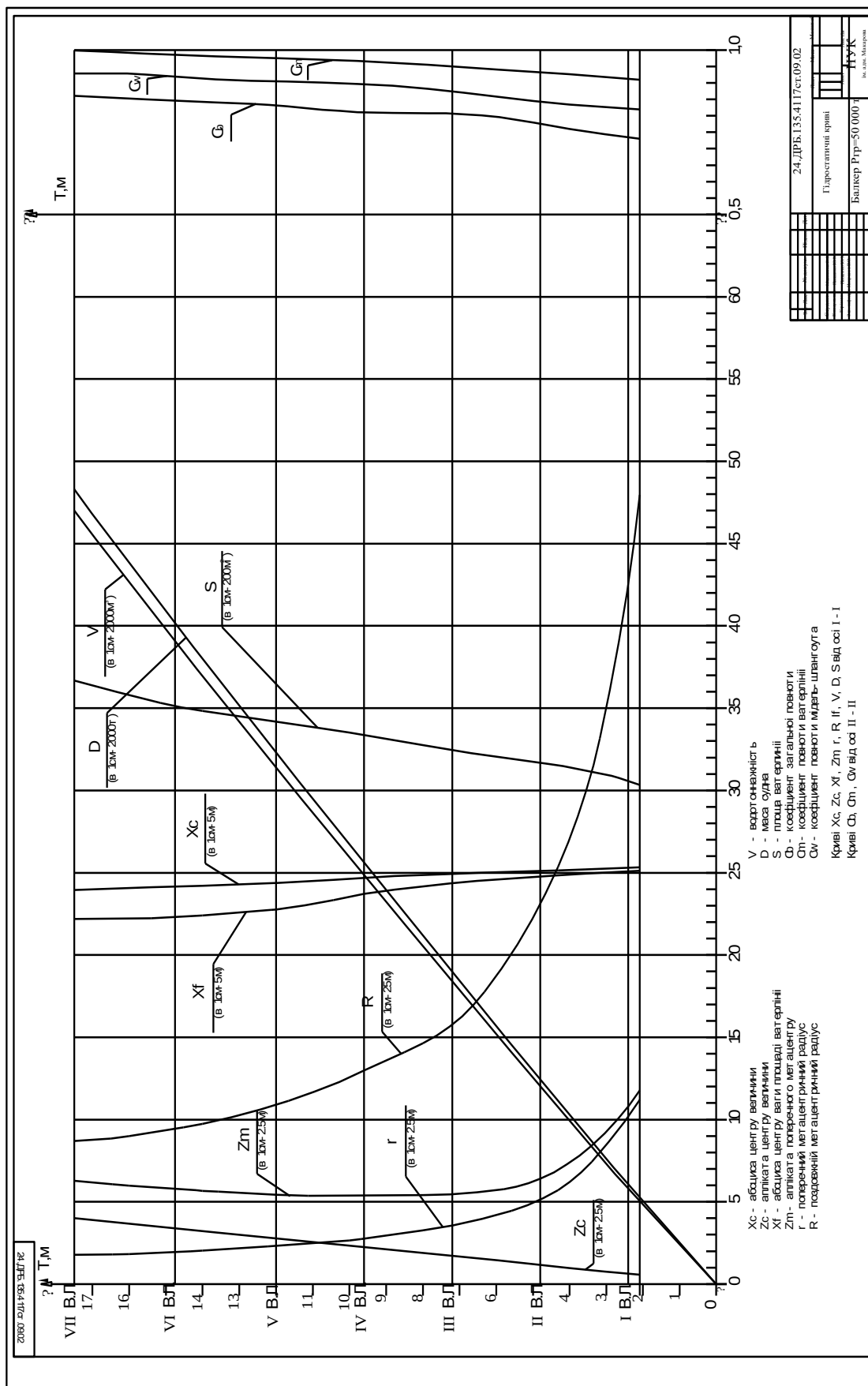


Рис. Креслення гідростатичних кривих

Зм.	Лист	№ док.ум.	Підпис	Дата

24. ДРБ. 135.417ст. 09. ПЗ. 02

Додаток 3.

Таблиця 3.1. Розбивка судна за шпаціями.

Шпація	Відсік	Довжина
0 - 23	Ахтерпик	$L_{axt}=23 \times 0,542=12,462$
23 - 51	МВ	$L_{mo}= 28 \times 0,83=23,226 \text{ м}$
51 - 79	Трюм №7	$L_{Tp7} = 28 \times 0,845=23,660$
79 - 107	Трюм №6	$L_{Tp6}= 28 \times 0,845=23,660$
107 - 135	Трюм №5	$L_{Tp5} = 28 \times 0,845=23,660$
135 - 163	Трюм №4	$L_{Tp4} = 28 \times 0,845=23,660$
163 - 191	Трюм №3	$L_{Tp3} = 28 \times 0,845=23,660$
191 - 219	Трюм №2	$L_{Tp2} = 28 \times 0,845=23,660$
219 - 259	Трюм №1	$L_{Tp1} = 40 \times 0,845=27,072$
259 - 277	Форпик	$L_{for} = 18 \times 0,577 = 10,385$
Сума		210,107 м

$L_{\text{відсіків}}=L_{\text{судна}}=210,107 \text{ м}$

Таблиця 3.2

№ п/п	Назва приміщення	Теоретичний об'єм, м3	Перехідний коефіцієнт k	Об'єм під груз, м3	Плечі, м	
					x	z
1	Трюм №7	8080.873	86%	6949.551	-25.61	8.665
2	Трюм №6	9552.832	90%	8597.548	-49.29	8.975
3	Трюм №5	9549.301	90%	8594.370	-72.95	8.972
4	Трюм №4	9549.301	70%	6684.511	-96.61	7.423
5	Трюм №3	9549.705	72%	6875.788	-120.3	7.578
6	Трюм №2	9552.108	65%	6208.869	-144	7.037
7	Трюм №1	9413.509	65%	6118.780	-167.5	7.167
Σ		65247.628		50029.42		
1	Lightship	12954.300	100%	12954.30	19.22	0.5
2	Спорядження	315.900	100%	315.90	35.96	0.5
3	Запас палива	7336.606	31%	2274.347	62.96	0.5
Σ		20606.806		15544.55		

					24. ДРБ. 135. 4117ст. 09. ПЗ. 03		Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата			71

Таблиця 3.3 Поділ на відсіки.

	Name	Type	Intact Perm.	Damaged Perm. %	Specific gravity	Fluid type	Bou n dary	Aft m	Fore m	F.Port m	F.Stbd .	F.Top m	F.Bott. m	A.Port m	A.Stbd. m	A.Top m	A.Bott. m	Formed
1	Fore	Tank	100	100	1.025	Draft A	none	-10.835	0	-15	15	17.5	0	ДІПТО	ДІПТО	ДІПТО	ДІПТО	Yes
2	Fore	Link	100	100	1.025	Draft A	none	0	3.892	-15	15	12	0	ДІПТО	ДІПТО	ДІПТО	ДІПТО	Yes
3	Fore	Link	100	100	1.025	Draft A	none	0	3.892	-15	15	17.5	12	ДІПТО	ДІПТО	ДІПТО	ДІПТО	Yes
4	Hold 1	Tank	100	100	0.937		none	-37.457	-10.83	-7	7	17.5	2	-13.9	13.9	ДІПТО	ДІПТО	Yes
5	Hold 2	Tank	100	100	0.937		none	-61.118	-37.45	-13.9	13.9	17.5	2	ДІПТО	ДІПТО	ДІПТО	ДІПТО	Yes
6	Hold 3	Tank	100	100	0.937		none	-84.778	-61.11	-13.9	13.9	17.5	2	ДІПТО	ДІПТО	ДІПТО	ДІПТО	Yes
7	Hold 4	Tank	100	100	0.937		none	-108.43	-84.77	-13.9	13.9	17.5	2	ДІПТО	ДІПТО	ДІПТО	ДІПТО	Yes
8	Hold 5	Tank	100	100	0.937		none	-132.09	-108.4	-13.9	13.9	17.5	2	ДІПТО	ДІПТО	ДІПТО	ДІПТО	Yes
9	Hold 6	Tank	100	100	0.937		none	-155.75	-132.0	-13.9	13.9	17.5	2	ДІПТО	ДІПТО	ДІПТО	ДІПТО	Yes
10	Hold 7	Tank	100	100	0.937		none	-179.42	-155.7	-13.9	13.9	17.5	2	ДІПТО	ДІПТО	ДІПТО	ДІПТО	Yes
11	Tank En. room	Com	100	100			none	-202.64	-179.4	-13.9	13.9	17.5	2	ДІПТО	ДІПТО	ДІПТО	ДІПТО	Yes
12	After	Tank	100	100	1.025	Draft A	none	-215.10	-202.6	-16	16	17.5	9	ДІПТО	ДІПТО	ДІПТО	ДІПТО	Yes
13	Dble side Port. 1	Tank	100	100	1.025	Draft A	none	-37.457	-10.83	-16	-7	17.5	2	ДІПТО	-13.9	ДІПТО	ДІПТО	Yes
14	Dble side Port. 2	Tank	100	100	1.025	Draft A	none	-61.118	-37.45	-16	-13.9	17.5	2	ДІПТО	ДІПТО	ДІПТО	ДІПТО	Yes
15	Dble side Port. 3	Tank	100	100	1.025	Draft A	none	-84.778	-61.11	-16	-13.9	17.5	2	ДІПТО	ДІПТО	ДІПТО	ДІПТО	Yes
16	Dble side Port. 4	Tank	100	100	1.025	Draft A	none	-108.43	-84.77	-16	-13.9	17.5	2	ДІПТО	ДІПТО	ДІПТО	ДІПТО	Yes
17	Dble side Port. 5	Tank	100	100	1.025	Draft A	none	-132.09	-108.4	-16	-13.9	17.5	2	ДІПТО	ДІПТО	ДІПТО	ДІПТО	Yes
18	Dble side Port. 6	Tank	100	100	1.025	Draft A	none	-155.75	-132.0	-16	-13.9	17.5	2	ДІПТО	ДІПТО	ДІПТО	ДІПТО	Yes
19	Dble side Port. 7	Tank	100	100	1.025	Draft A	none	-179.42	-155.7	-16	-13.9	17.5	2	ДІПТО	ДІПТО	ДІПТО	ДІПТО	Yes
20	Dble side star. 1	Tank	100	100	1.025	Draft A	none	-37.457	-10.83	13.9	17.5	17.5	2	ДІПТО	ДІПТО	ДІПТО	ДІПТО	Yes
21	Dble side star. 2	Tank	100	100	1.025	Draft A	none	-61.118	-37.45	13.9	16	17.5	2	ДІПТО	ДІПТО	ДІПТО	ДІПТО	Yes
22	Dble side star. 3	Tank	100	100	1.025	Draft A	none	-84.778	-61.11	13.9	16	17.5	2	ДІПТО	ДІПТО	ДІПТО	ДІПТО	Yes
23	Dble side star. 4	Tank	100	100	1.025	Draft A	none	-108.43	-84.77	13.9	16	17.5	2	ДІПТО	ДІПТО	ДІПТО	ДІПТО	Yes
24	Dble side star. 5	Tank	100	100	1.025	Draft A	none	-132.09	-108.4	13.9	16	17.5	2	ДІПТО	ДІПТО	ДІПТО	ДІПТО	Yes
25	Dble side star. 6	Tank	100	100	1.025	Draft A	none	-155.75	-132.0	13.9	16	17.5	2	ДІПТО	ДІПТО	ДІПТО	ДІПТО	Yes
26	Dble side star. 7	Tank	100	100	1.025	Draft A	none	-179.42	-155.7	13.9	16	17.5	2	ДІПТО	ДІПТО	ДІПТО	ДІПТО	Yes
27	Dble Bottom 1	Tank	100	100	1.025	Draft A	none	-37.457	-10.83	-16	16	2	0	ДІПТО	ДІПТО	ДІПТО	ДІПТО	Yes
28	Dble Bottom 2	Tank	100	100	1.025	Draft A	none	-61.118	-37.45	-16	16	2	0	ДІПТО	ДІПТО	ДІПТО	ДІПТО	Yes
29	Dble Bottom 3	Tank	100	100	1.025	Draft A	none	-84.778	-61.11	-16	16	2	0	ДІПТО	ДІПТО	ДІПТО	ДІПТО	Yes
30	Dble Bottom 4	Tank	100	100	1.025	Draft A	none	-108.43	-84.77	-16	16	2	0	ДІПТО	ДІПТО	ДІПТО	ДІПТО	Yes
31	Dble Bottom 5	Tank	100	100	0.9443	Draft at	none	-132.09	-108.4	-16	16	2	0	ДІПТО	ДІПТО	ДІПТО	ДІПТО	Yes
32	Dble Bottom 6	Tank	100	100	0.9443	Draft at	none	-155.75	-132.0	-16	16	2	0	ДІПТО	ДІПТО	ДІПТО	ДІПТО	Yes
33	Dble Bottom 7	Tank	100	100	0.9443	Draft at	none	-179.42	-155.7	-16	16	2	0	ДІПТО	ДІПТО	ДІПТО	ДІПТО	Yes
34	Dble Bottom Eng	Tank	100	100	0.9443	Draft at	none	-202.64	-179.4	-16	16	17.5	2.5	ДІПТО	ДІПТО	ДІПТО	ДІПТО	Yes
35	Tank En. room (	Link	100	100			none	-202.64	-179.4	-16	16	17.5	2.5	ДІПТО	ДІПТО	ДІПТО	ДІПТО	Yes

Таблиця 3.4

Masaft Stability Advanced 64-bit - Loadcase 1									
File Edit View Case Analysis Display Data Window Help									
Tank Calibration Loadcase 1 Intact Trim: 0 m Heel: 0 deg to starboard									
Item Name	Quantity	Unit Mass tonne	Total Mass tonne	Unit Volume m^3	Total Volume m^3	Long. Arm m	Trans. Arm m	Vert. Arm m	
Subsubtotal fuel	31%	7336.606	2274.347	7769.359	2408.501	-188.456	0.000	6.516	
After	0%	2121.233	0.000	2069.496	0.000	-205.305	0.000	9.000	
Fore	0%	2600.121	0.000	2536.703	0.000	-8.531	0.000	0.018	
Dble side Port. 1	0%	1216.567	0.000	1186.895	0.000	-23.324	-11.281	2.000	
Dble side Port. 2	0%	514.782	0.000	502.226	0.000	-49.647	-14.588	2.000	
Dble side Port. 3	0%	525.041	0.000	512.235	0.000	-72.948	-14.599	2.000	
Dble side Port. 4	0%	525.041	0.000	512.235	0.000	-96.608	-14.599	2.000	
Dble side Port. 5	0%	525.063	0.000	512.257	0.000	-120.269	-14.599	2.000	
Dble side Port. 6	0%	519.996	0.000	507.314	0.000	-142.414	-14.527	2.000	
Dble side Port. 7	0%	385.856	0.000	376.445	0.000	-156.838	-14.030	2.000	
Dble side star. 1	0%	118.646	0.000	115.752	0.000	-34.773	14.230	2.000	
Dble side star. 2	0%	514.782	0.000	502.226	0.000	-49.647	14.588	2.000	
Dble side star. 3	0%	525.041	0.000	512.235	0.000	-72.948	14.599	2.000	
Dble side star. 4	0%	525.041	0.000	512.235	0.000	-96.608	14.599	2.000	
Dble side star. 5	0%	525.063	0.000	512.257	0.000	-120.269	14.599	2.000	
Dble side star. 6	0%	519.996	0.000	507.314	0.000	-142.414	14.527	2.000	
Dble side star. 7	0%	385.856	0.000	376.445	0.000	-156.838	14.030	2.000	
Dble Bottom 1	0%	1223.363	0.000	1193.525	0.000	-19.051	0.000	0.000	
Dble Bottom 2	0%	1426.230	0.000	1391.444	0.000	-50.054	0.000	0.018	
Dble Bottom 3	0%	1433.545	0.000	1398.581	0.000	-72.952	0.000	0.018	
Dble Bottom 4	0%	1433.545	0.000	1398.581	0.000	-96.612	0.000	0.018	
Dble Bottom 5	0%	1320.736	0.000	1398.640	0.000	-120.273	0.000	0.018	
Dble Bottom 6	0%	1275.866	0.000	1351.124	0.000	-142.826	0.000	0.018	
Dble Bottom 7	0%	774.221	0.000	819.889	0.000	-164.597	0.000	0.014	
Subsubtotal Ballas	0%	20935.633	0.000	20706.052	0.000	0.000	0.000	0.000	
total Deadweight			52619.669			-97.094	0.000	7.955	
Total Loadcase			65573.969	98110.022	55801.695	-101.156	0.000	8.584	
\Loadcase 1 \Lightship \empty LC 3 \empty LC 4 \empty LC 5 \empty LC 6 \empty LC 7 \empty LC 8 /									

Лист

24. ДРБ. 135. 4117ст. 09. ПЗ. 03

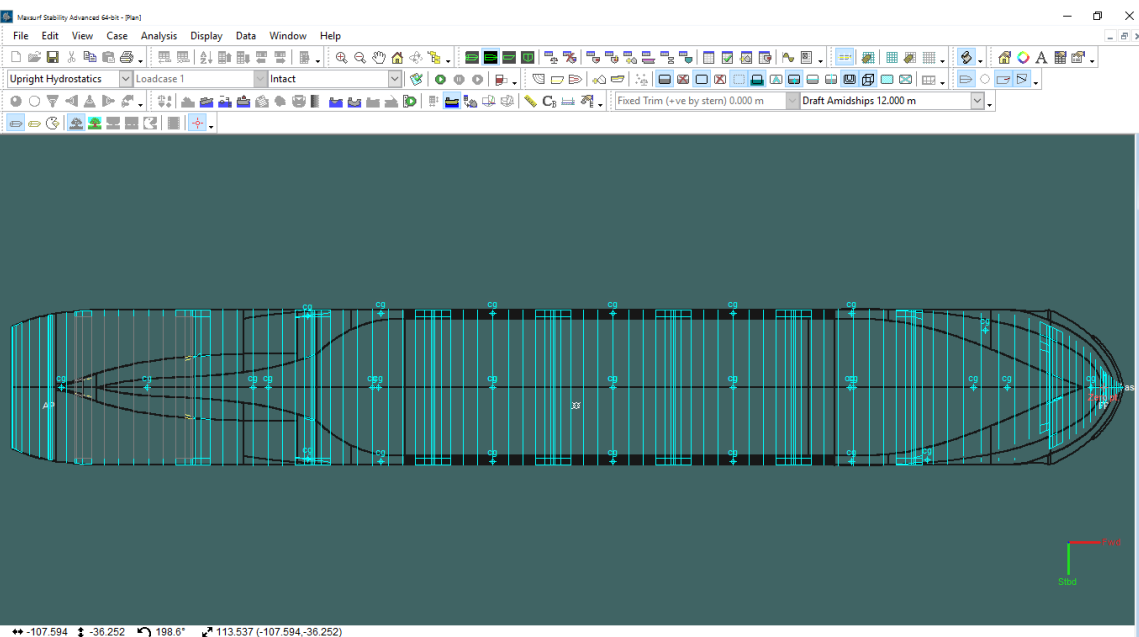
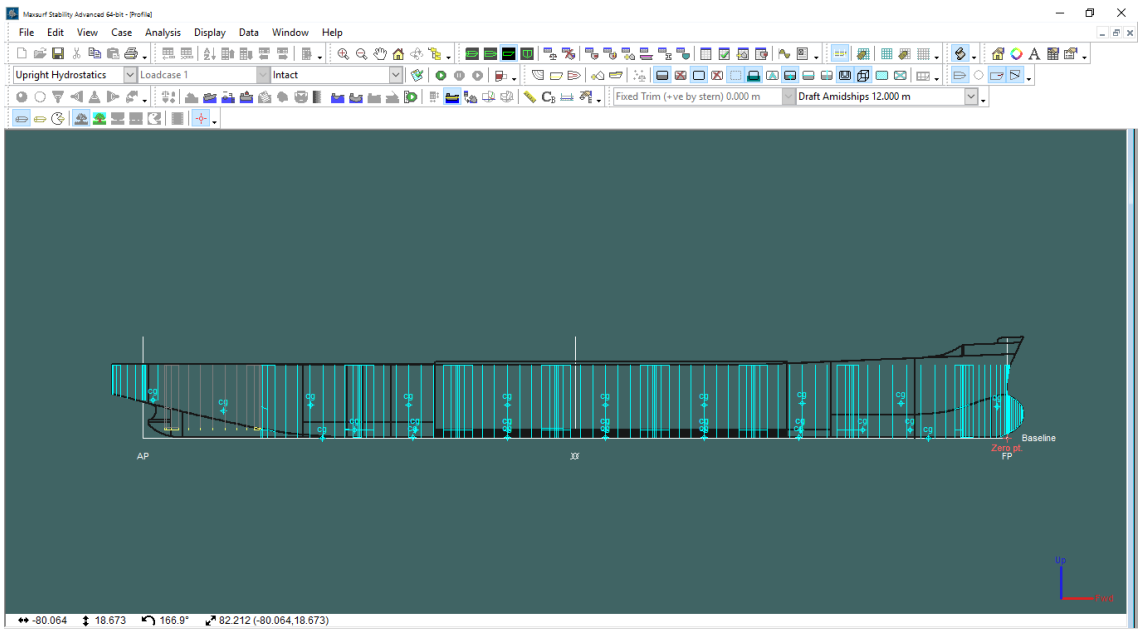
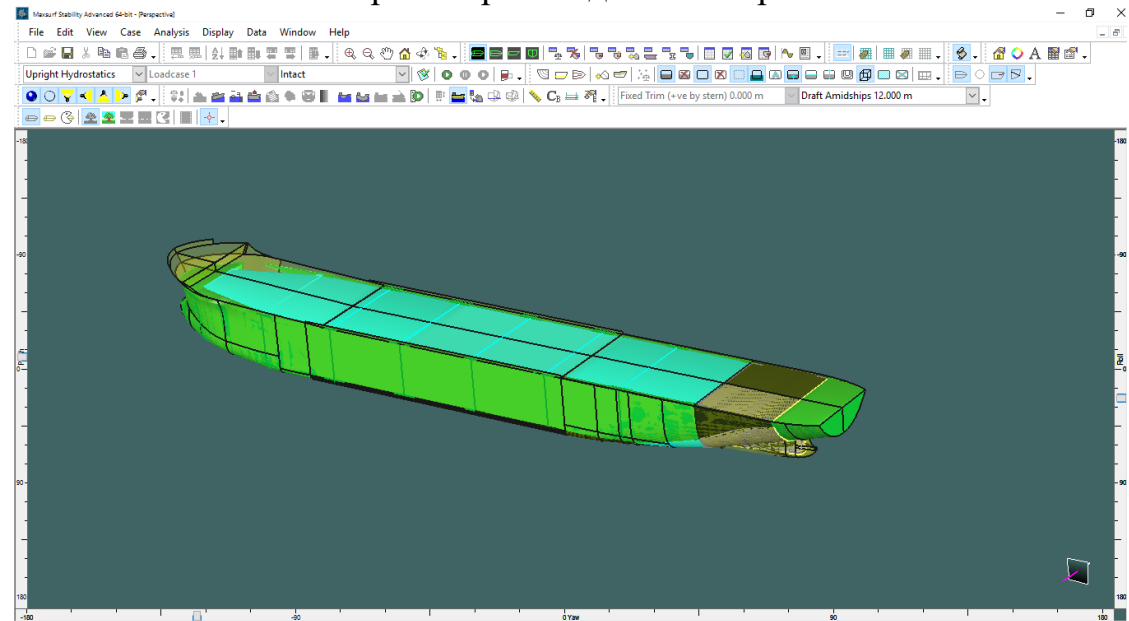
72

Зм. Лист № докум. Підпис Дата

Таблиця 3.5 Характеристики судна по проєктну осадку

Draft Amidships m	11.999
Displacement t	65539
Heel deg	0.0
Draft at FP m	11.981
Draft at AP m	12.017
Draft at LCF m	11.750
Trim (+ve by stern) m	-0.036
WL Length m	215.105
Beam max extents on WL m	30.8
Wetted Area m ²	6043.576
Waterpl. Area m ²	0.828
Prismatic coeff. (Cp)	0.826
Block coeff. (Cb)	0.996
Max Sect. area coeff. (Cm)	0.916
Waterpl. areacoeff. (Cwp)	-101.160
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	-102.406
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	215.105
KB m	6.135
KG fluid m	9.081
BMt m	6.714
BML m	316.556
GMt corrected m	3.768
GML m	313.609
KMt m	12.848
KML m	322.690
Immersion (TPC) tonne/cm	61.947
MTc tonne.m	990.111
RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1) tonne.m	4311.369
Max deck inclination deg	0.077
Trim angle (+ve by stern) deg	-2.063

Тривимірна модель балкера



Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

24. ДРБ. 135. 4117ст. 09. ПЗ. 03

Додаток 4

	Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status	Margin %
1	A.749(18) C	3.1.2.1: Are from the gre				Pass	
2		spec. heel a	0,0	deg	0,0		
3		to the lesser					
4		spec. heel a	30,0	deg	30,0		
5		angle of van	89,6	deg			
6		shall not b	3,1513	m.deg	32,9786	Pass	+946,51
7							
8							
9	A.749(18) C	3.1.2.1: Are from the gre				Pass	
10		spec. heel a	0,0	deg	0,0		
11		to the lesser					
12		spec. heel a	40,0	deg	40,0		
13		first downfl	n/a	deg			
14		angle of van	89,6	deg			
15		shall not b	5,1566	m.deg	56,7276	Pass	+1000,10
16							
17							
18	A.749(18) C	3.1.2.1: Are from the gre				Pass	
19		spec. heel a	30,0	deg	30,0		
20		to the lesser					
21		spec. heel a	40,0	deg	40,0		
22		first downfl	n/a	deg			
23		angle of van	89,6	deg			
24		shall not b	1,7189	m.deg	23,7491	Pass	+1281,64
25							
26							
27	A.749(18) C	3.1.2.2: Max in the range				Pass	
28		spec. heel a	30,0	deg	30,0		
29		to the lesser					
30		spec. heel a	90,0	deg			
31		angle of ma	43,6	deg	43,6		
32		shall not b	0,200	m	2,537	Pass	+1168,50
33		Intermediate					
34		angle at whi		deg	43,6		
35							
36							
37	A.749(18) C	3.1.2.3: Ang shall not b	25,0	deg	43,6	Pass	+74,54
38							
39							
40	A.749(18) C	3.1.2.4: Initi				Pass	
41		spec. heel a	0,0	deg			
42		shall not b	0,150	m	3,240	Pass	+2060,00
43							
44	A.749(18) C	3.1.2.6: Tur				Pass	
45		Turn arm: a					
46		constant: a	0,9996				
47		vessel spee	0,000	kn			
48		turn radius	510,00	%			
49		h = KG - me	4,131	m			
50		cosine pow	0				
51		shall not b	10,0	deg	-2,8	Pass	+127,57

50		cosine pow	0				
51		shall not b	10,0	deg	-2,8	Pass	+127,57
52		Intermediate					
53		Heel arm am	m	0,000			
54							
55	A.749(18) C	3.2.2: Seve				Pass	
56		Wind arm: a					
57		constant: a	0,99966				
58		wind pressu	504,0	Pa			
59		area centri	18,023	m			
60		total area: A	2061,304	m²			
61		H = vert. ce	0,000	m			
62		cosine pow	0				
63		gust ratio	1,5				
64		Area2 integr					
65		roll back ang	25,0 (-27,3)	deg	-27,3		
66		Area 1 uppe					
67		spec. heel a	50,0	deg	50,0		
68		first downfl	n/a	deg			
69		angle of van	89,1	deg			
70		Angle for G					
71		angle of ma	43,6	deg	43,6		
72		Select requir	DeckEdgelm				
73		Criteria:				Pass	
74		Angle of st	16,0	deg	-2,3	Pass	+114,38
75		Angle of st	80,00	%	-9,76	Pass	+112,20
76		Area1 / Are	100,00	%	393,64	Pass	+293,64
77		Intermediate					
78		Heel arm am	m	0,026			
79		Equilibrium a	deg	-2,3			
80		Equilibrium a	deg	-2,1			
81		Deck edge i	deg	23,6			
82		Area1 (unde	m.deg	82,0681			
83		Area1 (unde	m.deg	2,0078			
84		Area1, from	m.deg	80,0603			
85		Area2 (unde	m.deg	-19,3658			
86		Area2 (unde	m.deg	0,9727			
87		Area2, from	m.deg	20,3385			
88							

Рис. Розрахунок критеріїв остійності за програмою MaxSurf

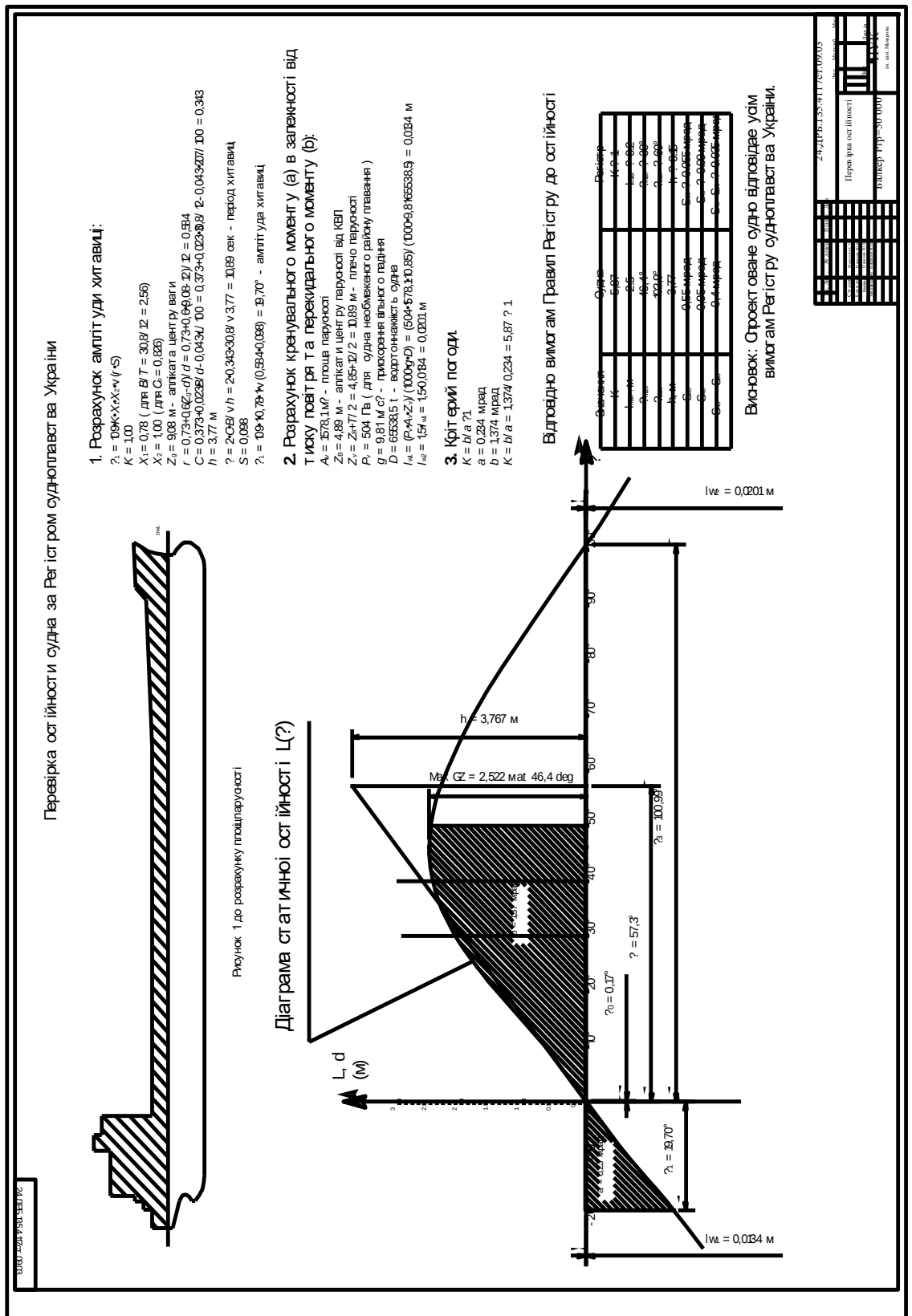


Рис.1 Перевірка остійності за правилами РСУ

Додаток 5. Розрахунки конструкції корпусу.

Таблиця 6.3

Шпація	Відсік	Довжина
0 - 23	Ахтерпик	$L_{\text{ахт}} = 23 \times 0,542 = 12,462$
23 - 51	МВ	$L_{\text{мо}} = 28 \times 0,83 = 23,226 \text{ м}$
51 - 79	Трюм №7	$L_{\text{тр}7} = 28 \times 0,845 = 23,660$
79 - 107	Трюм №6	$L_{\text{тр}6} = 28 \times 0,845 = 23,660$
107 - 135	Трюм №5	$L_{\text{тр}5} = 28 \times 0,845 = 23,660$
135 - 163	Трюм №4	$L_{\text{тр}4} = 28 \times 0,845 = 23,660$
163 - 191	Трюм №3	$L_{\text{тр}3} = 28 \times 0,845 = 23,660$
191 - 219	Трюм №2	$L_{\text{тр}2} = 28 \times 0,845 = 23,660$
219 - 259	Трюм №1	$L_{\text{тр}1} = 40 \times 0,845 = 27,072$
259 - 277	Форпик	$L_{\text{фор}} = 18 \times 0,577 = 10,385$
Сума		210,107 м

Таблиця 6.4

Елементи конструкції корпусу	И, 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

					24.ДРБ.135.4117ст.09.06	Лист.
Змн.	лист	№ докум.	Подпис	Дата		

Рисунок 6.1 – Схема напруг, діючих в днищі та палубі

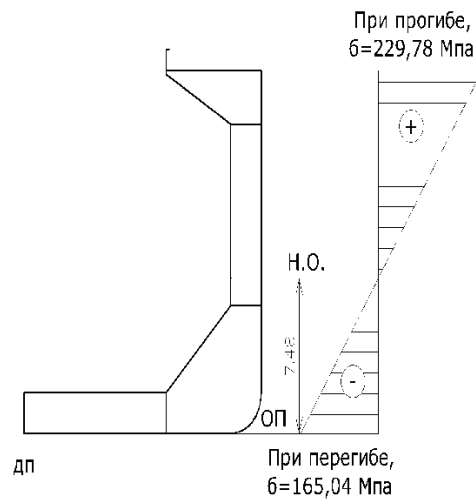


Рисунок 6.2 – Схема навантажень, діючих на корпус судна

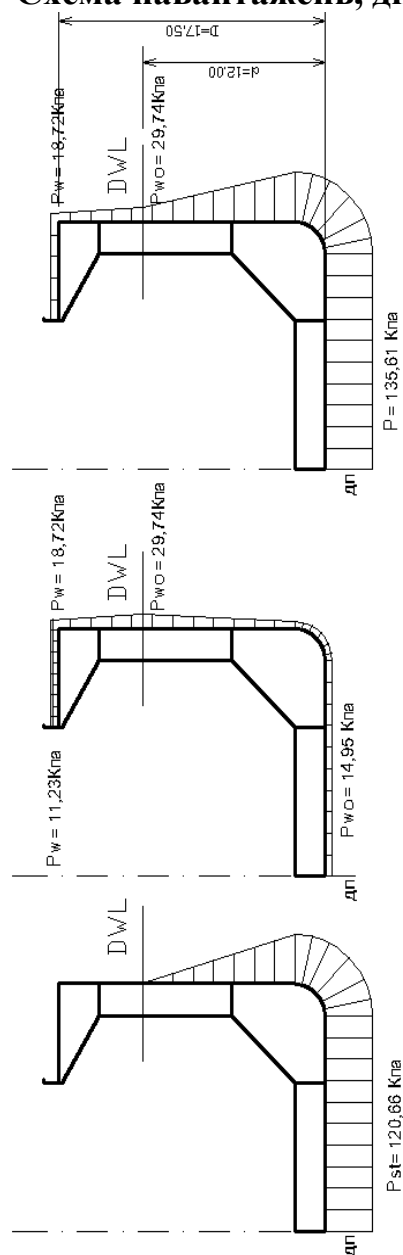
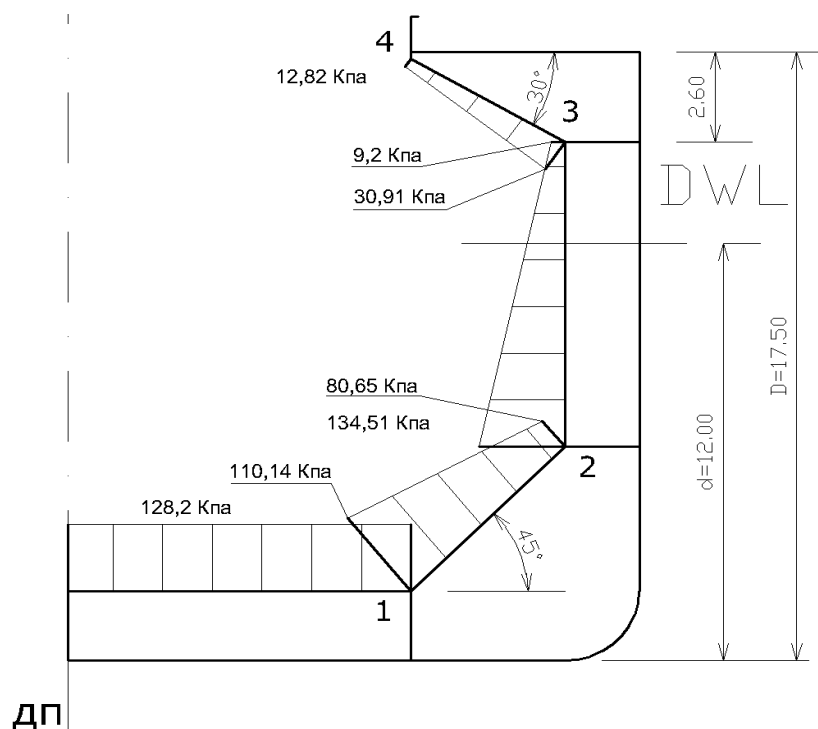
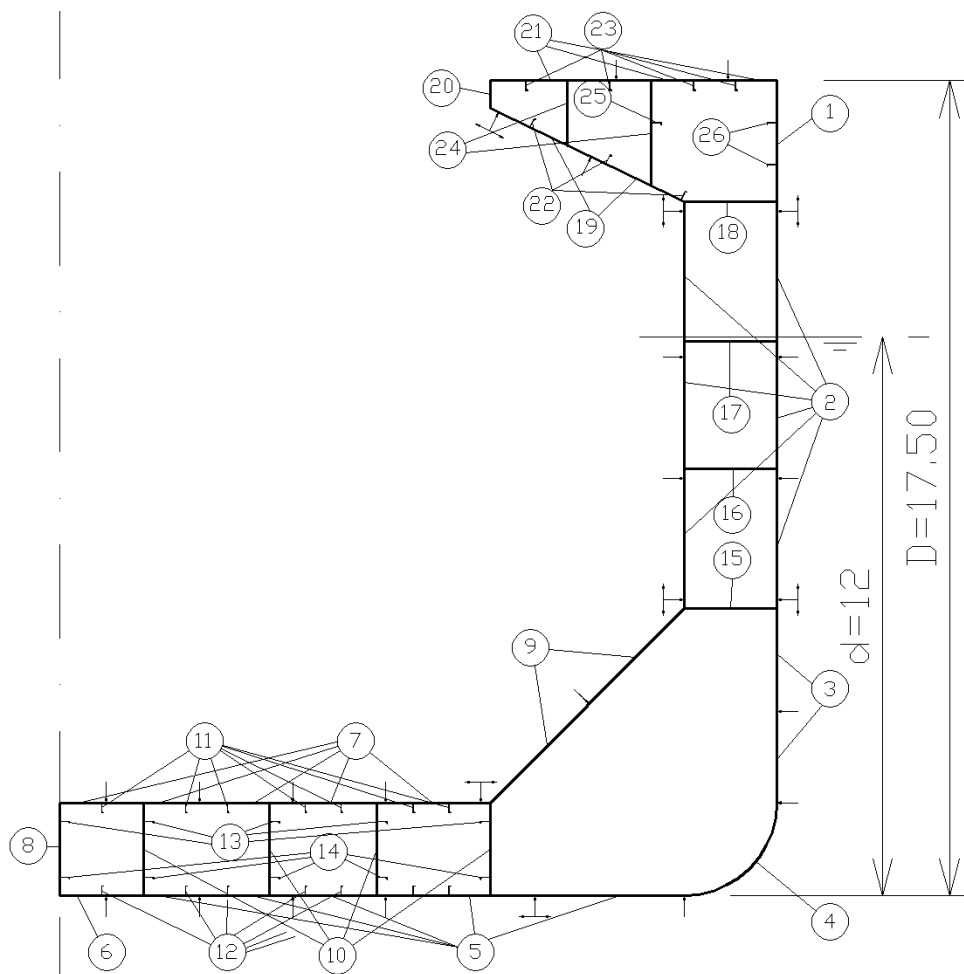


Рисунок 6.3 – Схема навантажень, що діють на корпус судна з боку вантажу



6.11 Розрахунок еквівалентного бруса і перевірка загальної поздовжньої міцності



№	Найменування в'язей		Розмір в'язей	Площа в'язи $F, \text{см}^2$	Відстань ЦТ в'язи від вісі порівняння $Z, \text{м}$	Статичний момент площі відносно вісі порівняння $Fz, \text{см}^2 \cdot \text{м}$	Переносний момент інерції $Fz^2, \text{см}^2 \cdot \text{м}^2$	Власний момент інерції $I, \text{см}^2 \cdot \text{м}^2$	Відстань ЦТ в'язи від нейтральної вісі, $e, \text{м}$
1	2		1	2	3	4	5	6	7
1	Ширстрек		2800 × 25	700	16.1	11270	181447	457	8.67
2	Пояси перемінних ватерліній		8338 × 20	1668	10.53	17560	184905	9661	3.10
3	Надскуловий пояс		4360 × 18	785	4.18	3280	13712	1243	-3.25
4	Скуловий пояс		3141 × 18	565	0.58	328	190	465	-6.85
5	Пояси наружної обшивки днища		12400 × 18	2232	0.009	20	0.181	—	-7.42
6	Горизонтальний киль		1000 × 20	200	0.01	2	0.020	—	-7.42
7	Настил другого дна		9040 × 20	1808	1.99	3598	7160	—	-5.44
8	Вертикальний киль		2000 × 19	380	1	85	170	57	-6.43
9	Лист нахилої стінки другого дна		6283 × 14	880	4.08	3589	14643	2894	-3.35
10	Днищевой стрингер (4 шт.)	4	2000 × 14	1120	1	1120	1120	93	-6.43
11	Ребро жорсткості другого дна (7 шт.)	7	20a	191.8	1.876	360	675	0.0	-5.56
12	Ребро жорсткості днищеве (7 шт.)	7	186	180.6	0.128	23	3	0	-7.30
13	Ребро жорсткості стрингера (5 шт.)	5	186	129	1.6	206	330	—	-5.83
14	Ребро жорсткості стрингера (5 шт.)	5	186	129	0.4	52	21	—	-7.03
15	Стрингери платформи другого борту		2000 × 14	280	6.16	1725	10625	—	-1.27
16	Стрингери платформи другого борту		2000 × 14	280	9.16	2565	23494	—	1.73
17	Стрингери платформи другого борту		2000 × 14	280	11.9	3332	39651	—	4.47

18	Стрингера платформи другого борту		2000 × 14	280	14.9	4172	62163	—	7.47
19	Нахилий лист підпалубної цистерни		4616 × 25	1154	15.9	18349	291743	—	8.47
20	Лист підпалубної цистерни		1000 × 25	250	17.2	4300	73960	21	9.77
21	Лист верхньої полуби		5100 × 25	1275	17.3	22058	381595	—	9.87
22	Балки Р.Ж. цистерни (3шт.)	3	206	94	15.8	1488	23516	—	8.37
23	Балки основного Р.Ж. палуби (4шт.)	4	206	126	17.38	2183	37939	0	9.95
24	Поздовжній лист коридору		3664 × 22	806	16.56	13349	221054	902	9.13
25	Балки підпалубної цистерни (1шт.)	1	186	26	16.6	428	7109	—	9.17
26	Балки набору щирстреку (2шт.)	2	206	63	16.15	1014	16380	—	8.72
	СУМА			15671		116455	1609397		

$$I_{н.о}=2(C-e^2.A).10^{-4}= 148,80 (м^4)$$

$$e=B/A= 116455/15671=7,43 (м)$$

$$I=148,80$$

$$W_b^{\phi}=I/e=20,024.10^6 (см^3)$$

$$W_d^{\phi}=I/(D-e)=148,80/(17.5-7.43)=14,78.10^6 (см^3)$$

$$W_{треб} = 14,38(м^3)$$

$$I_{min}= 124,6 (м^4)$$

$$W_b^{\phi}>W_{треб}$$

$$W_d^{\phi}> W_{треб}$$

$$I> I_{min}$$

Загальна поздовжня міцність судна забезпечена.

					24.ДРБ.135.4117ст.09.06	Лист.
Змн.	лист	№ докум.	Подпис	Дата		

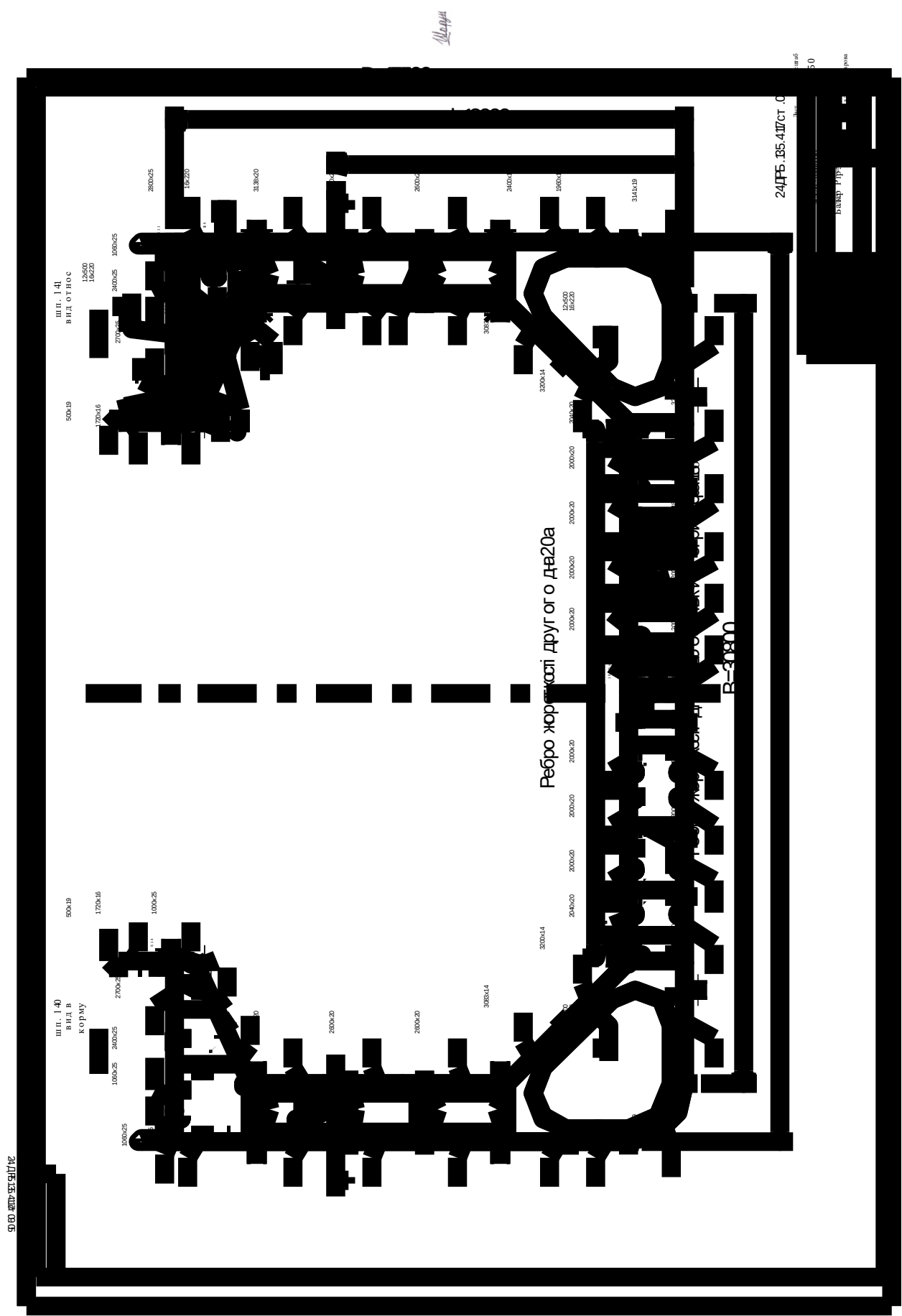


Рис. Конструктивний мідель-шпангоут

					24.ДРБ.135.4117ст.09.06	Лист.
Змн.	лист	№ докум.	Подпис	Дата		