**Форма № ОНМУ Н-9.02**

*Одеський національний морський університет*

(повне найменування вищого навчального закладу)

*Навчально-науковий морський інженерно-технічний інститут*

( назва факультету (відділення)

*Кафедра «Суднобудування і судноремонту» ім. проф. Воробйова Ю.Л.*

(повна назва кафедри )

# Пояснювальна записка

до випускної кваліфікаційної роботи студента(ки)

*бакалавр*

(ступінь вищої освіти)

на тему: Проект багатоцільового судна для перевезення генерального вантажу та контейнерів, dw = 13500 т, швидкість 13,5 = В вуз, дальність плавання – 10000 м. миль, питомо-навантажувальний об'єм – 1,40 м$^3$/т. Передбачити конструктивні особливості судна: Подвійні борта, вантажні крани Пр.Б та ЛБ.

Виконав: студент(ка) _4_курсу, ___групи
галузі знань, спеціальності:
13 «Механічна інженерія»
135 «Суднобудування»
(шифр і назва напряму підготовки, спеціальності)

Терещенко Артем Олександрович
(прізвище та ініціали)

Керівник доц. Дімова С.М.
(прізвище та ініціали)

Рецензент доц. Александровська Н.І.
(прізвище та ініціали)

*Одеса* - 2026 рік

**Форма № ОНМУ Н-9.01**

*Одеський національний морський університет*

( повне найменування вищого навчального закладу )

Інститут, факультет, відділення ННМІТІ

Кафедра, циклова комісія СіС ім. проф. Воробйова Ю.Л.

Рівень вищої освіти бакалавр

Галузь знань 13 «Механічна інженерія»

(шифр і назва)

Спеціальність 135 «Суднобудування»

(шифр і назва)

**ЗАТВЕРДЖУЮ**
Завідувач кафедри
Головань А.І.
«15» 09 2025р.

# З А В Д А Н Н Я

## НА ВИПУСКНУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Терещенко Артем Олександрович
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема випускної кваліфікаційної роботи(ВКР) Проект багатоцільового судна для перевезення генерального вантажу та контейнерів, dw = 13500 т, швидкість 13,5 = В вуз, дальність плавання – 10000 м. миль, питомо-навантажувальний об'єм – 1,40 $м^3$/т. Передбачити конструктивні особливості судна: Подвійні борта, вантажні крани Пр.Б та ЛБ.
керівник випускної кваліфікаційної роботи доц. Дімова С.М.
затверджені наказом вищого навчального закладу від № 130, від "19 "05.2026р.
2. Строк подання студентом випускної кваліфікаційної роботи з 01.06.2026р.
3. Вихідні дані до випускної кваліфікаційної роботи: Були використані технічні данні суден морського флоту dw 12 000-14 000 т.
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): 4.1 Обґрунтування доцільності виконання КРБ; 4.2 Розробити схему побудови судна. 4.3 Правила безпеки при виконанні робіт з холодної обробки металів.
5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):
5.1 Креслення з технології побудови секцій та блоків судна; 5.2 Теоретичне креслення; 5.3 Креслення загального розташування.

6. Консультанти розділів випускної кваліфікаційної роботи

| Розділ | Прізвище, ініціали та посада консультанта | Підпис, дата | |
|---|---|---|---|
| | | завдання видав | завдання прийняв |
| 6.1 ТС | доц. Дімова С.М. | | |
| 6.2 ОП | доц. Дімова С.М. | | |
| 6.3 НК | ст. викл. Чапленко І.В. | | 9.10.25 |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |

7. Дата видачі завдання 15.09.2025р.

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

| № | Назва етапів випускної кваліфікаційної роботи | Строк виконання етапів випускної кваліфікаційної роботи | Примітка |
|---|---|---|---|
| *1.* | *Видача завдання* | 15.09.25 | |
| *2.* | *Переддипломна (дослідницька практика)* | 15.05.26 | |
| *3.* | *Коригування завдання за результатами практики* | 19.05.26 | |
| *4.* | *Проміжний звіт на кафедрі, оцінка готовності* | 23.05.26 | |
| *5.* | *Попередній захист на кафедрі* | 10.06.26 | |
| *6.* | *Рецензування* | 06.06.25 | |
| *7.* | *Захист на засіданні екзаменаційної комісії* | 16.06.25 | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |

**Студент** _____ Терещенко А.О.

( підпис ) (прізвище та ініціали)

**Керівник випускної кваліфікаційної роботи** _____ доц. Дімова С.М.

( підпис ) (прізвище та ініціали)

# ЗМІСТ


АНОТАЦІЯ 4
ABSTRACTS 5
ВСТУП 6
РОЗДІЛ 1. Проектування багатоцільового судна для перевезення генеральних вантажів і контейнерів dw = 13500 т 10
1.1. Дані ТЗ 10
1.2. Вибір АКТ судна 10
1.3. Попереднє визначення техніко-експлуатаційних характеристик судна 11
1.4. Визначення основних характеристик судна в першому приближенні 13
1.5. Побудова теоретичного креслення 38
1.6. Перевірка прийнятих елементів і характеристик судна 39
1.7. Висновок 53
РОЗДІЛ 2. Технологія суднобудування 57
2.1. Технічний опис об'єкта будівництва 57
2.2. Обґрунтування вибору заводу-будівника з урахуванням особливостей проєкту 58
2.3. Обґрунтування вибору методу збирання корпусу та розбивки на блоки і секції 59
2.4. Спуск судна на воду 60
2.5. Швартові випробування 61
2.6. Виготовлення плоскостних секцій 62
РОЗДІЛ 3. Охорона праці 65
3.1. Особливості безпеки при виконанні зварювальних робіт 65
3.2. Правила безпеки при виконанні робіт з холодної обробки металів 66
3.3. Безпечне переміщення секцій та такелажні роботи 67
3.4. Пожежна безпека під час корпусних робіт 67
3.5. Санітарно-гігієнічні умови праці 68
3.6. Заходи щодо зниження виробничих ризиків 68
СПЕЦІФІКАЦІЯ 70
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ 71

# АНОТАЦІЯ

Терещенко Артем Олександрович. Проект багатоцільового судна для перевезення генерального вантажу і контейнерів dw = 13500 т, швидкість v = 13,5 вуз., дальність плавання 10000 м. миль, питомо-навантажувальний об'єм 1,40 м3/т.

Передбачити конструктивні особливості судна: АКТ на розсуд студента, подвійні борти, вантажні крани з правого та лівого борту.

Кваліфікаційна робота на здобуття першого (бакалаврського) рівня вищої освіти у галузі знань 13 «Механічна інженерія» за напрямом підготовки спеціальності 135 «Суднобудування», випускної кафедри «СіС ім. проф. Воробйова Ю.Л.» ННМІТІ ОНМУ.

У дипломній роботі бакалавра розглядається проектування багатоцільового судна для перевезення генерального вантажу і контейнерів dw = 13500 т.

Метою роботи є проект багатоцільового судна для перевезення генерального вантажу та контейнерів dw = 13500 т.

У роботі були вирішені задачі пов'язані з проектуванням заданого судна і можливості його експлуатації.

Ключові слова: ПРОЕКТУВАННЯ СУДНА, ВАНТАЖІ, МІСТКІСТЬ, КОНТЕЙНЕРОМІСТКІСТЬ, ПОДВІЙНІ БОРТИ, ВАНТАЖНІ КРАНИ.

## ABSTRACTS

Tereshchenko Artem. The project of a multi-purpose vessel for the transportation of general cargo and containers dw = 13500 t, speed v = 13,5 knots, sailing range 10000 n. miles, stowage factor 1,40 m3/t.

Predict the structural features of the vessel: ACT at the discretion of the student, double sides, cargo cranes on portside and starboard.

Qualification work for obtaining the first (bachelor) level of higher education in the field of knowledge 13 “Mechanical engineering" in the field of training specialty 135 “Shipbuilding”, graduation department "Shipbuilding and Ship Repair named after Prof. Y.L. Vorobyov" of the Educational and Scientific Marine Engineering and Technical Institute of the Odesa National Maritime University.

The bachelor's thesis examines the design of a multi-purpose vessel for the transportation of general cargo and containers dw = 13500 t.

The purpose of the work is the design of a multi-purpose vessel for the transportation of general cargo and container ships dw = 13500 t.

In the work, the tasks related to the design of the given vessel and the possibilities of its operation were solved.

Keywords: SHIP DESIGN, CARGO, CAPACITY, CONTAINER CAPACITY, DOUBLE SIDES, CARGO CRANES.

# ВСТУП

Багатоцільові судна належать до універсального класу транспортних суден, здатних перевозити широкий спектр вантажів — від генеральних і контейнерних до проєктних та важких. Завдяки своїй конструкції вони поєднують переваги суховантажів і контейнеровозів, що робить їх затребуваними на сучасному ринку морських перевезень. Розміри й вантажопідйомність варіюються залежно від призначення судна та маршрутів його експлуатації.

Актуальність вантажів у контейнерах залишається високою завдяки декільком ключовим факторам. Контейнеризація дозволяє швидко та зручно перевозити великі обсяги товарів, зменшуючи час завантаження та розвантаження. Контейнери мають стандартні розміри, що спрощує процеси транспортування, обробки та зберігання вантажів. З розвитком глобалізації зростає потреба у швидкому та ефективному транспортуванні товарів між країнами, а контейнеризація повністю відповідає цій потребі. Окрім того, контейнери забезпечують захист вантажів від пошкоджень, втрати та крадіжок, а також можуть бути використані для перевезення різноманітних товарів.

У 2025 році багатоцільові судна дедвейтом близько 13500 тонн посідають вагоме місце на глобальному ринку морських перевезень. Завдяки своїй вантажопідйомності вони ефективно обслуговують трансокеанські та міжконтинентальні маршрути, зокрема лінії Європа — Південна Америка, Європа — Південно-Східна Азія та Близький Схід — Західна Африка. Попит на судна handymax-класу зумовлений потребою у перевезенні значних партій різнотипних вантажів при збереженні економічної ефективності рейсів.

Економічна ефективність багатоцільових суден полягає в декількох аспектах. Універсальні суховантажні судна можуть перевозити великі обсяги вантажів за один раз, що дозволяє знижувати витрати на перевезення на одиницю товару. Здатність перевозити різноманітні види вантажів забезпечує гнучкість у використанні суден та дозволяє оптимізувати їх роботу на різних торгових маршрутах. У порівнянні з іншими видами транспорту судноплавство зазвичай є менш витратним варіантом перевезення великих обсягів вантажів на великі

відстані, а утримання суховантажних суден є відносно економічним.

Саме судна з дедвейтом 13500 т поєднують значну вантажопідйомність для прибуткових трансокеанських рейсів з економічною доцільністю експлуатації. У сучасних умовах підвищених екологічних вимог такі судна забезпечують оптимальне співвідношення провізної здатності, витрати палива та універсальності у роботі з різнотипними вантажами.

Загалом, багатоцільові судна є економічно ефективним варіантом для перевезення великих обсягів різноманітних вантажів по морях та океанах, що дозволяє забезпечувати ефективність та конкурентоспроможність у міжнародній торгівлі. Ціль проектування багатоцільових суден полягає у створенні суден, які максимально відповідали б потребам сучасної торгівлі та логістики, забезпечуючи оптимальні умови для перевезення різноманітних вантажів.

Сенс архітектурно-конструктивного типу судна полягає в створенні такого дизайну та будівельних характеристик, які забезпечують оптимальну функціональність, ефективність, безпеку та сталість судна в експлуатації. У цій кваліфікаційній роботі розробляється багатоцільове судно, головною метою якого є перевезення генеральних вантажів і контейнерів, з урахуванням його технічних, експлуатаційних характеристик та індивідуального завдання.

Мета проекту – розробка багатоцільового судна dw = 13500 т, з урахуванням його швидкості 13,5 вуз. та необмеженого району плавання. Архітектурно-конструктивний тип, яким задається сам студент, надає можливість спроектувати унікальне судно з такими конструктивними особливостями, як подвійні борти, вантажні крани з правого та лівого борту.

Вибір дедвейту в 13500 т не є випадковим – він дозволяє розробити судно, здатне ефективно працювати на заданих маршрутах експлуатації. Урахування сучасних ринкових запитів дозволяє забезпечити комерційну життєздатність проєкту та відповідність сучасним тенденціям морської логістики.

Прототип судна відіграє важливу роль у процесі проектування нового судна. Прототип дозволяє перевірити технічні аспекти проекту, такі як гідродинамічні властивості, маневреність, остійність, оптимальність корпусу та

системи управління. Окрім того, шляхом аналізу прототипу можна зібрати дані про роботу судна в різних умовах експлуатації — швидкість, витрати палива, надійність обладнання, — що є важливим для оптимізації функціональності та ефективності проєктованого судна.

Прототипом судна, що проектується, обрано судно типу «Zealand Juliana».

| | | | | | КРБ – 135 «Суднобудування» | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпись | Дата | | | | |
| Розроб. | | Терещенко | | | Проект багатоцільвого судна dw = 13500 т Проектування судна | Літ. | Арк. | Аркушів |
| Перевір. | | Дімова | | | | | | |
| Керівник | | | | | | ОНМУ ННМІТІ 4 курс | | |
| Н. Контр. | | Чапленко | | | | | | |
| Затверд. | | | | | | | | |

# РОЗДІЛ 1. Проектування багатоцільового судна для перевезення генеральних вантажів і контейнерів dw = 13500 т

## 1.1. Дані ТЗ

| | | | |
|---|---|---|---|
| Дедвейт | dw | 13500 | т |
| Швидкість | v | 13,5 | вуз |
| Дальність плавання | R | 10000 | м. миль |
| Питомо-навантажувальний об'єм | q | 1,40 | $м^3/т$ |
| Конструктивні особливості | подвійні борта, вантажні крани ПрБ та ЛБ | | |

## 1.2. Вибір АКТ судна

Обрано наступний архітектурно-конструктивний тип судна:

- машинне відділення розташоване в кормі;
- одна безперервна палуба та твіндечна палуба;
- надбудови й рубки розташовані в кормі над МО. У кормі розташовані ют і кілька ярусів рубок. У носі розташований бак. Вантажних приміщень у надбудовах немає;
- число вантажних відсіків відповідно до Правил - 4. Особливих вантажних приміщень (для рідких вантажів і т.п.) на судні не передбачено;
- трюм для довгомірних вантажів не передбачений;
- наявність і розташування диптанків і подвійних бортів вище другого дна;
- сідлуватість і погиб бімсів відсутній;
- центральні люки по ширині судна;
- носовий край - похилий форштевень, бульб. Кормовий край - вертикальний транець;
- тип енергетичної установки - ДВС;
- число гвинтів - один.

## 1.3. Попереднє визначення техніко-експлуатаційних характеристик судна

### 1.3.1. Здавальна й експлуатаційна швидкість

Здавальна швидкість $v_{зд}$ у вузлах обчислюється по експлуатаційній швидкості $v_e$, за допомогою наближеного вираження:

$$v_{зд} = (1{,}07 - 1{,}10) \cdot v_e = (1{,}07 - 1{,}10) \cdot 13{,}5 = (14{,}45 - 14{,}85) \text{ вуз.}$$

Під $v_{зд}$ мається на увазі швидкість на ходових випробуваннях судна із проектною осадкою, проведених на тихій глибокій воді, корпус чистий, свіжопофарбований, потужність максимально тривала.

Прийнято: $v_{зд} = 14{,}5$ вуз.

### 1.3.2. Дальність плавання

Дальність плавання, що вказана в технічному завданні, збільшується на поправочний коефіцієнт x, що враховує можливі зміни погодних умов (штормова погода впливає на збільшення споживання палива, за рахунок збільшення потужності головних двигунів, або падіння швидкості), витрати палива в портах.

$$R = (1 + x) \cdot R_L = (1 + 0{,}3) \cdot 10000 = 13000 \text{ м. миль},$$

де $x = 0{,}3$ враховуючи, що приблизні надбавки на штормову погоду - 10%, та на простої в портах - 20%.

### 1.3.3. Вантажопідйомність

Так як задано дедвейт, то оцінюємо попередньо чисту вантажопідйомність $P_ч$, користуючись вираженням:

$$P_ч = c \cdot dw = 0{,}945 \cdot 13500 = 12758 \text{ т},$$

де коефіцієнт c визначаємо по графіку (рис. 1.3.3.1),

Величина для входу в графік:

$$10^{-3} \cdot R \cdot \frac{v_e^2}{\sqrt{dw}} = 10^{-3} \cdot 13000 \cdot \frac{13{,}5^2}{\sqrt{13500}} = 20{,}39.$$

Для суден з дизельною установкою $c = 0{,}945$.

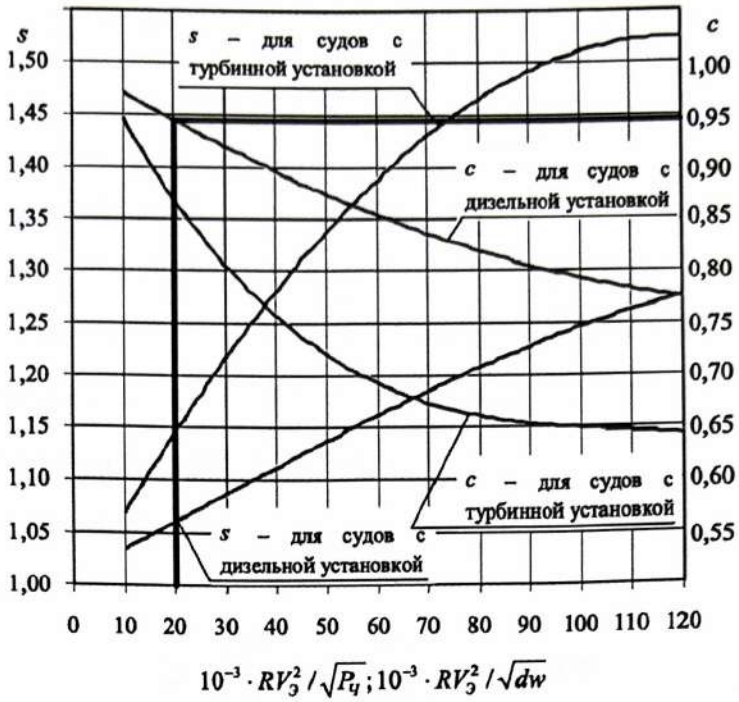



Рис. 1.3.3.1. Залежність між повною та чистою вантажопідйомністю

### 1.3.4 Контейнеромісткість

Для грубої оцінки контейнеромісткісті суден дедвейту 3000 - 18000 т, що приймається в трюми і на палубу, може бути заздалегідь оцінене за допомогою формули:

$$n_k \approx \frac{dw}{20} = \frac{13500}{20} = 675 \text{ TEU.}$$

В наступному, значення $n_k$ буде уточнене, тобто необхідно розмістити максимально можливу кількість контейнерів для кращого використання вантажопідйомності судна. Уточнення будуть виконані після визначення місткості контейнерів по довжині і по поперечному перетину судна.

В подальшому приймаємо наступні характеристики контейнерів:

| | 20-футовий контейнер | | | | 40-футовий контейнер | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| довжина | 6,10 | м | 20' | (футів) | 12,20 | м | 40' | (футів) |
| ширина | 2,44 | м | 8,0' | (футів) | 2,44 | м | 8,0' | (футів) |
| висота | 2,59 | м | 8,5' | (футів) | 2,59 | м | 8,5' | (футів) |
| середня маса | 15 | т | | | 30 | т | | |

## 1.4. Визначення загальних характеристик судна в першому наближенні

### 1.4.1. Водотоннажність

Водотоннажність судна Δ визначаємо за допомогою коефіцієнта утилізації водотоннажності $\eta_{dw}$ по дедвейту:

У розрахунках першого наближення коефіцієнт утилізації $\eta_{dw}$, визначаємо за статичними даними по побудованих судах. Для цієї мети використаємо графік (рис 1.4.3.1) залежності $\eta_{dw}$ від дедвейту.

По графіку $\eta_{dw} = 0{,}662$.

Водотоннажність:

$$\Delta \approx \frac{\mathrm{dw}}{\eta_{dw}} = \frac{13500}{0{,}662} = 20393 \text{ т.}$$

Об'ємна водотоннажність:

$$\nabla = \frac{\Delta}{\gamma} = \frac{20393}{1{,}025} = 19896 \text{ м}^3.$$

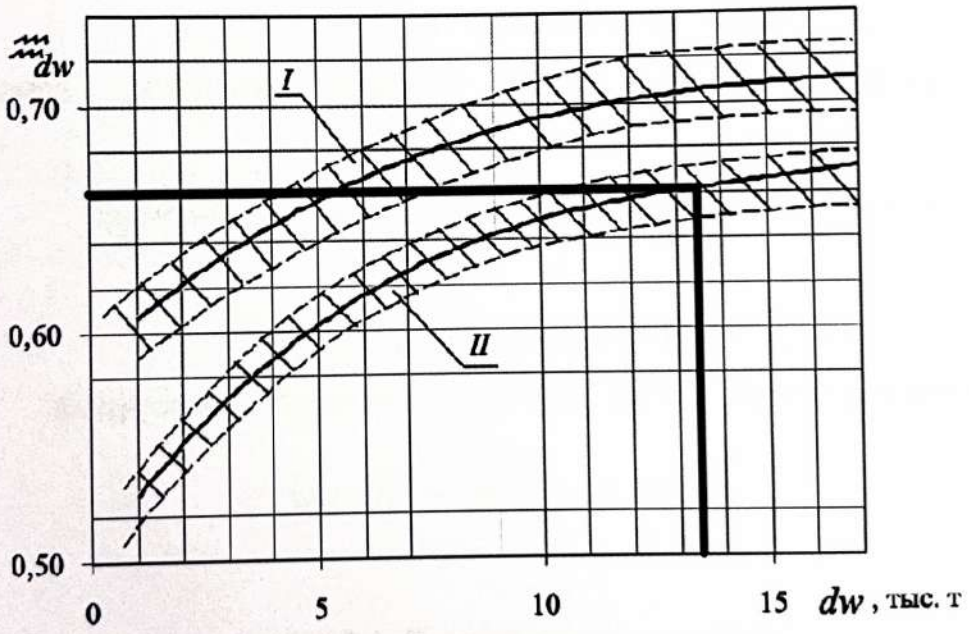



Рис. 1.4.1.1. Залежність коефіцієнта $\eta_{dw}$ від дедвейту

### 1.4.2. Довжина судна

Довжину судна між перпендикулярами в першому приближенні визначаємо за допомогою відносної довжини. Значення відносної довжини:

$$l = 3{,}45 + 0{,}114 \cdot v_{зд} = 3{,}45 + 0{,}114 \cdot 14{,}50 = 5{,}103,$$

$$L_{ПП} = l \cdot \sqrt[3]{\nabla} = 5{,}103 \cdot \sqrt[3]{19896} = 138{,}28 \text{ м}.$$

### 1.4.3. Коефіцієнти форми корпусу і абсциса центра величини

#### 1.4.3.1. Коефіцієнт повноти водотоннажності

Коефіцієнти повноти водотоннажності визначено в відповідності з формулою:

$$C_b = 0{,}99 - 1{,}2 \cdot Fr_{зд} = 0{,}9 - 1{,}2 \cdot 0{,}202 = 0{,}747,$$

де $Fr_{зд} = \frac{v_{зд}}{\sqrt{g \cdot L_{ПП}}} = \frac{0{,}514 \cdot 14{,}50}{\sqrt{9{,}81 \cdot 138{,}28}} = 0{,}202.$

#### 1.4.3.2. Коефіцієнт повноти мідель-шпангоута

Значення коефіцієнта повноти мідель-шпангоута $C_m$ визначаємо по формулі:

$$C_m = 0{,}928 + 0{,}085 \cdot C_b = 0{,}928 + 0{,}085 \cdot 0{,}747 = 0{,}992.$$

#### 1.4.3.3. Коефіцієнт повздовжньої повноти

Коефіцієнт поздовжньої повноти$C_p$ знаходиться за формулою:

$$C_p = \frac{C_b}{C_m} = \frac{0{,}747}{0{,}992} = 0{,}754.$$

#### 1.4.3.4. Коефіцієнт повноти ВВЛ

Коефіцієнт повноти вантажної ватерлінії визначено по формулі:

$$C_w = 0{,}7C_p + 0{,}3 = 0{,}7 \cdot 0{,}754 + 0{,}3 = 0{,}827.$$

Коэффициент полноты $C_w$ определяется исходя из длины судна по ватерлинии $L_{ВВЛ}$.

### 1.4.3.5. Абсциса ЦВ

Для визначення оптимальної з точки зору опору відносної абсциси ЦВ, використовуємо діаграму Ватсона рис. 1.4.3.5.1 (лінія для судна з носового бульба).

$$\frac{x_c}{L_{пп}} = 0{,}785\%,\ x_c = 0{,}785\% \cdot L_{пп} = 0{,}785\% \cdot 138{,}28 = 1{,}085 \text{ м.}$$

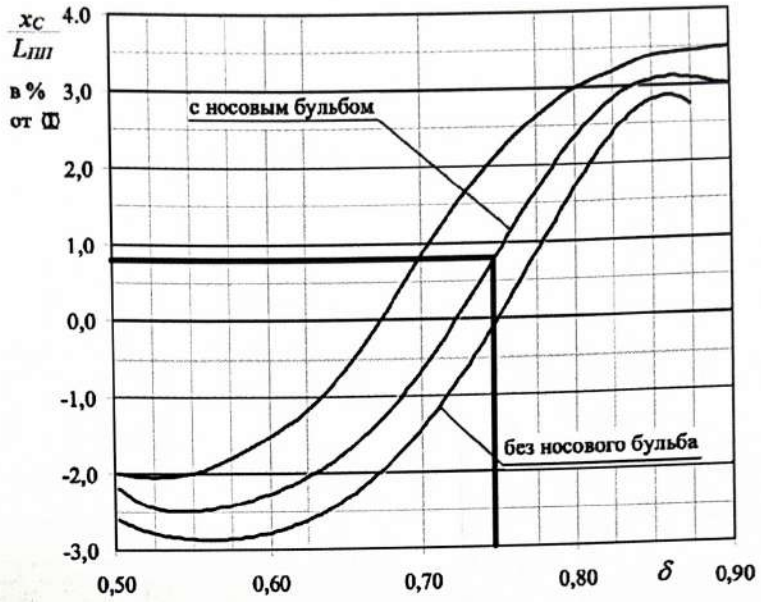



Рис. 1.4.3.5.1. Графік визначення положення ЦВ за довжиною судна.

### 1.4.4. Потужність головних двигунів

Номінальну потужність $N^*_{ном}$ головних двигунів визначаємо, користуючись наближеним методом Ю.А.Будницкого.

Шукана $N^*_{ном}$ в кВт, необхідна для досягнення швидкості $v_e$ в умовах здавальних випробувань (тиха, глибока вода, свіжопофарбований корпус) визначається за формулою:

$$N^*_{ном} = K_E \cdot K_{C_b} \cdot K_l \cdot N_0 \cdot \frac{1}{\eta_p} = 1{,}2 \cdot 1{,}35 \cdot 0{,}97 \cdot 1976 \cdot \frac{1}{0{,}71} = 4340 \text{ кВт,}$$

де: $N_0 = 1976$ кВт - базова потужність. Визначена згідно з рис. 1.4.4.1 при $\Delta = 20393$ т та $v_e = 13{,}5$ вуз.

$K_E = 1{,}2$ - коефіцієнт, що враховує вплив середніх умов експлуатації судна (вітер, хвилювання, стани поверхні корпусу і т.д.);

$K_{C_b} = 1{,}5$ - коефіцієнт, що враховує вплив коефіцієнта загальної повноти на буксировочну потужність. Визначається згідно з рис. 1.4.4.2. При:

$$0{,}8 \cdot l^{1/8} \cdot Fr = 0{,}8 \cdot 5{,}103^{1/8} \cdot 0{,}202 = 0{,}198.$$

$K_l = 0{,}97$ - коефіцієнт, що враховує вплив коефіцієнту відносної довжини l на буксировочну потужність. Визначається згідно з рис. 1.4.4.3

$\eta_p = 0{,}71$ - пропульсивний коефіцієнт;

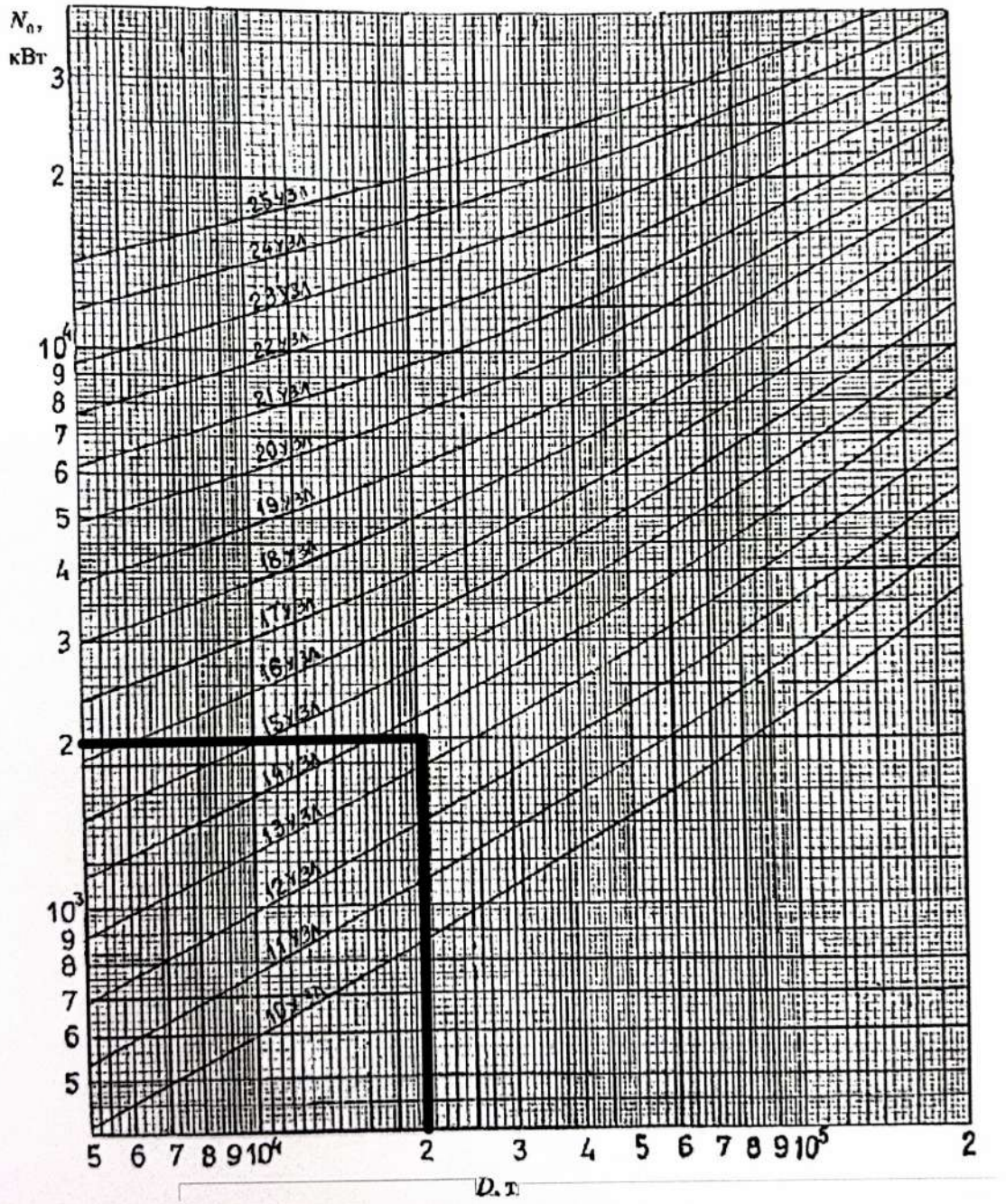



Рис. 1.4.4.1. Графік визначення базової потужності

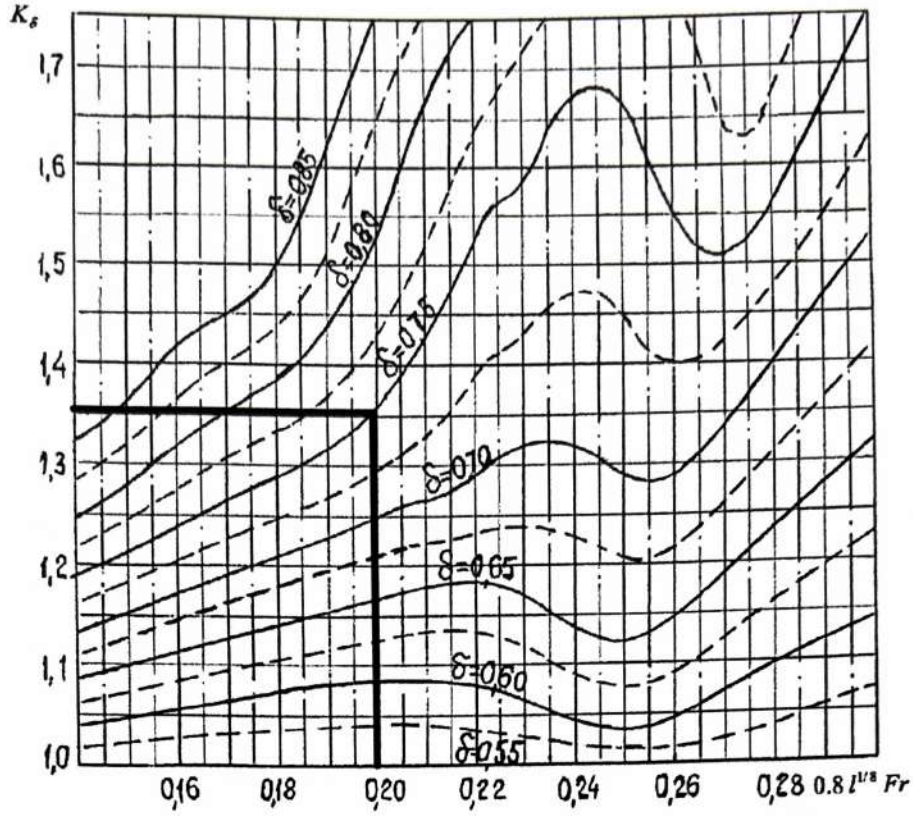



Рис. 1.4.4.2. Графік для оцінки впливу δ на буксирувальну потужність

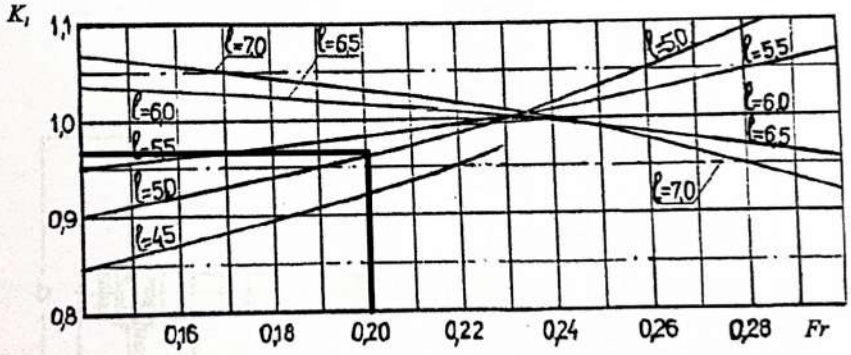



Рис. 1.4.4.3. Графік для оцінки впливу відносної довжини l на буксирувальну

В якості головного двигуна приймаємо MAN S35ME-C9.7/-GI.

| | | | |
|---|---|---|---|
| Номінальна потужність | N = | 4350 | кВт |
| Кількість обертів | n = | 167 | об/хв |
| Маса | m = | 16,3 | т |

Розшифровка моделі двигуна MAN “S35ME-C9.7/-GI”:

S - судновий двигун;

35 - діаметр циліндра у сантиметрах, що становить 350 мм;

ME - двигун з електронною системою керування, яка забезпечує точніше регулювання роботи порівняно з традиційним механічним управлінням;

C - позначення серії, що вказує на конструктивну компактність двигуна;

9.7 - версія серії C;

/-GI - позначення двопаливної модифікації:

G - робота на газовому паливі;

I - газове упорскування з можливістю переходу на дизельне паливо.

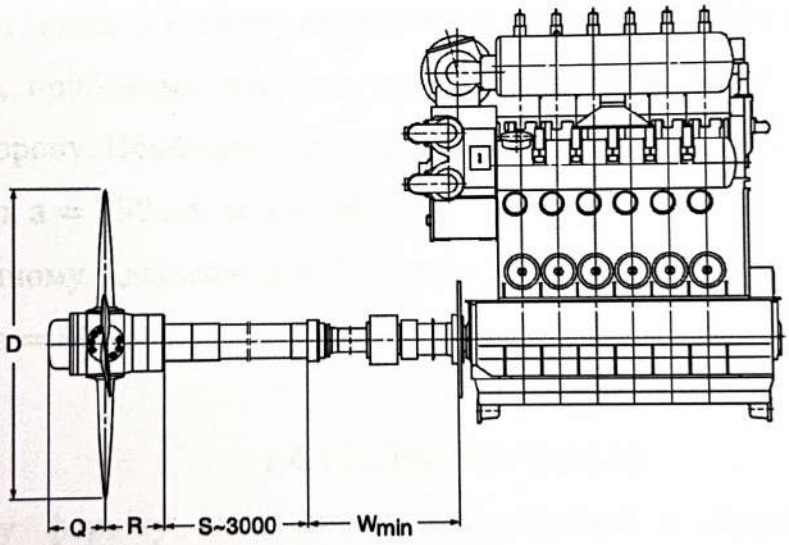



Рис. 1.4.4.4. Двигун MAN S35ME-C9.7/-GI.

### 1.4.5. Перевірка і уточнення довжини судна

#### 1.4.5.1. Поперечні перебірки

Згідно Правил Регістру, число поперечних водонепроникних перебірок, включаючи перебірки форпіка і ахтерпіка та кормовим розташуванням машинного відділення, повинно бути не менше означеного в п. 2.7.1.3 Правил РУ

При кормовому розташуванні машинного відділення – 6.

При цьому число вантажних трюмів – 4.

Водночас, Правилами Регістру Судноплавства окремо оговорюється, що довжина трюму не повинна перевищувати 30 м.

#### 1.4.5.2. Шпація

Нормальну шпацію визначаємо по формулі (п. 1.1.3 Правил РУ):

$$a_0 = 0{,}002L + 0{,}48 = 0{,}002 \cdot 138{,}28 + 0{,}48 = 0{,}757 \text{ м.}$$

Оскільки Правила Регістру припускають відхилення від нормальної шпації в межах 25%, приймаємо значення шпації кратним 50 мм з округленням в найближчу сторону. Приймаємо значення поперечної шпації основного набору:

у трюмах $a = 750$ мм та $a = 700$ мм;

в машинному відділенні $a = 700$ мм;

у піках $a = 600$ мм.

#### 1.4.5.3. Довжина форпіку

Довжину форпіку визначено в відповідності з Правилами Регістру Судноплавства (не менш 0,05L від довжини судна, або 10 м, залежно від того, що менше, але не більш 8% довжини судна, або 0,05L + 3 м, дивлячись по тому, що більше):

$$L_{\Phi min} = 10 \text{ м або } L_{\Phi min} = 0{,}05L = 0{,}05 \cdot 138{,}28 = 6{,}91 \text{ м;}$$

$$L_{\Phi max} = 0{,}05L + 3 = 0{,}05 \cdot 138{,}28 = 9{,}91 \text{ м або}$$

$$L_{\Phi max} = 0{,}08L = 0{,}08 \cdot 138{,}28 = 10{,}37 \text{ м.}$$

Прийнято довжину форпіку рівною $L_{\Phi} = 7{,}20$ м.

### 1.4.5.4. Довжина ахтерпіку

Відстань від кормового перпендикуляру до переборки ахтерпіку повинна забезпечувати розміщення дейдвудного пристрою і залежить від конструкції кормової кінцевої частини судна. Для призначення довжини ахтерпіку можна скористуватися даними, основаними на статистиці (таблиця 4.2 [1]), або формулою:

$$L_A = l_A \cdot L_{ПП} = 0{,}048 \cdot 138{,}28 = 6{,}64 \text{ м.}$$

$$L_A = 0{,}04L_{ПП} + 1{,}5 = 0{,}04 \cdot 138{,}28 + 1{,}5 = 7{,}03 \text{ м.}$$

Прийнято довжину ахтерпіку рівною $L_A = 6{,}60$ м.

### 1.4.5.5. Довжина машинного відділення

Згідно рекомендаціям (таблиця 4.3 [1]), довжину МВ визначаємо

$$L_{MB} = 0{,}379N_{max}{}^{0{,}44} = 0{,}379 \cdot 4350^{0{,}44} = 15{,}12 \text{ м;}$$

$$L_{MB} = (0{,}13 - 0{,}15) \cdot L_{ПП} = (0{,}13 - 0{,}15) \cdot 138{,}28 = (17{,}98 - 20{,}74) \text{ м.}$$

Прийнято довжину машинного відділення $L_{MB} = 18{,}2$ м.

### 1.4.5.6. Довжина вантажних люків

Довжини комінгсів люків встановлюються в залежності від розмірів (довжини) і числа поперечних рядів стандартних контейнерів, що містяться по довжині люків.

Перевірка і уточнення довжини $L_{ПП}$ судна виконується шляхом поділу судна на відсіки з урахування кількості поперечних перебірок, з урахуванням прийнятої шпації поперечного набору, вибраних довжин повздовжніх комінгсів, довжин міжлюкових перемичок (для можливості перевезення контейнерів, для складання люкових кришок). Перевірку виконано в табл. 1.4.5.1.

Таблиця 1.4.5.1. Поділ довжини судна на відсіки

| Назва | | Шпації | | Довжина | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | а, мм | кількість | $l_i$, м | $l_{отс}$, м |
| Форпік | $L_Ф$ = | 600 | 12 | 7,20 | 7,20 |
| Перемичка №1 носов. | $t_{1н}$ = | 700 | 9 | 6,30 | 28,00 |
| Люк №1 | $l_{л1}$ = | 700 | 28 | 19,60 | |
| Перемичка №1 корм. | $t_{1к}$ = | 700 | 3 | 2,10 | |
| Перемичка №2 носов. | $t_{2н}$ = | 750 | 4 | 3,00 | 26,25 |
| Люк №2 | $l_{л2}$ = | 750 | 27 | 20,25 | |
| Перемичка №2 корм. | $t_{2к}$ = | 750 | 4 | 3,00 | |
| Перемичка №3 носов. | $t_{3н}$ = | 750 | 4 | 3,00 | 26,25 |
| Люк №3 | $l_{л3}$ = | 750 | 27 | 20,25 | |
| Перемичка №3 корм. | $t_{3к}$ = | 750 | 4 | 3,00 | |
| Перемичка №4 носов. | $t_{4н}$ = | 750 | 4 | 3,00 | 26,25 |
| Люк №4 | $l_{л4}$ = | 750 | 27 | 20,25 | |
| Перемичка №4 корм. | $t_{4к}$ = | 750 | 4 | 3,00 | |
| Машинне відділення | $L_{МВ}$ = | 700 | 26 | 18,20 | 18,20 |
| Ахтерпік | $L_A$ = | 600 | 11 | 6,60 | 6,60 |

$$L_{ПП} = L_Ф + L_{МВ} + L_A + \sum L_{тр},$$

$$L_{ПП} = 6{,}60 + 7{,}20 + 18{,}20 + 26{,}25 + 26{,}25 + 26{,}25 + 28{,}00 = 138{,}75 \text{ м}.$$

Різниця між уточненим та первинним значенням $L_{ПП}$ складає:

$$\frac{|138{,}75 - 138{,}28|}{138{,}28} \cdot 100\% = 0{,}34\%.$$

Тобто різниця між уточненим та первинним значеннями $L_{ПП}$ не перевищує 1%, корегування інших, раніше визначених елементів ($\alpha, \beta, \delta, \varphi, Fr, x_c, N^*_{ном}$) не потрібно.

### 1.4.6. Ширина і висота борту судна

Поперечні розміри судна - ширина B та висота борту D - за вже відомими значеннями довжини та коефіцієнтів форми корпусу визначаються з урахуванням наступних умов:

- забезпечення необхідної вантажомісткості судна при перевезенні генерального вантажу;

- оптимального, з точки зору ефективного використання вантажомісткості, розміщення стандартних контейнерів за шириною і висотою у трюмах і твінаках;

- забезпечення вимогливої поперечної остійності відповідно до вимог Правил.

Висота борту D повинна відповідати вимогам Правил Регістру щодо вантажної марки, які нормують надводний борт судна.

#### 1.4.6.1. Забезпечення місткості судна

Необхідна для проектного судна місткість забезпечується відповідністю головних елементів судна рівнянню місткості, що зв`язує їх з питомою (приведеною) теоретичною вантажомісткістю основного корпусу Wтг, яка являє собою обсяг судна вище подвійного дна, обмежений згори верхньою палубою, а по довжині – кінцевими переборками вантажного простору.

З рівняння місткості знаходяться поперечні розміри B x D, величина яких забезпечує необхідну місткість основного корпусу судна. Задача може бути вирішена за допомогою побудови безрозмірної епюри місткості (рис. 1.4.6.1.1).

Для побудови епюри необхідно обчислити коефіцієнти загальної повноти основного корпусу для носової та кормової кінцевих частин корпусу.

$$C_{b_H} = C_b + C_4\left(\frac{D}{d_K} - 1\right)(1 - C_b) = 0{,}747 + 0{,}4\left(\frac{1}{0{,}85} - 1\right)(1 - 0{,}747) =$$

$$= 0{,}765,$$

$$C_{b_{H_{нос}}} = C_{b_H} + 2{,}25\bar{x}_c = 0{,}765 + 2{,}25 \cdot (0{,}01085) = 0{,}783,$$

$$C_{b_{H_{корм}}} = C_{b_H} - 2{,}25\bar{x}_c = 0{,}765 - 2{,}25 \cdot (0{,}0185) = 0{,}747,$$

де $\delta_H$ - коефіцієнт загальної повноти основного корпусу судна;

$C_4$ - коефіцієнт, що залежить від форми носових шпангоутів;

$C_4 = 0{,}40$ при V – образних носових шпангоутах;

Приймаємо $C_4 = 0{,}40$ при V – образних носових шпангоутах;

$D/d_K = 0{,}85$ конструктивна осадка судна;

$\bar{x}_c = 0{,}01085$ - відносна абсциса ЦВ судна:

Побудова безрозмірної епюри виконана з допомогою графіків, з яких для різноманітних положень по довжині знімаються ординати безрозмірної епюри в залежності від коефіцієнтів повноти носової та кормової частин основного корпусу і D/d:

$$\frac{D}{d} = 1{,}07q\frac{P_ч}{\Delta} + \frac{h_{дд}}{d} = 1{,}07 \cdot 1{,}40 \cdot \frac{12758}{20393} + 0{,}20 = 1{,}137,$$

де $q = 1{,}40$ м$^3$/т - заданий питомо-навантажувальний об'єм вантажу;

$\eta_ч = P_ч/\Delta$ - коефіцієнт утилізації водотоннажності по чистій вантажопідйомності;

$h_{дд}/d = 0{,}20$ - для суден з подвійними бортами до нижньої палуби.

Для приблизної оцінки $h_{дд}/D$ можна скористуватися наступними рекомендаціями Є.Г. Оберемка

Приймаємо $h_{дд}/D = 0{,}10$ - для суден з подвійними бортами по всій висоті.

Відношення довжини форпіку до прийнятої довжини судна:

$$l_Ф = \frac{L_Ф}{L_{ПП}} = \frac{7{,}20}{138{,}75} = 0{,}052.$$

Відношення довжини ахтерпіку до прийнятої довжини судна:

$$l_A = \frac{L_A}{L_{ПП}} = \frac{6{,}60}{138{,}75} = 0{,}048.$$

Відношення довжини МВ до прийнятої довжини судна:

$$l_{МВ} = \frac{L_{МВ}}{L_{ПП}} = \frac{18{,}20}{138{,}75} = 0{,}137.$$

В таблиці 1.4.6.1.1. наведені ординати безрозмірної епюри місткості для значень коефіцієнтів загальної повноти носової та кормової частини корпусу судна:

$$C_{b_{H_{нос}}} = 0{,}783 \text{ та } C_{b_{H_{корм}}} = 0{,}747.$$

Таблиця 1.4.6.1.1. Ординати безрозмірної епюри місткості

| $x_i$ | $y_i$ | $x_i$ | $y_i$ | $x_i$ | $y_i$ |
|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0,15 | 7 | 0,97 | 14 | 0,99 |
| 1 | 0,37 | 8 | 1,00 | 15 | 0,95 |
| 2 | 0,56 | 9 | 1,00 | 16 | 0,86 |
| 3 | 0,71 | 10 | 1,00 | 17 | 0,71 |
| 4 | 0,85 | 11 | 1,00 | 18 | 0,52 |
| 5 | 0,94 | 12 | 1,00 | 19 | 0,28 |
| 6 | 0,95 | 13 | 1,00 | 20 | 0,00 |

По ординатам безрозмірної епюри місткості виконуємо побудову безрозмірної епюри місткості. В результаті побудов на епюрі може бути виділена і обчислена, з урахуванням масштабу по довжині та висоті епюри, площа - $w = 0{,}626$, заштрихована на рис. 1.4.6.1.1, відповідна приблизно обсягу $W_{тг}$ основного корпусу, розташованого по довжині судна в межах вантажних відсіків, а по висоті - вище подвійного дна. Розрахунок цієї площі, з урахуванням площин по довжині та висоті, відбувався методом трапецій.

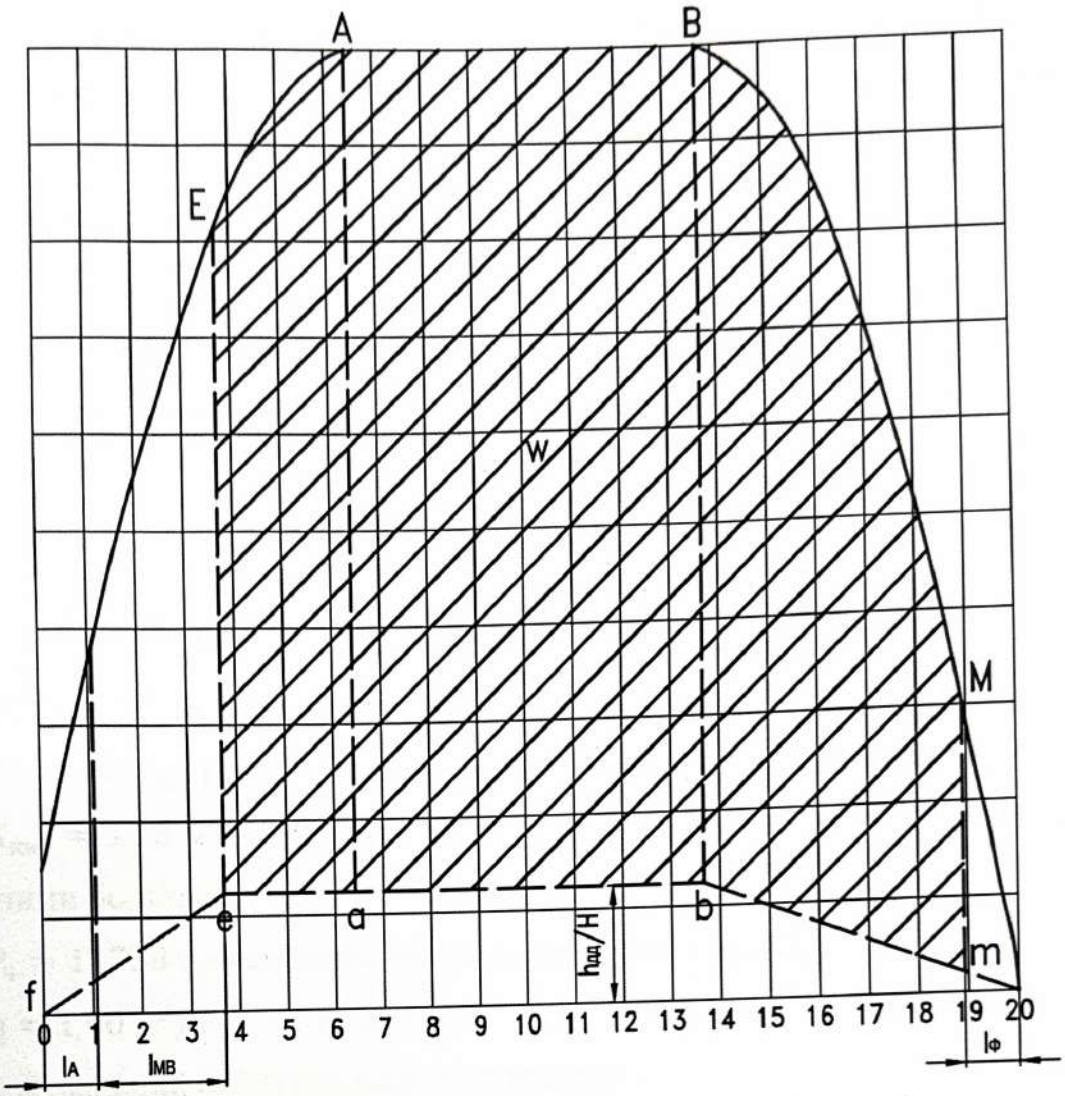



Рис. 1.4.6.1.1. Безрозмірна епюра місткості

Теоретичний обсяг вантажних приміщень: $W_{тг} = C_w \cdot \omega \cdot C_m{}' \cdot L_{пп} \cdot B \cdot H$.

Коефіцієнт повноти мідель-шпангоута до верхньої палуби визначаємо по формулі:

$$C_m{}' = \frac{C_m + {}^{D}/_{d} - 1}{{}^{D}/_{d}} = \frac{0{,}992 + 1{,}137 - 1}{1{,}137} = 0{,}993.$$

Коефіцієнт, що враховує наявність вигину і сідлуватості палуби $a = 1$, скільки проектуємо судно не має сідлуватості та вигину бімсів.

Обсяг $W_{тг}$ визначаємо по формулі:

$$W_{тг} = К_З \cdot \left(W_{З\,гр}^{полн} + W_ц - W_н - W_л\right),$$

де $W_{З\,гр}^{полн}$ - повна зернова вантажомісткість судна;

$W_ц$ - зернова місткість для диптанків, подвійних бортів і інших подібних приміщень, розташованих в межах вантажних відсіків вище подвійного дна;

$W_н$ - зернова місткість для ватажних приміщень в надбудовах;

$W_л$ - ємність всередині комінгсів всіх люків до рівня кришок;

$K_З$ - коефіцієнт, що враховує тілесність набору, пайола і та ін.

Розрахункова формула для визначення поперечних розмірів судна, що задовольняють умові забезпечення необхідної місткості:

$$B \cdot D = \frac{K_З\left(W_{З\,гр}^{полн} + W_Ц\right)}{(1 + \overline{W_Л}) \cdot a\omega\beta' L_{ПП}};$$

$$B \cdot D = \frac{1{,}01 \cdot (18396 + 2457)}{(1 + 0{,}0122) \cdot 1{,}0 \cdot 0{,}626 \cdot 0{,}993 \cdot 138{,}75} = 241\ м^2,$$

де $K_З = 1{,}01$ - для судна з подвійними бортами;

$W_{ген} = K_{кип} \cdot P_ч \cdot q, м^3$ - місткість для генерального вантажу (кіпова);

$K_{кип} = 1{,}03$ - коефіцієнт, що враховує тілесність набору (для судна з подвійними бортами);

$P_ч = 12758$ т - необхідна вантажопідйомність судна;

$q = 1{,}40\ м^3/т$ - необхідний за технічним завданням питомо-навантажувальний об'єм генерального вантажу;

$$W_{ген} = W_{З\,гр}^{полн} = K_{кип} \cdot P_ч \cdot q = 1{,}03 \cdot 12758 \cdot 1{,}40 = 18396\ м^3$$

Відносну місткість комінгсів приймаємо рівній: $\overline{W_Л} = 0{,}0125$.

Тоді для попередньої оцінки місткості цистерн:

$$W_Ц \cong 0{,}4 \cdot \left(\frac{P_Т}{\gamma_Т} + \frac{P_{бал}}{\gamma_{бал}}\right) = 0{,}4 \cdot \left(\frac{743}{0{,}85} + \frac{5400}{1{,}025}\right) \approx 2457\ м^3,$$

де $P_т = dw \cdot (1 - c) = 13500 \cdot (1 - 0{,}945) = 743$ т (вага палива);

$\gamma_т = 0{,}85\ т/м^3$ - густина палива;

$P_{бал} = 0{,}4 \cdot dw = 0{,}4 \cdot 13500 = 5400$ т (вага баласта);

$\gamma_б = 1{,}025\ т/м^3$ - густина баласта.

По отриманому значенню B · D згідно табл. 4.6 [1], вибираємо параметри контейнерного штабелю 7 × 4 - центральні люки.

Ширину люку визначаємо по рекомендаціям К.В. Кохановського і Є.Г. Оберемка:

$$b_{л\,k} = 2{,}5 \cdot n + 0{,}5 = 2{,}5 \cdot 7 + 0{,}5 = 18{,}00 \text{ м.}$$

Приймаємо ширину люку: $b_{л\,k} = 18{,}00$ м.

Ширина поперечної підпалубної кишені та міжлюкової перемички повинна бути не менше 1,50 м, що зумовлене безпечною шириною проходу по верхній палубі між поздовжніми комінгсами люку та бортом.

Ширину поперечного підпалубного карману приймаємо: $b_{п\,кр} = 1{,}50$ м.

### 1.4.6.2. Ширина судна

Ширину судна визначено як суму:

$$B = \sum_{k} b_{л\,k} + 2 \cdot b_{п.кр} + b_{дп} = 18{,}00 + 2 \cdot 1{,}50 = 21{,}00 \text{ м.}$$

### 1.4.6.3. Висота борту

Висоту борту визначено по формулі:

$$D = \frac{B \cdot D}{B} = \frac{241}{21{,}00} = 11{,}50 \text{ м.}$$

Для попередньої оцінки остійності значення B/D повинні бути в межах 1,62 - 2,26. Обрані значення $B/D = 21{,}00/11{,}50 = 1{,}826$ задовольняють вимогам остійності.

### 1.4.6.4. Осадка судна

Проектна осадка в першому наближенні визначається з рівняння плавучості:

$$d = \frac{\Delta}{\gamma \cdot C_b \cdot L \cdot B} = \frac{19896}{1{,}025 \cdot 0{,}747 \cdot 138{,}75 \cdot 21{,}00} = 8{,}90 \text{ м.}$$

Мінімальна необхідна висота подвійного дна в відповідності з Правилами Регістру Судноплавства:

$$h_{дд} = \frac{L - 40}{570} + 0{,}04B + 3{,}5\frac{d}{L};$$

$$h_{дд} = \frac{138{,}75 - 40}{570} + 0{,}04 \cdot 21{,}00 + 3{,}5 \cdot \frac{8{,}90}{138{,}75} = 1{,}24.$$

Висоту подвійного дна прийнято: $h_{дд} = 1{,}25$ м.

Висоту трюму прийнято: $h_{тр} = 10{,}25$ м.

Висоту комінгсу прийнято: $h_{ком} = 0{,}35$ м.

Висота вантажної зони складає: $h_{тр} + h_{ком} = 10{,}60$ м.

Висота контейнерного штабелю складає: 10,36 м.

Заздалегідь число ярусів палубних контейнерів передбачається на основі рекомендації, отриманої на основі аналізу даних по побудованим судам

$$h_{пк} \leq B - D - h_{ком} = 21{,}00 - 11{,}50 - 0{,}35 = 9{,}10 \text{ м}$$

Тут $h_{пк}$ - висота штабелю контейнерів, встановлених на кришках люків верхньої палуби.

Таким чином число ярусів контейнерів, встановлених на кришках люків верхньої палуби в першому наближенні 3 яруси.

### 1.4.7. Забезпечення остійності

Від поперечних розмірів судна при відомих характеристиках форми корпусу залежить також його поперечна остійність. Для того, щоб визначені раніше поперечні розміри судна – ширина і висота борту задовольняли водночас і умови остійності, слід керуватися формулою:

$$\zeta_{max} = \frac{B}{D}\left(2\sqrt{k_1 k_2} - \bar{h}_{0\,пред}\right) = \frac{21{,}00}{11{,}50} \cdot \left(2\sqrt{0{,}531 \cdot 0{,}079} - 0{,}03\right) = 0{,}691,$$

де $\bar{h}_{0\,пред} = h_{0\,пред}/B$ - гранична відносна метацентрична висота;

$\bar{h}_{0\,пред} = h_{0\,пред}/B = 0{,}02 \div 0{,}03$ - при B = 16 … 25 м, принято:

$\bar{h}_{0\,пред} = 0{,}03$.

$$k_1 = \frac{C_w}{C_w + C_{b_B}} = \frac{0{,}827}{0{,}827 + 0{,}732} = 0{,}531.$$

$C_{b_B} = C_b \frac{L_{ПП}}{L_{ВВЛ}} = 0{,}747 \cdot 0{,}98 = 0{,}732$ - коефіцієнт загальної повноти, що визначається по довжині судна по ватерлінії, з урахуванням що відношення $L_{ПП}/L_{ВВЛ} = 0{,}98$.

$$k_2 = k_r \frac{{C_w}^2}{C_{b_B}} = 0{,}084 \cdot \frac{0{,}820^2}{0{,}732} = 0{,}079.$$

$k_r = 0{,}084$ - коефіцієнт при транцевій кормі.

Для попередньої оцінки виконання умови остійності, певні в першому наближенні значення B/D перевіряються по статистичним даним, характерним для суден даного типу:

| | |
|---|---|
| $1{,}65 \le \frac{B}{D} \le 2{,}25$ | $0{,}63 \le \zeta_{max} \le 0{,}74$ |
| $B/D = 21{,}00/11{,}50 = 1{,}83$ | $\zeta_{max} = 0{,}691$ |

Умови остійності в першому наближенні виконуються.

Визначимо безрозмірні відношення головних розмірів і порівняємо їх зі статистикою:

| | |
|---|---|
| $L_{ПП}/B = 138{,}75/21{,}00 = 6{,}61$ | 5,80 - 7,00 |
| $B/d = 21{,}00/8{,}90 = 2{,}36$ | 2,20 - 3,00 |
| $B/D = 21{,}00/11{,}50 = 1{,}83$ | 1,65 - 2,25 |
| $L_{ПП}/D = 138{,}75/11{,}50 = 12{,}07$ | 11,0 - 13,0 |

### 1.4.8. Розрахунок навантаження судна

Маса судна в вантажы (водотоннажність) може бути подана у вигляді суми:

$$\Delta' = \Delta_{пор} + dw,$$

де $\Delta_{пор}$ - водотоннажність судна у порожньому, т.

Розрахунок навантаження судна виконується методом Шнеєклюта у відповідності з методичними вказівками [1].

Водотоннажність порожнього судна розраховується за формулою:

$$\Delta_{пор} = P_{ст} + P_{нр} + P_{об} + P_{еу} + P_{з},$$

де $P_{ст}$ - маса сталі основного корпусу;

$P_{нр}$ - маса надбудов та рубки;

$P_{об}$ - маса обладнання;

$P_{еу}$ - маса енергетичної установки;

$P_{з}$ - запас водотоннажності .

1.4.8.1. Вихідні дані для розрахунку

$L_{ПП} = 138{,}75$ м - довжина між перпендикулярами;

$B = 21{,}00$ м - ширина судна;

$H = 11{,}50$ м - висота борту;

$d = 8{,}90$ м - проектувальна осадка;

$d_к = 0{,}85 \cdot D = 0{,}85 \cdot 11{,}50 = 9{,}78$ м - конструктивна осадка;

$C_b = 0{,}736$ - коефіцієнт загальної повноти;

$h_{бак} = 2{,}60$ м, $l_{бак} = 6{,}60$ м - висота та довжина баку;

$h_{ют} = 2{,}60$ м, $l_{ют} = 7{,}20$ м - висота та довжина юта;

$N_{max} = 4350$ кВт - максимальна потужність головного двигуна;

$\eta_д = 146$ об/хв - частота обертів валу двигуна;

$\eta_в = 146$ об/хв - частота обертів гребного гвинта

Характеристики люків:

| | $l_{лі}$, м | $b_{лі}$, м | $h_{лі}$, м | $V_{лі}$, м$^3$ |
|---|---|---|---|---|
| Люк №1 | 12,60 | 10,20 | 1,65 | 212,06 |
| Люк №2 | 19,50 | 15,50 | 1,65 | 498,71 |
| Люк №3 | 19,50 | 15,50 | 1,65 | 498,71 |
| Люк №4 | 19,50 | 15,50 | 1,65 | 498,71 |
| | | | Σ | 1974,22 |

1.4.8.2. Розрахунок маси сталі основного корпусу

$$P_{ст} = P_{ст}^{0} + \sum_{i=1}^{m} \Delta_i,$$

де $P_{ст}^{0}$ - маса сталі основного корпусу;

$\Delta_i$ - поправки, що враховують відмінності в АКТ судна, що проектується, від базового.

1.4.8.2.1. Розрахунок $P_{ст}^{0}$

$$P_{ст}^{0} = V_0 \cdot C_1 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6, т$$

де $V_0$ - обсяг основного корпусу по верхню палубу:

$$V_0 = V_н + V_л + V_в = 24661{,}98 + 1974{,}22 = 26636{,}20\ м^3,$$

$V_н = \delta \cdot L_{ПП} \cdot B \cdot D = 0{,}736 \cdot 138{,}75 \cdot 21{,}00 \cdot 11{,}50 = 24661{,}98\ м^3$ - обсяг основного корпусу до горизонтальної площині площини, проходить на висоті H;

$V_л = 1974{,}22\ м^3$ - об'єм в середині комінгсів;

$V_в = 0\ м^3$ - додатковий об'єм за рахунок вигину палуби.

$$C_1 = 0{,}103 \cdot [1 + 17 \cdot (L - 110)^2 \cdot 10^{-6}] =$$

$$= 0{,}103 \cdot [1 + 17 \cdot (138{,}75 - 110)^2 \cdot 10^{-6}] = 0{,}1031;$$

$$K_1 = 1 + 0{,}033 \cdot \left(\frac{L}{D} - 12\right) = 1 + 0{,}033 \cdot \left(\frac{138{,}75}{11{,}50} - 12\right) = 1{,}002;$$

$$K_2 = 1 + 0{,}06 \cdot \left(n - \frac{D}{4}\right) = 1 + 0{,}06 \cdot \left(4 - \frac{11{,}50}{4}\right) = 1{,}067;$$

$$K_3 = 1 + 0{,}05\left(1{,}85 - \frac{B}{D}\right) = 1 + 0{,}05\left(1{,}85 - \frac{21{,}00}{11{,}50}\right) = 1{,}001;$$

$$K_4 = 1 + 0{,}20 \cdot \left(\frac{d_к}{D} - 0{,}85\right) = 1 + 0{,}20 \cdot (0{,}85 - 0{,}85) = 1{,}00;$$

$$K_5 = 0{,}92 + (1 - C_{bH}) = 0{,}92 + (1 - 0{,}736) = 1{,}184;$$

$$K_6 = 1 + 0{,}75 \cdot C_{bH} \cdot (C_m - 0{,}98) = 1 + 0{,}75 \cdot 0{,}736 \cdot (0{,}991 - 0{,}98) =$$

$$= 1{,}006.$$

Підставляючи у вираз, отримаємо:

$$P_{ст}^{0} = 26636{,}20 \cdot 0{,}1031 \cdot 1{,}002 \cdot 1{,}067 \cdot 1{,}001 \cdot 1{,}00 \cdot 1{,}184 \cdot 1{,}006 =$$
$$= 3500{,}98 \text{ т.}$$

1.4.8.2.2. Визначення поправок

Виправлення на наявність бульба:

$$\Delta_1 = (0{,}004 - 0{,}007) \cdot P_{ст}^{0} = 0{,}005 \cdot 3500{,}98 = 17{,}50 \text{ т.}$$

Виправлення на наявність подвійних бортів:

$$\Delta_2 = (1{,}4 - 1{,}6) \cdot P_{л.вн.б.} = 1{,}4 \cdot 1165{,}45 = 1631{,}63 \text{ т,}$$

де $P_{л.вн.б.} = 2 \cdot (h \cdot l) = 2 \cdot 5{,}50 \cdot 105{,}95 = 1165{,}45$ т - маса стальних листів внутрішніх бортів;

h - висота внутрішнього борту;

l - довжина внутрішнього борту.

Виправлення на льодове посилення

$$\Delta_3 = 0{,}02 \cdot P_{ст}^{0} = 0{,}02 \cdot 3500{,}98 = 70{,}02 \text{ т.}$$

Тоді маса сталі основного корпусу:

$$P_{ст} = 3500{,}98 + 17{,}50 + 1631{,}63 + 70{,}02 = 5220{,}13 \text{ т.}$$

Абсциса центра мас сталі основного корпусу визначається за формулою:

$$x_{g.ст} = -0{,}03 \cdot L_{пп} = -0{,}03 \cdot 138{,}75 = -4{,}16 \text{ м.}$$

Апліката центра мас сталі основного корпусу визначається за формулою:

$$z_{g.ст} = \left[48 + 0{,}15 \cdot (0{,}85 - C_{b_H}) \cdot \left(\frac{L}{D}\right)^2\right] \cdot \left(\frac{D}{100}\right) =$$

$$= \left[48 + 0{,}15 \cdot (0{,}85 - 0{,}736) \cdot \left(\frac{138{,}75}{11{,}50}\right)^2\right] \cdot \left(\frac{11{,}50}{100}\right) = 5{,}15 \text{ м.}$$

1.4.8.3. Розрахунок маси набудов і рубки

Маса $P_{нр}$ визначається як сума маси надбудов $P_н$ та рубки $P_р$.

$$P_н = C_{бак} \cdot V_{бак} + C_{ют} \cdot V_{ют},$$

де $V_{бак} = 360 \text{ м}^3, V_{ют} = 1922 \text{ м}^3$ - об'єм баку та юту;

$C_{бак} = 0{,}1 \text{ т/м}^3$; $C_{ют} = 0{,}075 \text{ т/м}^3$ - коефіцієнти пропорційності.

$$P_н = 0{,}10 \cdot 248 + 0{,}08 \cdot 2402 = 205 \text{ т}$$

$$P_p = \sum_{i=1}^{k} C_{руб} \cdot h_i \cdot F_{di} \cdot k'_{1i} \cdot k'_{2i} \cdot k'_{3i},$$

де $C_{руб}$ - коефіцієнт пропорційності, який визначається за табл. 2.4. [3] в залежності від положення рубки по висоті та відносно площі верхньої палуби даного ярусу з бічними проходами до дійсної площі даного ярусу;

$h_i$ - висота ярусу рубки;

$f_i$ - відношення довжини внутрішньої переборки рубки до ширини рубки.

Таблиця 1.4.8.3.1. Розрахунок маси ярусів кормової рубки

| | h, м | $C_{руб}$, т/м$^3$ | $F_н$, м$^2$ | f | $k_1$ | $k_2$ | $k_3$ | $P_{яр}$, т |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ярус №1 | 2,60 | 0,072 | 175,00 | 1,00 | 1,00 | 1,175 | 0,996 | 38,3 |
| ярус №2 | 2,60 | 0,072 | 142,00 | 1,00 | 1,00 | 1,175 | 0,996 | 31,1 |
| ярус №3 | 2,60 | 0,058 | 83,00 | 1,00 | 1,00 | 1,175 | 0,996 | 14,6 |
| ярус №4 | 2,60 | 0,058 | 58,50 | 1,00 | 1,00 | 1,175 | 0,996 | 10,3 |
| рульова | 2,60 | 0,058 | 58,50 | 1,00 | 1,00 | 1,175 | 0,996 | 10,4 |

Координата центра маси кормової надбудови:

Таблиця 1.4.8.3.2

| | $P_{яр}$, т | $x_g$, м | $P_{яр} \cdot x_g$, м | $z_g$, м | $P_{яр} \cdot z_g$, м |
|---|---|---|---|---|---|
| ярус №1 | 38,34 | -53,27 | -2042,37 | 15,40 | 590,44 |
| ярус №2 | 31,11 | -53,27 | -1657,23 | 18,00 | 559,98 |
| ярус №3 | 14,65 | -53,27 | -780,41 | 20,60 | 301,79 |
| ярус №4 | 10,32 | -53,27 | -549,75 | 23,20 | 239,42 |
| рульова | 10,37 | -53,27 | -552,41 | 25,80 | 267,55 |
| Σ | 104,79 | | -5582,16 | — | 1959,18 |

$$x_g = \frac{\sum P_i \cdot x_{gi}}{\sum P_i} = \frac{-5582,16}{104,79} = -53,27 \text{ м}; \; z_g = \frac{\sum P_i \cdot z_{gi}}{\sum P_i} = \frac{1959,18}{104,79} = 18,70 \text{ м}.$$

### 1.4.8.4. Розрахунок маси обладнання

Розрахунок $P_{об}$ при мінімальній інформації про проектоване судно:

маса $P_{об}$ може бути визначена залежно від типу судна, його довжини та ширини:

$$P_{об} = k_{об} \cdot L \cdot B = 0{,}4 \cdot 138{,}75 \cdot 21{,}00 = 1165{,}5 \text{ т},$$

де $k_{об} = 0{,}4$ - коефіцієнт, знайдений за табл. 2.5 [2].

### 1.4.8.5. Розрахунок маси енергетичної установки

У РЕУ включаються маси: головних двигунів, димоходів, гребних гвинтів, гребних валів, підшипників (упорних, опорних, дейдвудних), електроустаткування (генераторів, кабелів, розподільних щитів), допоміжних механізмів, устаткування й систем МВ, трубопроводів паливної й баластної систем у подвійному дні, листів настилу, трапів і ізоляції в МВ, видаткових матеріалів, води, палива й масла, що перебувають у трубопроводах і видаткових цистернах.

Маса $P_{еу}$ визначається зі співвідношення:

$$P_{еу} = C \cdot P_{гд} = 2{,}6 \cdot 22{,}00 = 46{,}80 \text{ т},$$

де $C_{ін.} = 2{,}6$ - коефіцієнт пропорційності для МОД.

Визначення координат центра мас:

$$x_g = -53{,}27 \text{ м}, \; z_g = 5{,}10 \text{ м}.$$

### 1.4.8.6. Розрахунок запасу водотоннажності

$$P_з = 0{,}01 \cdot \Delta = 0{,}01 \cdot 19896 = 198{,}96 \text{ т}.$$

### 1.4.8.7. Розрахунок маси порожнього судна і координат Ц.В.

Маса судна порожнього визначається як сума складових, з урахуванням запасу водотоннажності судна. Розрахунок у таблиці 1.4.8.7.1.

Таблиця 1.4.8.7.1. Розрахунок координат центра мас порожнього судна

| Маса: | P, т | $x_g$, м | $z_g$, м | $Px_g$, т · м | $Px_g$, т · м |
|---|---|---|---|---|---|
| сталі основного корпусу | 5220,13 | -4,16 | 5,15 | -21715,74 | 30015,75 |
| надбудов і рубок | 260,17 | -53,27 | 18,70 | -13859,25 | 4865,18 |
| обладнання | 669,94 | 0,00 | 11,96 | 0,00 | 8012,48 |
| енергетичної установки | 46,80 | -53,27 | 5,10 | -2493,04 | 238,68 |
| запасу водотоннажності | 198,96 | 0,00 | 11,50 | 0,00 | 2288,04 |
| Σ | 6396,00 | | | -38068,04 | 45420,13 |

$$x_g = \frac{\sum P_i \cdot x_{gi}}{\sum P_i} = \frac{-38068,04}{6396,00} = -5,95 \text{ м};\ z_g = \frac{\sum P_i \cdot z_{gi}}{\sum P_i} = \frac{45420,13}{6396,00} = 7,10 \text{ м}.$$

Уточнена водотоннажність судна становить:

$$\Delta' = \Delta_{пор} + dw = 6396 + 13500 = 19896 \text{ т}.$$

Погрішність між ваговою водотоннажністю склала:

$$\frac{|\Delta' - \Delta|}{\Delta} \cdot 100\% = \frac{|19896 - 19896|}{19896} \cdot 100\% = 0,00\ \%.$$

Осадка, що відповідає розрахованій водотоннажності, становить:

$$d = \frac{\Delta'}{\gamma \cdot C_b \cdot L \cdot B} = \frac{19896}{1,025 \cdot 0,736 \cdot 138,75 \cdot 21,00} = 9,05 \text{ м}.$$

## 1.4.9. Забезпечення вимог Правил про вантажну марку

### 1.4.9.1. Визначення мінімального надводного борту

Проектоване судно повинно задовольняти Правилам про вантажну марку, що регламентують мінімальний надводний борт (МНБ). МНБ вимірюється на міделі по вертикалі від палуби надводного борту, якою є верхня палуба, до найбільш високої ватерлінії.

В першу чергу вирішується задача для стандартного судна з МНБ без квартердека, зі стандартними профілем сідлуватості і висотою надбудови.

| | |
|---|---|
| Базисний надводний борт згідно п. 4.1.3.2 | $F_b = 1919$ мм |
| Поправка на коефіцієнт загальної повноти п. 4.4.3 | при $C_b = 0{,}736 > 0{,}68$<br>$K_1 = \frac{\delta + 0{,}68}{1{,}36} = \frac{0{,}736 + 0{,}68}{1{,}36} = 1{,}023$ |
| Поправка на висоту борта згідно п. 4.4.4 при $H > L/15$ | $D = 11{,}50$ м; $\frac{L}{15} = \frac{138{,}75}{15} = 8{,}73$<br>$11{,}50 > 9{,}25$<br>$K_2 = \left(D - \frac{L}{15}\right) \cdot R = (11{,}50 - 9{,}25) \cdot 250 =$<br>$= 243$ мм, де $R = 250$, так як $L > 120$ м |
| Відрахування на надбудови та ящики згідно п. 4.4.6 | $K_3 = D_д - D = 10100 - 10100 = 0$ мм |
| Відносна сумарна довжина комінгсів | $l_{ком} = \frac{(l_{к1} + l_{к2} + l_{к3} + l_{к4})}{L}$<br>$l_{ком} = \frac{(18{,}90 + 19{,}50 + 19{,}50 + 19{,}50)}{138{,}75} =$<br>$= 0{,}591$ |
| Відсоток відрахувань в залежності від сумарної довжини комінгсів п. 4.4.6.2 | $a = 51{,}0\% = 0{,}510$ |
| Відношення фактичної висоти до стандартної | $k = h_{ком}/h_{ст} = 1{,}65/2{,}30 = 0{,}565$ |
| Поправка на відхилення від стандартного профілю сідлуватості та надлишок висоти кінцевих надбудов згідно п. 4.4.7 | $K_4 = C \cdot \left(0{,}75 - \frac{S}{2L}\right)$<br>$K_4 = -692 \cdot \left(0{,}75 - \frac{14{,}40}{2 \cdot 138{,}75}\right) = -582$ мм |

| | |
|---|---|
| Нестача сідлуватості з надлишком висоти кінцевих надбудов згідно п. 4.3.4 | $C = \Delta C - \frac{ZL'}{3L} = -671 - 21 = -692$ мм |
| Сума стандартної сідлуватості в носовій частині згідно п. 4.3.3 | $C_{Нст} = 133{,}4\left(\frac{L}{3} + 10\right) =$ $= 133{,}4\left(\frac{138{,}75}{3} + 10\right) = 7155$ мм |
| Сума стандартної сідлуватості в кормовій частині згідно п.4.3.3 | $C_{Кст} = 66{,}7\left(\frac{L}{3} + 10\right) = 66{,}7\left(\frac{138{,}75}{3} + 10\right) =$ $= 3577$ мм |
| Дійсна сідлуватість в носу та кормі | $C_{Нд} = 0$ мм та $C_{Кд} = 0$ мм |
| Нестача сідлуватості в носу п.4.3.3 | $C_Н = \frac{(C_{Нд} - C_{Нст})}{8} = \frac{0 - 7155}{8} = -894$ |
| Нестача сідлуватості в кормі п.4.3.3 | $C_К = \frac{(C_{Кд} - C_{Кст})}{8} = \frac{0 - 3577}{8} = -447$ |
| Середня нестача сідлуватості | $\Delta C = \frac{(C_Н + C_К)}{2} = \frac{(-894 + (-447))}{2} = -671$ |
| Поправка надлишок висоти кінцевих надбудов згідно п.4.3.4 | $\frac{ZL'}{3L} = \frac{(h_{дбак} - h_{ст})L_{бак}}{0{,}5L \cdot 3} + \frac{(h_{дют} - h_{ст})L_{ют}}{0{,}5L \cdot 3} =$ $= \frac{(2{,}60 - 2{,}30) \cdot 7{,}20 + (2{,}60 - 2{,}30) \cdot 7{,}20}{0{,}5 \cdot 138{,}75 \cdot 3} =$ $= 0{,}021$ м |
| Стандартна висота надбудови згідно п. 4.2.1 | для судна довжиною $L = 138{,}75$ м та $h_{ст} = 2{,}30$ м |
| Дійсна висота бака | $h_{дбак} = 2{,}60$ м |
| Дійсна висота юта | $h_{дют} = 2{,}60$ м |
| Довжина бака | $L_{бак} = 7{,}20$ м |
| Довжина юта | $L_{ют} = 7{,}20$ м |
| Сумарна довжина надбудов | $S = L_{бак} + L_{ют} = 7{,}20 + 7{,}20 = 14{,}40$ м |

| | |
|---|---|
| Мінімальний надводний борт з урахуванням поправок | $F = F_b \cdot K_1 + K_2 - K_3 + K_4 = 1324$ мм |

1.4.9.2. Мінімальна висота в носовій частині і запас плавучості

Висота в носовій частині, яка визначається як відстань по вертикалі на носовому перпендикулярі між ватерлінією, що відповідає призначеному літньому надводному борту при найбільшому розрахунковому диференті на ніс, і верхньою кромкою відкритої палуби біля борту, повинна бути не менше величини, у мм, що визначаються за формулами:

$$F_{bн} = \left[6075 \cdot \left(\frac{L}{100}\right) - 1875 \cdot \left(\frac{L}{100}\right)^2 + 200 \cdot \left(\frac{L}{100}\right)^3\right] \cdot$$

$$\cdot \left[2{,}08 + 0{,}609 \cdot C_b - 1{,}603 \cdot C_w - 0{,}0129 \cdot \frac{L}{d}\right] =$$

$$= \left[6075 \cdot \left(\frac{130{,}90}{100}\right) - 1875 \cdot \left(\frac{130{,}90}{100}\right)^2 + 200 \cdot \left(\frac{130{,}90}{100}\right)^3\right] \cdot$$

$$\cdot \left[2{,}08 + 0{,}609 \cdot 0{,}719 - 1{,}603 \cdot 0{,}809 - 0{,}0129 \cdot \frac{130{,}90}{8{,}90}\right] = 3948 \text{ мм.}$$

Вимоги Правил про вантажну марку щодо мінімальної висоти надводного борту задовольняються.

Надводний борт:

$$F = D - d = 10100 - 8700 = 1400 \text{ мм} > 1324 \text{ мм.}$$

Висота борта в носовій частині:

$$F_{bн} = D + h_{бак} - d = 10100 + 2600 - 8700 = 4000 \text{ мм} > 3948 \text{ мм.}$$

1.5. Побудова теоретичного креслення

Під час виконання роботи ми розпочали з визначення головних розмірів судна: довжини, ширини, осадки та висоти борту. Надводний борт і осадка розраховувались з урахуванням маси порожнього судна, вантажу та вимог Регістру. Ці параметри стали базою для подальшої побудови теоретичного креслення.

Для побудови корпусу ми використали обводи типового судна Dewi Laksmi, модифікувавши їх відповідно до проєктних характеристик. Розрахунки стройової по шпангоутах та ватерлініях проводилися методом рівновеликих трапецій, що дозволило точно визначити ординати й побудувати контури корпусу.

У роботі використовувались програми Rhino 3D та Delftship, які забезпечили зручну візуалізацію моделі. В результаті побудовано основні проєкції теоретичного креслення, які лягли в основу подальшого проєктування.

## 1.6. Перевірка прийнятих елементів і характеристик судна

### 1.6.1. Розрахунок елементів плавучості та початкової остійності. Коригування вантажопідйомності

Після побудови проскції «корпус» теоретичного креслення, виконуємо перевірку-водотоннажності й положення центру величини по довжині корпусу спроектованого судна з водотоннажністю, прийнятою на першій стадії проектування. Перевірку водотоннажності виконуємо методом трапецій. Розрахунок водотоннажності виконано у таблиці 1.6.1.1. Розрахунок положення центру величини по довжині судна наведено у таблиці 1.6.1.2. Визначення прийняти в таблиці:

| | |
|---|---|
| № шп | - номер теоретичного шпангоута; |
| $Y_i$ | - ордината і-го теоретичного шпангоута (напівширота) на рівні ВЛ:; |
| $w_i = 2 \cdot \Sigma_{випр.} \cdot \Delta d$ | - площа і-го теоретичного шпангоута по поточну ВЛ; |
| $\Delta d = d/5$ | - відстань між теоретичними ватерлініями; |
| $\Delta L = L/20$ | - відстань між теоретичними шпангоутами; |
| $\Sigma_{випр.}$ | - виправлена сума поточного рядка; |
| $(Y_0 + Y_5)/2$ | - поправка суми поточного рядка; |

Таблиця 1.6.1.1. Визначення водотоннажності

| № шп | $Y_0$ | $Y_1$ | $Y_2$ | $Y_3$ | $Y_4$ | $Y_5$ | $\Sigma Y_i$ | $\frac{Y_0 + Y_5}{2}$ | $\Sigma_{випр.}$ | $w_i$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 20 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 3,41 | 3,41 | 1,70 | 1,70 | 5,93 |
| 19 | 0,00 | 1,43 | 2,15 | 2,73 | 3,90 | 5,47 | 15,68 | 2,73 | 12,94 | 45,04 |
| 18 | 0,27 | 2,80 | 3,85 | 4,84 | 5,85 | 7,00 | 24,61 | 3,63 | 20,97 | 72,99 |
| 17 | 0,81 | 4,41 | 5,64 | 6,61 | 7,42 | 8,14 | 33,03 | 4,47 | 28,56 | 99,38 |
| 16 | 1,61 | 6,28 | 7,35 | 8,06 | 8,57 | 8,93 | 40,80 | 5,27 | 35,53 | 123,64 |
| 15 | 2,54 | 7,72 | 8,52 | 8,95 | 9,14 | 9,22 | 46,09 | 5,88 | 40,21 | 139,91 |
| 14 | 3,36 | 8,65 | 9,09 | 9,23 | 9,25 | 9,25 | 48,83 | 6,30 | 42,52 | 147,98 |
| 13 | 3,95 | 9,14 | 9,25 | 9,25 | 9,25 | 9,25 | 50,09 | 6,60 | 43,49 | 151,35 |
| 12 | 3,95 | 9,17 | 9,25 | 9,25 | 9,25 | 9,25 | 50,13 | 6,60 | 43,53 | 151,47 |
| 11 | 3,95 | 9,17 | 9,25 | 9,25 | 9,25 | 9,25 | 50,13 | 6,60 | 43,53 | 151,47 |
| 10 | 3,95 | 9,17 | 9,25 | 9,25 | 9,25 | 9,25 | 50,13 | 6,60 | 43,53 | 151,47 |
| 9 | 3,95 | 9,17 | 9,25 | 9,25 | 9,25 | 9,25 | 50,13 | 6,60 | 43,53 | 151,47 |
| 8 | 3,95 | 9,17 | 9,25 | 9,25 | 9,25 | 9,25 | 50,13 | 6,60 | 43,53 | 151,47 |
| 7 | 3,95 | 9,17 | 9,25 | 9,25 | 9,25 | 9,25 | 50,13 | 6,60 | 43,53 | 151,47 |
| 6 | 3,93 | 9,13 | 9,24 | 9,25 | 9,25 | 9,25 | 50,05 | 6,59 | 43,46 | 151,25 |
| 5 | 3,70 | 8,88 | 9,13 | 9,20 | 9,24 | 10,07 | 50,22 | 6,89 | 43,33 | 150,80 |
| 4 | 3,14 | 8,01 | 8,45 | 8,64 | 8,77 | 8,88 | 45,90 | 6,01 | 39,89 | 138,82 |
| 3 | 2,24 | 6,40 | 6,96 | 7,25 | 7,46 | 7,69 | 38,01 | 4,97 | 33,04 | 115,00 |
| 2 | 1,08 | 4,11 | 4,74 | 5,12 | 5,39 | 5,74 | 26,19 | 3,41 | 22,78 | 79,27 |
| 1 | 0,00 | 1,82 | 2,42 | 2,71 | 2,85 | 3,21 | 13,01 | 1,61 | 11,41 | 39,70 |
| 0 | 0,00 | 0,52 | 1,16 | 1,34 | 0,99 | 0,00 | 4,01 | 0,00 | 4,01 | 13,97 |

$$\Sigma w_i = 2331{,}05 \text{ м}^2;$$

$$\frac{w_0 + w_{20}}{2} = 9{,}95 \text{ м}^2;$$

$$\Sigma w_i - \frac{w_0 + w_{20}}{2} = 2331{,}05 - 9{,}95 = 2321{,}10 \text{ м}^2;$$

$$\nabla = \left[\Sigma w_i - \frac{w_0 + w_{20}}{2}\right] \cdot \frac{L}{20} = 2321{,}10 \cdot \frac{138{,}75}{20} = 15191{,}60 \text{ м}^3;$$

$\Delta = \gamma \cdot \nabla = 1{,}025 \cdot 15191{,}60 = 15571$ т.

Коефіцієнт загальної повноти:

$$C_b = \frac{\nabla}{LBd} = \frac{15191{,}60}{138{,}75 \cdot 21{,}00 \cdot 8{,}90} = 0{,}721.$$

Різниця між уточненим і початковим значеннями водотоннажності складає:

$$\frac{|15191{,}6 - 15057|}{15057} \cdot 100\% = 0{,}90\%.$$

Оскільки різниця між уточненим і початковим значеннями водотоннажності не перевищує 1,00%, корегування теоретичного креслення не вимагається.

Таблиця 1.6.1.2. Визначення координат центру величини по довжині судна

| № шп | k | $w_i$ | $k \cdot w_i$ |
|---|---|---|---|
| 20 | -10 | 2,92 | -29,20 |
| 19 | -9 | 22,99 | -206,95 |
| 18 | -8 | 38,04 | -304,33 |
| 17 | -7 | 50,74 | -355,19 |
| 16 | -6 | 63,38 | -380,28 |
| 15 | -5 | 72,07 | -360,36 |
| 14 | -4 | 76,58 | -306,32 |
| 13 | -3 | 79,11 | -237,33 |
| 12 | -2 | 80,47 | -160,94 |
| 11 | -1 | 80,47 | -80,47 |
| 10 | 0 | 80,47 | 0,00 |
| 9 | 1 | 80,47 | 80,47 |
| 8 | 2 | 80,47 | 160,94 |
| 7 | 3 | 80,47 | 241,41 |
| 6 | 4 | 79,38 | 317,54 |
| 5 | 5 | 77,89 | 389,46 |
| 4 | 6 | 72,57 | 435,42 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 3 | 7 | 59,75 | 418,22 |
| 2 | 8 | 40,98 | 327,87 |
| 1 | 9 | 20,44 | 183,98 |
| 0 | 10 | 6,93 | 69,27 |

$$x_c = \frac{\sum k \cdot w_i}{\nabla} \cdot \frac{L}{20} = \frac{203,03}{15057} \cdot \frac{138,75}{20} = 0,088 \text{ м};$$

Різність між уточненим і початковим значеннями $x_c$ складає:

$$\frac{|0,085 + 0,183|}{0,183} \cdot 100\% = 0,93\%.$$

### 1.6.2. Розрахунок місткості та контейнеромісткості

Розрахунки теоретичної місткості виробляються по епюрі ємності та креслення загального розташування. За теоретичною місткістю визначаються зернова та кипова вантажомісткості відсіків для генеральних та рефрижераторних вантажів, зернова місткість танків для рідких вантажів, паливних та баластових цистерн. Проводиться зіставлення питомої (відносної) вантажомісткості з питомо-вантажним обсягом генерального вантажу. Розташовуються абсциси центрів тяжкості обсягів перерахованих відсіків.

Контейнеромісткість $n_k$ уточнюється шляхом розміщення контейнерів по ширині, висоті та довжині люків.

Побудова епюри місткості судна:

На рисунку відкладаємо довжину між перпендикулярами в масштабі й розбиваємо на 20 теоретичних шпацій.

По висоті приймається масштаб: в 1 см → 5,0 м$^2$.

По довжині приймається масштаб: в 1 см → 0,1теор. шп.

Для відповідних теоретичних шпангоутів рахується їхня площа до верхньої палуби. Значення площ відкладаються в масштабі на епюрі місткості вверх від основи кожного теоретичного шпангоута. З'єднуючи отримані точки плавною

кривою від носового перпендикуляру до кормового перпендикуляру, будують лінію палуби на епюрі. Значення площ шпангоутів на рівні другого дна відкладаються на епюрі. Отримані точки з'єднуються плавною кривою від переборки форпіка до переборки ахтерпіка. Ця крива зображає лінію другого дна на епюрі.

Над лінією палуби на епюрі у відповідних місцях по довжині розташовуються комінгси-люків, бак і ют, а під КВЛ малюємо лінію подвійних бортів. Визначаються площі шпангоутів методом трапецій від основної площини до верхньої палуби.

Таблиця 1.6.2.1. Визначення ординат епюри місткости

| № шп | $w_{дд}$, м$^2$ | $w_{вп}$, м$^2$ | $w_{наб.}$, м$^2$ |
|---|---|---|---|
| 20 | | 14,89 | 29,23 |
| 19 | 2,79 | 60,61 | 79,46 |
| 18 | 7,39 | 94,42 | 116,13 |
| 17 | 12,41 | 122,11 | 145,60 |
| 16 | 12,70 | 148,16 | 172,50 |
| 15 | 17,05 | 175,31 | |
| 14 | 19,02 | 183,76 | |
| 13 | 19,37 | 188,47 | |
| 12 | 19,37 | 191,03 | |
| 11 | 19,37 | 191,03 | |
| 10 | 19,37 | 191,03 | |
| 9 | 19,37 | 191,03 | |
| 8 | 19,37 | 191,03 | |
| 7 | 19,37 | 191,03 | |
| 6 | 19,37 | 188,99 | |
| 5 | 19,31 | 186,20 | |
| 4 | 21,00 | 174,94 | |
| 3 | 14,37 | 146,38 | |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2 | 8,33 | 103,62 | |
| 1 | 2,54 | 54,44 | 89,00 |
| 0 | | 15,88 | 35,13 |

Значення місткості вантажних приміщень:

1) площа спюри між основною лінією та верхньою кривою в масштабах (довжин х площ) являє собою теоретичний об'єм всього корпусу;

2) площа епюри між основною лінією та кривою подвійного дна являє собою теоретичний об'єм подвійного дна;

3) площі епюри місткості які розташовані між трюмиими перекриттями,• лінією подвійного дна палубами являють собою теоретичні об'єми трюмів та твіндеків.

Зернова та кіпова місткість вантажних приміщень судна визначається в процентному відношенні від теоретичної:

$$W_з = 0{,}98 \cdot W_т;\ W_к = 0{,}90 \cdot W_т.$$

Таблиця 1.6.2.2. Місткість відсіків і приміщень судна

| № | Найменування | $W_т$, м$^3$ | $W_з$, м$^3$ | $W_к$, м$^3$ | x, м | z, м |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Вантажний трюм №1 | 2845 | 2788 | 2560 | 49,55 | 6,91 |
| 2 | Комінгс №1 | 505 | 495 | 454 | 47,01 | 12,50 |
| 3 | Вантажний трюм №2 | 5095 | 4993 | 4586 | 23,59 | 7,48 |
| 4 | Комінгс №2 | 770 | 755 | 693 | 23,59 | 12,50 |
| 5 | Вантажний трюм №3 | 5142 | 5039 | 4628 | -3,66 | 7,36 |
| 6 | Комінгс №3 | 760 | 745 | 684 | -3,66 | 12,50 |
| 7 | Вантажний трюм №4 | 4422 | 4334 | 3980 | -30,51 | 7,19 |
| 8 | Комінгс №4 | 743 | 728 | 669 | -30,51 | 12,50 |
| | Σ | 20282 | 19877 | 18254 | | |

$W_т = 20282$ м$^3$ - теоретична місткість;

$W_з = 19877$ м$^3$ - зернова місткість;

$W_к = 18254$ м$^3$ - кіпова місткість.

Сумарне значення кіпової місткості всіх вантажних приміщень, розділене на заданий питомо-навантажувальний обсяг визначає розрахункову чисту вантажопідйомність $P_в$:

$$P_в = \frac{\sum W_к}{q} = \frac{18254}{1{,}35} = 13039 \text{ т.}$$

Питомо-навантажувальний обсяг при цьому становить: $q = 1{,}35 \text{ м}^3/\text{т}$.

$$W_к^{погр} = P_ч \cdot q = 12758 \cdot 1{,}35 = 17861 \text{м}^3$$

Умова забезпечення місткості $W_к^{погр} \leq W_к^{факт}$

$17861 \text{ м}^3 \leq 18254 \text{ м}^3$ - умова забезпечення місткості виконана.

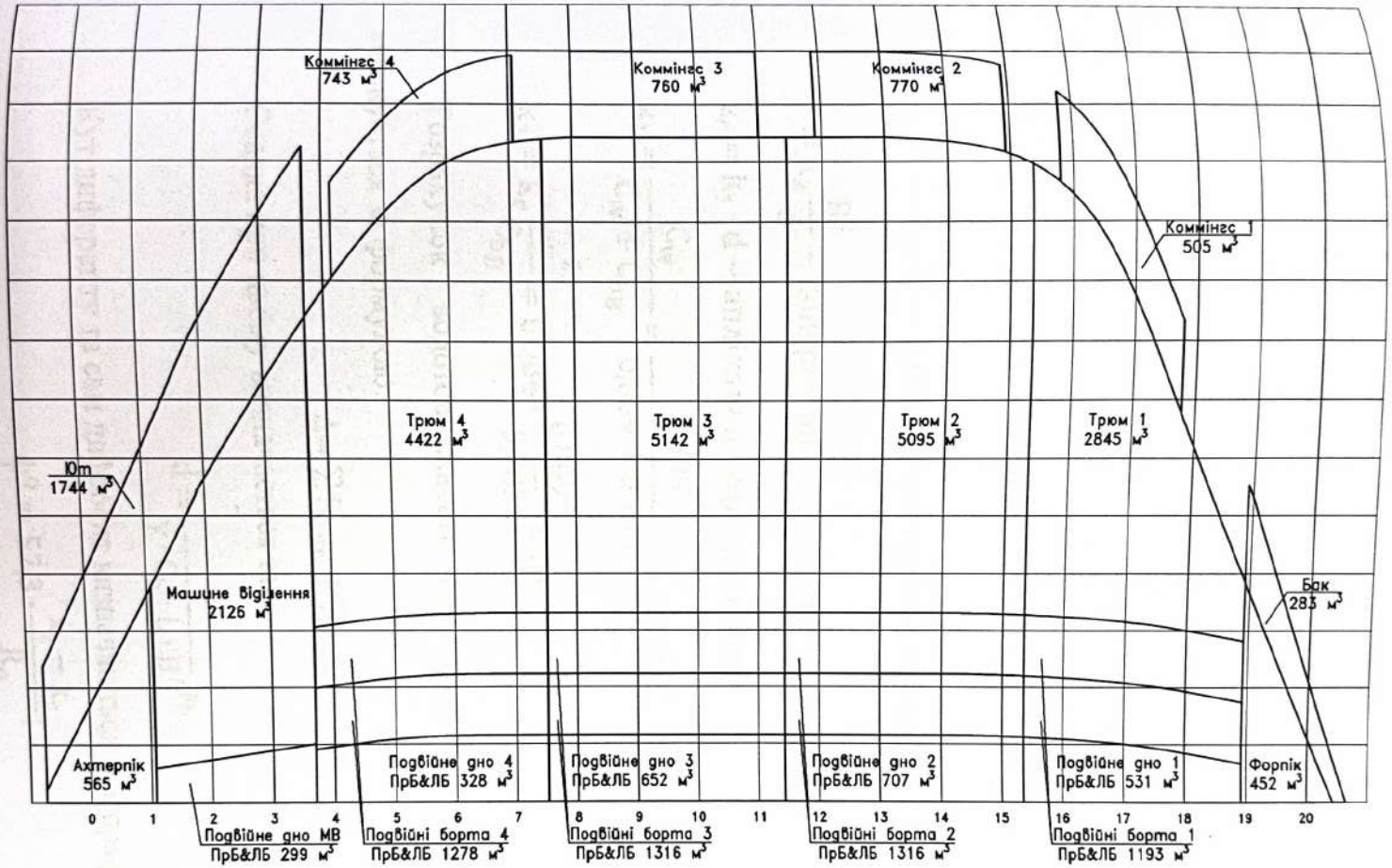
Контейнеромісткість до перевірки остійності та удифферентовки можна оцінити лише приблизно. Підрахунки по кресленнях загального розташування показали, що на судні можна розмістити 393 контейнерів.

Таблиця 1.6.2.3. Місткість відсіків і приміщень судна

| № | Найменування | $W_т$, м$^3$ | $W_з$, м$^3$ | x, м | z, м |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Цистерна подвійного дна (ПрБ&ЛБ) №1 | 531 | 520 | 49,55 | 0,74 |
| 2 | Цистерна другого борту (ПрБ&ЛБ) №1 | 1193 | 1169 | 49,55 | 6,80 |
| 3 | Цистерна подвійного дна (ПрБ&ЛБ) №2 | 707 | 693 | 23,59 | 0,74 |
| 4 | Цистерна другого борту (ПрБ&ЛБ) №2 | 1316 | 1290 | 23,59 | 7,36 |
| 5 | Цистерна подвійного дна (ПрБ&ЛБ) №3 | 709 | 695 | -3,66 | 0,74 |
| 6 | Цистерна другого борту (ПрБ&ЛБ) №3 | 1316 | 1290 | -3,66 | 7,25 |
| 7 | Цистерна подвійного дна (ПрБ&ЛБ) №4 | 652 | 639 | -30,51 | 0,74 |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 8 | Цистерна другого борту (ПрБ&ЛБ) №4 | 1278 | 1252 | -30,51 | 7,08 |
| 9 | Цистерна подвійного дна у МВ (ПрБ&ЛБ) | 328 | 321 | -52,91 | 1,02 |
| 10 | Форпік | 452 | 443 | 66,21 | 5,21 |
| 11 | Ахтерпік | 565 | 554 | -66,73 | 5,89 |
| | Σ | 9047 | 8866 | | |

# Епюра місткості




| Інв. № подл. | Підпись и дата | Взам. інв. № | Інв. № дубл. | Підпись и дата |
|---|---|---|---|---|
| | | | | |

| Зм. | Арк. | № докум. | Підпись | Дата | | Арк. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | |

### 1.6.3. Перевірка остійності та удиферентування судна

#### 1.6.3.1. Загальні відомості

Мінімальним із характеристик початкової остійності є задоволення вимогам Регістру до вибору виправленої метацентричній висоти, що виражається як:

$$h = z_m - z_g - \frac{\sum \Delta m_h}{D},$$

де $z_m = r + z_c$ - апліката метацентра;

$\frac{\sum \Delta m_h}{\Delta}$ – поправка на вплив вільної поверхні рідких вантажів

$z_g = \frac{\sum_i P_i \cdot z_{gi}}{\Delta}$ – апліката центру тяжкості;

$r = k_2 \frac{B^2}{d}$ – поперечний метацентричний радіус;

$z_c = k_1 \cdot d$ – апліката центру величини;

$$k_1 = \frac{C_w}{C_w + C_{b_B}} = \frac{0{,}809}{0{,}809 + 0{,}705} = 0{,}536.$$

$$k_2 = k_r \frac{{C_w}^2}{C_{b_B}} = 0{,}084 \cdot \frac{0{,}809^2}{0{,}705} = 0{,}078.$$

Розрахунок водотоннажності при кожному з варіантів загрузки виконується за формулою:

$$\Delta = \sum P_{\text{вант.}} + \sum P_{\text{зап.}} + \sum P_{\text{бал.}}, \text{ т.}$$

Осадка при цьому визначається так:

$$d = \frac{\Delta}{\gamma \cdot C_b \cdot L \cdot B}, \text{ м.}$$

Кут диференту та сам диферент визначаються за формулами:

$$\psi^o = 57{,}3 \cdot \frac{x_g - x_c}{R_o};$$

$$d^* = (x_g - x_c) \cdot \frac{L_{\text{пп}}}{R_o},$$

де $R_o = 0{,}9 \frac{{C_w}^2}{{C_b}^2} \cdot \frac{L^2_{\text{гвл}}}{12 \cdot d}$ – продольний метацентричний радіус.

Осадка носом та кормою визначаємо за формулами:

$$d_н = d + \left(\frac{L_{пп}}{2} + x_f\right) \cdot \frac{\psi^o}{57,3};\ d_к = d - \left(\frac{L_{пп}}{2} + x_f\right) \cdot \frac{\psi^o}{57,3}.$$

Всі розрахунки виконуємо в табличному вигляді.

### 1.6.3.2. Перевірка остійності та удиферентування при завантаженні генеральним вантажем

При невеликому диференті на корму $\psi^o = -0,5^o$ судно в першому наближенні вважається удиферентоване. Позитивні кути диференту не допускаються. Початкова метацентрична висота має бути не менш ніж $h = 0,2$м.

Таблиця 1.6.3.2.1. Визначення ваги і координат ЦВ судна.

Варіант І: Судно при перевезенні генерального вантажу ($q = 1,35$ м$^3$/т), 100 % запасів і палива

| Статті навантаження | P, т | x, м | z, м | P · x, т · м | P · z, т · м |
|---|---|---|---|---|---|
| Судно порожнем | 6396 | -5,95 | 7,10 | -25589 | 45420 |
| Запаси | | | | | |
| Паливо, мастило | 500 | -29,40 | 2,60 | -14700 | 1300 |
| Вода, провізія | 45 | -0,50 | 11,50 | -23 | 457 |
| Екіпаж, расх. матеріал | 20 | -49,67 | 17,95 | -993 | 359 |
| Вантаж | | | | | |
| Трюм + твіндек + комінгс №1 | 1739 | 47,75 | 6,1 | 83036 | 10608 |
| Трюм + твіндек + комінгс №2 | 3062 | 22,725 | 6,6 | 69595 | 20212 |
| Трюм + твіндек + комінгс №3 | 3062 | -3,53 | 6,5 | -10811 | 19906 |
| Трюм + твіндек + комінгс №4 | 2679 | -29,4 | 6,35 | -78773 | 17014 |
| Σ | 15376 | -1,41 | 6,76 | 21743 | 103990 |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| $x_c =$ | -0,18 | $k_2 =$ | 0,078 | $\psi^o =$ | -0,37 |
| $z_c =$ | 4,66 | d = | 8,70 | d* = | -0,86 |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| $k_1 =$ | 0,536 | $d_н =$ | 8,29 | $r =$ | 3,06 |
| $x_g =$ | -1,41 | $d_к =$ | 9,13 | $z_m =$ | 7,72 |
| $z_g =$ | 6,76 | $R_0 =$ | 188,40 | $h =$ | 0,96 |

Диферент $\psi^o = -0{,}37°$ - задовільно;

Метацентрична висота $h = 0{,}96 > 0{,}2$ - задовільно.

У даному випадку завантаження вимоги до остійності й диферентуванні судна задовольняються.

Забезпечення помірності бортової качки:

$\tau = C\frac{B}{\sqrt{h}} = 0{,}8 \cdot \frac{18{,}50}{\sqrt{0{,}96}} = 14{,}2$ секунд - задовільно.

### 1.6.3.3. Перевірка остійності та удиферентування при перевезенні контейнерів

При невеликому диференті на корму $\psi^o = -0{,}5^o$ судно в першому наближенні вважається удиферентоване. Позитивні кути диференту не допускаються. Початкова метацентрична висота має бути не менш ніж $h = 0{,}15$м.

| | |
|---|---|
| Маса трюмних контейнерів | 15 т |
| Маса палубних контейнерів | 12 т |
| Кількість трюмних контейнерів | 115 TEU |
| Кількість твіндек. контейнерів | 120 TEU |
| Кількість палубних контейнерів | 160 TEU |
| Загальна кількість контейнерів | 395 TEU |
| Загальна маса контейнерів | 5445 т |

При перевезенні максимального числа вантажних контейнерів для забезпечення остійності необхідно прийняття баласту. Для трюмних і палубних контейнерів координати ЦТ визначені з урахуванням реальної конфігурації контейнерного штабеля.

Таблиця 1.6.3.3.1. Визначення ваги і координат ЦВ судна.

Варіант II: Судно при перевезенні контейнерів, 100 % запасів і палива

| Статті навантаження | P, т | x, м | z, м | P · x, т · м | P · z, т · м |
|---|---|---|---|---|---|
| Судно порожнем | 6396 | -5,95 | 7,10 | -25589 | 45420 |
| Запаси | | | | | |
| Паливо, мастило | 500 | -3,53 | 0,65 | -1765 | 325 |
| Вода, провізія | 40 | -0,50 | 11,50 | -20 | 406 |
| Екіпаж, расх. матеріал | 20 | -49,67 | 17,95 | -993 | 359 |
| Вантаж | | | | | |
| Трюм + твіндек + комінгс №1 | 640 | 47,75 | 6,1 | 90577 | 11571 |
| Трюм + твіндек + комінгс №2 | 1653 | 22,725 | 6,6 | 75915 | 22048 |
| Трюм + твіндек + комінгс №3 | 1653 | -3,53 | 6,5 | -11792 | 21714 |
| Трюм + твіндек + комінгс №4 | 1530 | -29,4 | 6,35 | -85926 | 18559 |
| Баласт | | | | | |
| Цистерна другого борту (ПрБ&ЛБ) №1 | 891 | 47,75 | 6 | 51900 | 6521 |
| Цистерна другого борту (ПрБ&ЛБ) №2 | 983 | 22,73 | 6,5 | 27247 | 7794 |
| Цистерна другого борту (ПрБ&ЛБ) №3 | 983 | -3,53 | 6,4 | -4232 | 7674 |
| Цистерна другого борту (ПрБ&ЛБ) №4 | 955 | -29,4 | 6,25 | -34251 | 7281 |
| Σ | 18381 | -1,38 | 6,19 | 36475 | 113782 |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| $x_c = -0{,}18$ | $x_g = -1{,}46$ | $d = 8{,}73$ | $R_0 = 187{,}93$ | $r = 3{,}05$ |
| $z_c = 4{,}66$ | $z_g = 6{,}99$ | $d_н = 8{,}29$ | $\psi^o = -0{,}39$ | $z_m = 7{,}72$ |
| $k_1 = 0{,}536$ | $k_2 = 0{,}078$ | $d_к = 9{,}18$ | $d^* = -0{,}89$ | $h = 0{,}72$ |

Диферент $\psi^o = -0{,}39° > -0{,}5°$ - задовільно;

Метацентрична висота $h = 0,72 > 0,15$ - задовільно.

у даному випадку завантаження вимоги до остійності й диферентуванні судна задовольняються.

Забезпечення помірності бортової качки:

$$\tau = C\frac{B}{\sqrt{h}} = 0,8 \cdot \frac{18,50}{\sqrt{0,83}} = 15,3 \text{ секунд - задовільно.}$$

### 1.6.5. Визначення граничних значень осадки, водотоннажності, дедвейту та чистої вантажопідйомності

Спроектоване судно можна розглядати, як повнонабірне, с залишковим надводним бортом. Відповідно із цим визначаємо граничне значення осадки, водотоннажності, дедвейту і чистої вантажопідйомності.

Приблизно оцінимо граничну осадку з вираження:

$$d_k = \frac{1}{k} \cdot D - a + b \cdot (C_b{}^0 - 0,68);$$

$$d_k = \frac{1}{1,333} \cdot 11,50 - 0,4 + 1,47 \cdot (0,720 - 0,68) = 7,24 \text{ м.}$$

Коефіцієнт k, a, b - - приймаються по рекомендаціям [1].

$C_b{}^0 = 0,68$ - коефіцієнт загальної повноти при осадці, що складає 85% від найменшої (по довжині судна) теоретичної висоти борту, але не менше 0.68. При довжинах - 120 м і більш вважати:

$$C_b{}^0 = 0,97 \cdot C_b + 0,03 = 0,97 \cdot 0,736 + 0,03 = 0,714.$$

Граничну водотоннажність визначаємо по приблизній формулі:

$$\Delta_{пред} = \Delta \cdot \left(\frac{d_k}{d}\right)^{\frac{C_W}{C_b}} = 19896 \cdot \left(\frac{7,24}{8,90}\right)^{\frac{0,809}{0,736}} = 14654 \text{ т.}$$

Граничний дедвейт при цій водотоннажності:

$$dw_{пред} = \Delta_{пред} - \Delta_{пор} = 14654 - 6396 = 8258 \text{ т.}$$

При незмінних далекості плавання R і потужності енергетичної установки, слідством збільшення осадки судна є збільшення опору руху судна, і відповідно, часу рейсу і запасів палива і води. Для приблизної оцінки чистої вантажопідйомності використаємо формулу:

$$P_{чпред} = dw_{пред} - 1{,}1 \cdot (P_{тп} + P_{вп} + P_{рм}) = 8180 \text{ т.}$$

### 1.6.6. Регістрова місткість судна

Важливою характеристикою судна є його регістрова місткість, що визначається у відповідності з Міжнародної Конвенції по обміру суден 1969 г.

$$GT = k_1 \cdot W^1 = 0{,}288 \cdot 23999 = 6902,$$

де $k_1 = 0{,}2 + 0{,}02 \cdot \lg W^1 = 0{,}2 + 0{,}02 \cdot 23999 = 0{,}288;$

$W^1 = 23999 \text{ м}^3$ - обсяг усіх закритих приміщень судна - складається з обсягу основного корпуса, обсягу надбудов, рубок і всіх інших приміщень, закритих від впливу моря.

Чисту місткість суховантажного судна визначаємо по формулі:

$$NT = k_2 \cdot W_c \cdot \left(\frac{4 \cdot d}{3 \cdot D}\right)^2 = 0.286 \cdot 20282 \cdot \left(\frac{4 \cdot 8{,}90}{3 \cdot 11{,}50}\right)^2 = 5305,$$

де $W_c = 20282 \text{ м}^3$ - обсяг вантажних примішень;

$k_2 = 0{,}2 + 0{,}02 \cdot \lg W_c = 0{,}2 + 0{,}02 \cdot 20282 = 0.286$, але не більше 1,0.

$$NT \geq 0{,}3 \cdot GT;\ 5305 \geq 2071 = 0{,}3 \cdot 6902.$$

## 1.7. Висновок

У межах цієї кваліфікаційної роботи було розроблено та спроєктовано багатоцільове судно дедвейтом 10 000 тонн, розраховане на швидкість 15,0 вузлів і дальність плавання 9 000 морських миль. Судно призначене для перевезення як контейнеризованих, так і генеральних вантажів на середні та далекі відстані.

Архітектурно-конструктивний тип був сформований на основі адаптованого прототипу та обґрунтований сучасними інженерними рішеннями, що застосовуються у проєктуванні суден аналогічного призначення. На підставі проведених розрахунків було виконано теоретичне креслення корпусу, загальне розташування приміщень і обладнання. Це дозволило визначити габарити вантажних трюмів, зони розміщення якірного і швартовного пристроїв, а також оцінити загальну ефективність компоновки судна.

Проєкт відповідає діючим міжнародним вимогам щодо безпеки, остійності, ефективності та екологічних стандартів. Його практична цінність полягає у широких можливостях експлуатації в сфері торгівлі, особливо в умовах змішаного вантажопотоку.

Оскільки судно спроєктоване як багатоцільове, вантажні відсіки оптимізовані для перевезення різних категорій вантажів. Зокрема, враховано можливість транспортування сипучих вантажів (наприклад, зернових або порошкоподібних речовин), а також упакованих вантажів у вигляді контейнерів, тюків, рулонів, палет тощо. Для кожного типу вантажу окремо розраховано параметри остійності та вантажопідйомності, що сприяє підвищенню економічної ефективності судна.

Невеликі габарити корпусу в довжину забезпечують хорошу маневреність і можливість заходу в малі порти, проходження через вузькі канали та протоки, де великотоннажні судна не мають доступу. Водночас, ширина корпусу дозволяє розміщувати вантаж у достатній кількості для забезпечення рентабельних комерційних рейсів.

Особливістю конструкції є наявність бульбового носа. Завдяки своїй обтічній формі, він створює зустрічну хвильову амплітуду, яка частково компенсує основну хвилю, що утворюється корпусом. Це зменшує хвильовий (фрудовий) опір, що особливо важливо на швидкостях у межах 13–18 вузлів, коли хвильовий компонент є домінуючим у структурі опору руху. Застосування бульба дає змогу підвищити енергоефективність ходу, зменшити витрати палива на 10–15%, або зменшити необхідну потужність для досягнення заданої швидкості.

Більшість геометричних і конструктивних характеристик були розраховані у двох наближеннях, що підвищує достовірність отриманих результатів і точність проєкту.

На завершення варто зазначити, що в цій роботі було розкрито основні аспекти проєктування багатоцільового судна. Водночас низка технічних рішень потребує подальшого уточнення, випробувань і валідації з використанням емпіричних або натурних методів. Загальну мету роботи - розробку

багатоцільового судна для перевезення контейнерів і генеральних вантажів - досягнуто повною мірою.

| Змн. | Арк. | № докум. | Підпись | Дата | КРБ – 135 «Суднобудування» | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Розроб. | | Терещенко | | | Проект багатоцільового судна dw = 13500 т Технологія суднобудування | Літ. | Арк. | Аркушів |
| Перевір. | | Дімова | | | | | | |
| Керівник | | | | | | ОНМУ ННМІТІ 4 курс | | |
| Н. Контр. | | Чапленко | | | | | | |
| Затверд. | | | | | | | | |

## РОЗДІЛ 2. Технологія суднобудування

У цьому розділі розглядаються основні технологічні етапи побудови багатоцільового судна, яке проектується в рамках даної випускної кваліфікаційної роботи. Процес будівництва охоплює всі основні стадії — від плазово-розміточних робіт до швартових випробувань. Особливу увагу приділено вибору суднобудівної верфі, обґрунтуванню її технічних можливостей та сучасному підходу до побудови корпусу з урахуванням таких конструктивних особливостей проєктованого судна, як подвійні борти, вантажні крани з правого та лівого борту.

### 2.1. Технічний опис об'єкта будівництва

Проєктоване багатоцільове судно призначене для перевезення генеральних вантажів та стандартних контейнерів у змішаному режимі. Це універсальне судно, яке має забезпечити високу вантажну ефективність, маневреність, надійність у мореплаванні та відповідність сучасним міжнародним вимогам (зокрема нормам IMO, MARPOL, SOLAS).

Проєктом передбачено дедвейт 13500 тонн при повному завантаженні, швидкість ходу 13,5 вузлів та дальність плавання 10000 морських миль. Питомо-навантажувальний об'єм складає 1,40 м³/т, що дозволяє ефективно використовувати внутрішній вантажний простір для змішаного вантажопотоку. Однією з ключових конструктивних особливостей судна є подвійні борти, вантажні крани з правого та лівого борту.

Основні технічні характеристики проєкту:

— енергетична установка — дизельна (MAN 7L32/44CR / MaK 8M32C потужністю N ≈ 5400 кВт), з оптимізацією під економічний режим експлуатації;
— один валовий лінійний гвинт регульованого кроку з можливістю реверсу;
— машинне відділення розміщується у кормі;
— надбудова з ходовою рубкою розташована над машинним відділенням;
— вантажні трюми з прямокутними люками, що мають широке розкриття для зручності проведення вантажних операцій;

— подвійне дно по всій довжині корпусу для розміщення баластних та паливних танків і підвищення безпеки судна.

Основні розміри судна:

— довжина найбільша Lmax = 148 м;

— довжина між перпендикулярами Lпп = 146,0 м;

— ширина B = 20,0 м;

— висота борту H = 10,8 м;

— осадка при повному завантаженні T = 8,0 м.

Такі габарити дозволяють експлуатувати судно як у міжнародних, так і в обмежених припортових акваторіях, забезпечуючи високу гнучкість експлуатаційного використання.

## 2.2. Обґрунтування вибору заводу-будівника з урахуванням особливостей проєкту

Для побудови судна обрано Besiktas Shipyard — сучасну верф, що розташована у Ялова (Туреччина). Підприємство спеціалізується на будівництві сталевих суден малого та середнього тоннажу і має значний досвід реалізації проєктів багатоцільових суден класу handymax. Виробничі можливості заводу повністю відповідають усім технічним вимогам проєкту.

Besiktas Shipyard має понад 300000 м² загальної площі, з них понад 75000 м² — закриті виробничі приміщення, що дозволяють вести роботи впродовж усього року незалежно від погодних умов. Виробничі потужності включають:

— сухий док розмірами 230 × 38 м, що достатньо для побудови проєктованого судна;

— крани вантажопідйомністю 2 × 200 т (портальні) та мобільні 100 т, які дозволяють маніпулювати блоками корпусу масою до 220–270 т;

— транспортери для переміщення великих блоків між цехами та стапелем;

— плазморізальні комплекси з ЧПУ для розкрою листового металу;

— напівавтоматичні зварювальні комплекси $CO_2$/MAG;

— сталевий цех продуктивністю 8000 т/рік.

Також верф має власний комплекс для фарбування, гідростатичних

випробувань та антикорозійної обробки. Усі виробничі процеси сертифіковані відповідно до міжнародних стандартів ISO 9001, ISO 14001 та ISO 45001, а роботи виконуються під наглядом провідних класифікаційних товариств (BV, DNV, LR, ABS). Орієнтовна вартість будівництва судна на даній верфі на 25–30% нижча за аналогічну вартість на верфях ЄС при порівнянній якості, а терміни побудови становлять 16–20 місяців.

### 2.3. Обґрунтування вибору методу збирання корпусу та розбивки на блоки і секції

Будівництво корпусу судна виконується блоково-секційним методом. Це означає, що корпус збирається з окремих секцій і блоків, виготовлених заздалегідь у цехових умовах. Метод дозволяє паралельно вести виготовлення кількох блоків, а також максимально насичувати блоки трубопроводами, електрикою та іншими інженерними елементами ще до встановлення на стапель. Це суттєво скорочує стапельний період і покращує якість монтажу.

Загальна схема побудови судна складається з таких послідовних етапів:

— виготовлення деталей корпусу — обшивки, набору, балок;

— збирання вузлів — зварювання в єдині конструктивні частини;

— складання плоскостних та об'ємних секцій;

— формування блоків шляхом об'єднання кількох секцій;

— монтаж базових блоків на стапелі (машинне відділення, форпік);

— послідовне стикування вантажних блоків, ахтерпіка та надбудови;

— фінальне зварювання та герметизація монтажних стиків;

— зовнішнє фарбування корпусу та оснащення палуби.

Межі блоків визначаються за конструктивними перебірками, довжиною зварних швів та зручністю транспортування. Маса одного блоку для проєктованого судна може досягати 220–270 т, що відповідає можливостям кранового обладнання верфі. Корпус ділиться приблизно на 7–8 поперечних блоків плюс окремий блок надбудови. Стикування блоків ведеться переважно від корми до носа, що дозволяє раніше розпочати добудову машинного відділення та паралельно виконувати монтаж систем.

Зварювання блоків між собою виконується згідно з технологічними картами та чинними стандартами якості. Контроль виконуваних швів здійснюється візуально, а також неруйнівними методами — ультразвуковою дефектоскопією та рентген-контролем для відповідальних з'єднань. Після складання корпусу виконується герметизація, антикорозійна обробка та підготовка до фарбування.

### 2.4. Спуск судна на воду

Спуск судна на воду є завершальним етапом стапельного будівництва корпусу й одним із найвідповідальніших моментів усього виробничого процесу. З огляду на габарити та масу проєктованого судна, на верфі Besiktas Shipyard застосовується метод поперечного спуску по ковзальній доріжці.

Поперечний спуск передбачає встановлення судна перпендикулярно до лінії берега на спеціальні дерев'яно-металеві полозки (салазки), які монтуються на стапельній доріжці. Поверхня полозків змащується спеціальними мастилами (жировими або синтетичними мастилами на основі графіту чи тальку), що значно зменшують коефіцієнт тертя та дозволяють корпусу ковзати контрольовано й без ривків. Також використовуються гальмівні пристрої, які забезпечують плавність і безпечність процесу.

Перед спуском здійснюється комплекс попередніх робіт:

— перевіряється маса корпусу та положення центру ваги;

— виконується балансування судна за осадкою та остійністю;

— перевіряються розрахункові зусилля на ковзання та тиск на доріжки;

— встановлюються кріплення та страхувальні механізми.

На сучасній верфі процес спуску повністю автоматизований: застосовується електронна система моніторингу, яка в реальному часі відстежує швидкість спуску, крен судна, залишкові напруження в корпусі. При необхідності процес може бути призупинений або сповільнений за допомогою гальмівних пристроїв.

Спуск відбувається під дією сили тяжіння: після зняття фіксаторів корпус починає поступово ковзати по доріжці, переходить у воду та набуває плавучості.

Одразу після занурення виконується оцінка положення судна на воді, перевіряються шпангоути на наявність деформацій, а також функціонування клапанів та інженерних систем. Після успішного спуску судно буксирується до добудовчого причалу, де тривають внутрішні роботи, установка надбудовного обладнання, систем життєзабезпечення та проводяться швартові випробування.

### 2.5. Швартові випробування

Швартові випробування є завершальним етапом добудови судна на причалі перед проведенням ходових випробувань. Вони проводяться з метою перевірки працездатності всіх основних і допоміжних систем судна в умовах його стоянки біля причалу, без виходу в море. На проєктованому судні дедвейтом 13500 т з його значною кількістю систем і обладнання швартові випробування мають особливе значення для забезпечення безпечного виходу в море.

Під час швартових випробувань особливу увагу приділяють роботі енергетичної установки: запуску головного двигуна, перевірці його систем змащення, охолодження, подачі палива, автоматичного керування. Випробовується робота гвинторульового комплексу, у тому числі функціональність рульової машини, приводу, датчиків кута перекладки стерна. Перевіряється час перекладки керма «правий-лівий борт», який не повинен перевищувати 28 секунд згідно з вимогами SOLAS.

Також проводиться перевірка всіх електросистем судна — від головного розподільного щита до локальних мереж освітлення та автоматизації. Окремо тестується аварійне живлення, генератори, система заземлення та ізоляції. Перевіряється паралельна робота допоміжних дизель-генераторів, синхронізація та автоматичне навантаження.

У межах швартових випробувань обов'язково перевіряється:

— система пожежогасіння та тривожної сигналізації;

— системи зв'язку та навігації — радіостанції, GPS, ехолот, гірокомпас, аварійні маяки, AIS, ECDIS, GMDSS;

— баластна система та її здатність забезпечити стабільність судна;

— герметичність вантажних відсіків і перебірок;

— насосне обладнання, компресори, системи вентиляції та кондиціонування повітря;

— системи водопостачання, каналізації, опалення;

— вантажне обладнання — статичні та динамічні випробування кранів зважуванням з 110% та 125% від номінального вантажу.

Усі випробування виконуються згідно з затвердженою програмою, під технічним наглядом класифікаційного товариства та представника судновласника. За результатами випробувань складається технічний акт, у якому фіксуються отримані параметри, стан систем і можливі зауваження. Тривалість швартових випробувань становить 2–4 тижні залежно від кількості виявлених дефектів. Тільки після успішного завершення швартових випробувань та усунення всіх виявлених недоліків судно допускається до наступного етапу — ходових випробувань у морі.

### 2.6. Виготовлення плоскостних секцій

Плоскостна секція — це окрема конструктивна частина корпусу судна, яка має співвідношення сторін 1:15 або більше. До таких секцій належать днище, борти, палуба. Вони виготовляються окремо в цеху, де збираються на стапелі з листового металу та елементів набору. Плоскостні секції є базовими елементами корпусу, з яких у подальшому формуються об'ємні блоки.

Процес виготовлення починається з розкрою листів на плазморізальних установках з ЧПУ. На основі 3D-моделі судна формуються розгортки кожного елементу обшивки та набору. Всі геометричні дані передаються у CAM-систему, яка керує верстатами плазмового різання. Розмітка виконується автоматично з застосуванням лазерних граверів або фарбових принтерів і містить координати отворів, положення ребер жорсткості, коди деталей та орієнтацію в межах блоку.

Далі здійснюється складання: до листа приварюють поздовжні балки або поперечні рамки згідно з кресленням. Зварювання виконується напівавтоматичними або автоматичними комплексами $CO_2$/MAG. Після зварювання проводиться контроль швів — візуальний, ультразвуковий або капілярний. У разі виявлення дефектів виконується доопрацювання.

Після складання секція проходить фарбування ґрунтовкою з епоксидним або алкідним складом. У разі потреби виконується насичення кабелями, трубами, вентиляцією. Плоскостні секції зберігаються на спеціальних площадках до моменту монтажу в корпус судна. Завдяки сучасному обладнанню верфі Besiktas Shipyard можна виготовляти секції масою до 100–150 т, що повністю відповідає потребам проєкту.

| | | | | | КРБ – 135 «Суднобудування» | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпись | Дата | | | |
| Розроб. | | Терещенко | | | Проект багатоцільового судна dw = 13500 т Охорона праці | Літ. | Арк. | Аркушів |
| Перевір. | | Дімова | | | | | | |
| Керівник | | | | | | ОНМУ ННМІТІ 4 курс | | |
| Н. Контр. | | Чапленко | | | | | | |
| Затверд. | | | | | | | | |

## РОЗДІЛ 3. Охорона праці

Проєктування багатоцільового судна для перевезення генерального вантажу та контейнерів дедвейтом 13500 тонн зі швидкістю 13,5 вузлів і дальністю плавання 10000 морських миль передбачає врахування не лише технічних характеристик та конструктивних рішень, але й питань охорони праці під час виготовлення елементів корпусу на стадії будівництва судна. Враховуючи передбачені конструктивні особливості — подвійні борти, вантажні крани з правого та лівого борту — збільшується складність монтажу й обробки корпусу, що вимагає ретельного дотримання норм охорони праці. Кожен етап — від розкрою листового прокату до остаточного фарбування — має бути організований з урахуванням чинних нормативних вимог, міжнародних стандартів і внутрішніх правил підприємства. Особливу увагу в межах проєкту приділено питанням безпеки під час робіт з холодної обробки металів, оскільки саме ці роботи становлять підвищений ризик травматизму.

Виробничим майданчиком для побудови судна обрано верф Besiktas Shipyard (Туреччина), яка має сучасну інфраструктуру: загальна площа підприємства складає понад 300000 м², з них понад 75000 м² займають криті цехи. На території працюють сухий док розмірами 230 × 38 м, крани вантажопідйомністю 2 × 200 т (портальні) та мобільні 100 т, сталевий цех продуктивністю 8000 т/рік. Типова маса корпусних секцій становить 220–270 т, що потребує чітко налагодженої логістики, контрольованого переміщення та дотримання режиму безпеки на всіх технологічних етапах.

### 3.1. Особливості безпеки при виконанні зварювальних робіт

На етапі зварювання конструкцій судна основним пріоритетом є дотримання правил, встановлених НПАОП 0.00-1.15-07 та галузевими стандартами охорони праці. До зварювальних робіт допускаються особи, що пройшли медичний огляд, навчання за відповідною професією та інструктаж з охорони праці, мають кваліфікаційне посвідчення з відмітками про допуск до конкретного типу робіт. Електрозварник повинен мати II групу з електробезпеки, газозварник — спеціальне свідоцтво.

Робочі місця зварників обладнані локальною витяжкою безпосередньо біля зони зварювання, заземленням, переносними щитами для захисту інших працівників від ультрафіолетового випромінювання. Зварники забезпечуються маскою з автоматичним затемненням, вогнестійким спецодягом, рукавицями-крагами, діелектричним взуттям, респіратором.

Для великих корпусних конструкцій використовується напівавтоматичне або автоматичне зварювання, що дозволяє не тільки підвищити якість швів, а й зменшити безпосередній контакт людини з небезпечними зонами нагріву та електричної напруги. Усі зварювальні апарати проходять регулярні перевірки технічного стану та електробезпеки. При роботі у замкнених приміщеннях (трюми, цистерни, форпік, ахтерпік) обов'язкові: знижена напруга 12 В для освітлення, аналіз повітря на вибухонебезпечні гази та достатній вміст кисню (не менше 20%), постійна примусова вентиляція, наявність спостерігача поза приміщенням, рятувальний пояс із страхувальним фалом.

### 3.2. Правила безпеки при виконанні робіт з холодної обробки металів

Роботи з холодної обробки металів — різання, штампування, гнуття, токарні, фрезерні, свердлильні, шліфувальні роботи — на суднобудівних підприємствах є значним джерелом виробничого травматизму. Серед основних небезпечних та шкідливих чинників — рухомі частини обладнання, гострі крайки металу, відлітаюча стружка та осколки, шум, вібрація, електричний струм, мастила та охолоджувальні рідини.

До роботи допускаються особи не молодші 18 років, що пройшли медичний огляд, спеціальне навчання за професією та інструктаж з охорони праці (вступний, первинний на робочому місці, періодичний — не рідше одного разу на 6 місяців), мають кваліфікаційне посвідчення. Працівники забезпечуються спецодягом (бавовняний костюм, що щільно прилягає до тіла), захисним взуттям з металевим носком, захисними окулярами або щитками, рукавицями (при роботах, де не передбачено затягування у обертові частини), а при роботах з підвищеним рівнем шуму — навушниками-протишумниками.

Усі металообробні верстати повинні мати справні захисні огорожі

обертових та різальних частин, бути обладнані пристроями аварійного зупинення (грибові кнопки червоного кольору), мати справне заземлення та занулення. При роботі на токарних та фрезерних верстатах необхідно надійно закріплювати заготовку, видаляти стружку лише при повному зупиненні шпинделя спеціальним гачком (не руками), використовувати захисні окуляри, не торкатися обертових частин. При свердлильних роботах не утримувати дрібні деталі руками, використовувати лещата або кондуктори.

При роботі на заточувальних та шліфувальних верстатах необхідно перевіряти стан абразивного круга на наявність тріщин, кожен новий круг перед встановленням випробовувати на холостому ходу 5 хвилин, зазор між підручником і кругом не повинен перевищувати 3 мм, обов'язково використовувати захисний кожух та захисні окуляри. Заборонено використовувати рукавиці при шліфуванні — вони можуть бути затягнуті у круг. При аварійній ситуації (поломка обладнання, попадання частини тіла у механізм, ураження струмом, пожежа) необхідно негайно зупинити верстат натисканням грибової кнопки, знеструмити обладнання, повідомити майстра, при потребі викликати швидку та надати першу допомогу постраждалим.

### 3.3. Безпечне переміщення секцій та такелажні роботи

Переміщення великих корпусних секцій є складною та відповідальною операцією, що потребує дотримання норм безпеки при такелажних роботах. Робота виконується за участю інженера, сигналіста та майстра дільниці. Розробляється технологічна карта кожної операції, проводиться перевірка стійкості та балансування вантажу.

Для переміщення секцій корпусу використовуються самохідні платформи або портальні крани. Перед підйомом конструкцій проводиться технічна перевірка всього обладнання, випробування стропів, перевірка систем кріплення. Використовуються тільки сертифіковані такелажні пристрої. Зони підйому огороджуються, доступ сторонніх заборонено. Роботи припиняються за вітру понад 10 м/с або за недостатньої видимості.

### 3.4. Пожежна безпека під час корпусних робіт

Пожежна безпека — один із ключових аспектів на етапі будівництва судна, особливо через велике використання зварювальних робіт та робіт із легкозаймистими матеріалами. Усі виробничі зони обладнані вогнегасниками, спеціальними щитами із засобами пожежогасіння (пісок, азбестові покривала). Забезпечується постійна наявність евакуаційних виходів без перешкод. Робітники проходять навчання діям у разі виникнення пожежі.

На місцях виконання зварювання встановлюються автоматичні датчики температури і диму. Роботи поблизу складів зберігання фарб, розчинників чи мастил категорично забороняються без спеціального дозволу та додаткових заходів безпеки. На території верфі діє автоматизована пожежна система, вогнегасники, пожежні гідранти. У кожному цеху розміщено плани евакуації. Тренування проводяться щоквартально.

### 3.5. Санітарно-гігієнічні умови праці

Організація робочого середовища повинна відповідати нормам по мікроклімату, рівню шуму та вібрації. У виробничих приміщеннях контролюється температура повітря (+16...+22°C), його вологість (40–60%) та швидкість руху повітря. Рівень шуму на робочих місцях не повинен перевищувати 85 дБ. Виробничі приміщення оснащені потужними вентиляційними системами для видалення пилу та випарів, а також високим рівнем освітленості, щоб уникнути аварійних ситуацій.

Працівники повинні мати можливість скористатися побутовими приміщеннями для відпочинку, переодягання, гігієнічних процедур. Обов'язково передбачаються кімнати для короткочасного відпочинку при роботах, що потребують тривалої концентрації уваги. Також організовується регулярне медичне обстеження персоналу для своєчасного виявлення професійних захворювань.

### 3.6. Заходи щодо зниження виробничих ризиків

Для підвищення безпеки праці на етапі збирання корпусу судна на верфі розробляються та впроваджуються додаткові заходи:

— використання сучасних підйомно-транспортних засобів для переміщення

важких деталей;

— проведення щотижневих інструктажів з охорони праці;

— введення системи фіксації та аналізу інцидентів для попередження повторних випадків;

— регулярний аудит технічного стану обладнання та засобів індивідуального захисту;

— ведення журналу інструктажів та призначення відповідальних осіб наказом.

Завдяки цим заходам ризик виникнення нещасних випадків або аварій на виробництві істотно знижується. Таким чином, забезпечення охорони праці при будівництві багатоцільового судна на верфі Besiktas Shipyard вимагає дотримання комплексу заходів, які охоплюють усі етапи: від зварювання та монтажу до обробки й очищення. Завдяки технічній оснащеності підприємства, високій кваліфікації персоналу і впровадженій системі безпеки можливе ефективне та безпечне виготовлення судна.

# СПЕЦІФІКАЦЯ

| | |
|---|---|
| Тип | Багатоцільове судно. Судно однопалубне, чотиритрюмне, з одним гвинтом та двигуном, з баком, з ютом, з кормовим розташуванням житлової рубки, з кормовим розташуванням машинного відділення, з подвійним дном, з бульбовим нісом та транцевою кормою, з люковими закриттям.<br>У проекті передбачено конструктивні особливості судна: бульбовий ніс, широке розкриття палуби. |
| Призначення | Перевезення генерального вантажу та контейнерів |
| Клас | KM AUT2 Ice2 CONTAINER GEN CARGO |
| Довжина найбільша | 148,60 м |
| Довжина між перпендикулярами | 138,75 м |
| Ширина судна | 21,00 м |
| Висота борту | 11,50 м |
| Осадка КВЛ | 8,90 м |
| Вагова водотоннажність | 20393 т |
| Об'ємна водотоннажність | 19896 м3 |
| Дедвейт | 13500 т |
| Експуатаційна швидкість | 13,50 вуз. |
| Кількість членів екіпажу | 19 |
| Дальність плавання | 10000 м. миль |
| Потужність двигуна | 4350 кВт |

# ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ


1. Демідюк О. В., Васильченко О. Є. Проектування багатоцільового судна для перевезення генеральних вантажів і контейнерів: Методичні вказівки для виконання розрахунково-графічного завдання. Одеса: ОНМУ, 2023.

2. Правила про вантажну марку. Регістр Судноплавства України, Київ 2020.

3. Правила класифікації та побудови морських суден. Том 2. Регістр Судноплавства України, Київ 2020.

4. Онищенко А.Ф. Методичні вказівки "Визначення головних розмірів судна у першому наближенні". ОНМУ 2022.

5. Іванов, О. П. Основи суднобудування. Київ: Видавництво "Наукова думка", 2018.

6. Петров, М. С. Суднові конструкції та матеріали. Одеса: Видавництво "Політехніка", 2016.

7. Мельников, В. Г. Новітні технології в зварюванні суднобудівних конструкцій. Суднобудівельний вісник, 29(1), 77-89, 2021.

8. Гордієнко, С. П. Процеси виробництва в суднобудуванні. Харків: Видавництво "Техніка", 2021.

9. Кравченко, М. О. Охорона праці в суднобудуванні. Київ: Видавництво "Техніка безпеки", 2018.

10. Демченко, І. А. Безпека праці при виробництві суднобудівних конструкцій. Харків: Видавництво "Техніка, 2020.

11. MAN Energy Solutions. Marine engine programme 2020. Augsburg: MAN Energy Solutions, 2020. 252 с.

StrikePlagiarism.com

Звіт не був оцінений

## Метадані

### ДОКУМЕНТ

Заголовок
**Терещенко А. КРБ**

Автор
**Терещенко**

Науковий керівник / Експерт
**доцент Ірина Вікторівна Чапленко**

ІД документу
**334422494**

### ОРГАНІЗАЦІЯ

Назва організації
**Odesa National Maritime University**

підрозділ
**Суднобудування і судноремонт**

### ЗВІТ

Дата звіту
**2026-06-25**

Дата редагування
---

## Обсяг знайдених подібностей

Коефіцієнт подібності визначає, який відсоток тексту по відношенню до загального обсягу тексту було знайдено в різних джерелах. Зверніть увагу, що високі значення коефіцієнта не автоматично означають плагіат. Звіт має аналізувати компетентна / уповноважена особа.

8.35% 8.35% КП 1

2.03% 2.03% КП 2

1.4% 1.4% КЦ

**25**
Довжина фрази для коефіцієнта подібності 2

**12195**
Кількість слів

**90247**
Кількість символів

## Тривога

У цьому розділі ви знайдете інформацію щодо текстових спотворень. Ці спотворення в тексті можуть говорити про МОЖЛИВІ маніпуляції в тексті. Спотворення в тексті можуть мати навмисний характер, але частіше характер технічних помилок при конвертації документа та його збереженні, тому ми рекомендуємо вам підходити до аналізу цього модуля відповідально. У разі виникнення запитань, просимо звертатися до нашої служби підтримки.

| | | |
|---|---|---|
| Заміна букв | | 19 |
| Інтервали | | 0 |
| Мікропробіли | | 0 |
| Білі знаки | | 0 |
| Парафрази (SmartMarks) | | 76 |

## Джерела

Нижче наведений список джерел. В цьому списку є джерела із різних баз даних. Колір тексту означає в якому джерелі він був знайдений. Ці джерела і значення Коефіцієнту Подібності не відображають прямого плагіату. Необхідно відкрити кожне джерело і проаналізувати зміст і правильність оформлення джерела.

10 найдовших фраз

Колір тексту

| # | НАЗВА ТА АДРЕСА ДЖЕРЕЛА URL (НАЗВА БАЗИ) | КІЛЬКІСТЬ ІДЕНТИЧНИХ СЛІВ (ФРАГМЕНТІВ) |
|---|---|---|
| 1 | Чендарогло маг [redacted] 12/8/2025 | 73 0 (0.6 %) |

Odesa National Maritime University (Суднобудування і судноремонт)

| | | |
|---|---|---|
| 2 | http://shipregister.ua/books/PVM2020.pdf | 61 0 (0.5 %) |
| 3 | Чендарогло маг<br>[redacted] 12/8/2025<br>Odesa National Maritime University (Суднобудування і судноремонт) | 51 0 (0.42 %) |
| 4 | Чендарогло маг<br>[redacted] 12/8/2025<br>Odesa National Maritime University (Суднобудування і судноремонт) | 37 0 (0.3 %) |
| 5 | Записка_1<br>[redacted] 12/8/2025<br>Odesa National Maritime University (Суднобудування і судноремонт) | 26 0 (0.21 %) |
| 6 | Чендарогло маг<br>[redacted] 12/8/2025<br>Odesa National Maritime University (Суднобудування і судноремонт) | 24 0 (0.2 %) |
| 7 | Чендарогло маг<br>[redacted] 12/8/2025<br>Odesa National Maritime University (Суднобудування і судноремонт) | 24 0 (0.2 %) |
| 8 | Записка_1<br>[redacted] 12/8/2025<br>Odesa National Maritime University (Суднобудування і судноремонт) | 23 0 (0.19 %) |
| 9 | Чендарогло маг<br>[redacted] 12/8/2025<br>Odesa National Maritime University (Суднобудування і судноремонт) | 22 0 (0.18 %) |
| 10 | Чендарогло маг<br>[redacted] 12/8/2025<br>Odesa National Maritime University (Суднобудування і судноремонт) | 22 0 (0.18 %) |

## База даних RefBooks ☐

| # | ЗАГОЛОВОК | КІЛЬКІСТЬ ІДЕНТИЧНИХ СЛІВ (ФРАГМЕНТІВ) |
|---|---|---|

## Домашня база даних (6.54 %) ☐

| # | ЗАГОЛОВОК | КІЛЬКІСТЬ ІДЕНТИЧНИХ СЛІВ (ФРАГМЕНТІВ) |
|---|---|---|
| 1 | Чендарогло маг<br>[redacted] 12/8/2025<br>**Odesa National Maritime University (Суднобудування і судноремонт)** | **589 (38) (4.83 %)** |
| 2 | Записка_1<br>[redacted] 12/8/2025<br>**Odesa National Maritime University (Суднобудування і судноремонт)** | **209 (17) (1.71 %)** |

## Програма обміну базами даних (0.24 %) ☐

| # | ЗАГОЛОВОК | КІЛЬКІСТЬ ІДЕНТИЧНИХ СЛІВ (ФРАГМЕНТІВ) |
|---|---|---|
| 3 | Проект багатоцільового самохідного кранового судна<br>[redacted] 6/18/2025<br>National University of Shipbuilding named after Admiral Makarov (National University of Shipbuilding named after Admiral Makarov) | 13 (1) (0.11 %) |

named after Admiral Makarov)

| | | |
|---|---|---|
| 4 | Комплексна проробка рейсу т/х «Vento Grecale» за маршрутом Мобіл – Альдс Ков<br>[redacted] 6/22/2021<br>National university "Odessa maritime academy" (Дипломна робота магістра) | 10 (1) (0.08 %) |
| 5 | MP_ЕТМм-23-1_Гузько_В.Б<br>[redacted] 12/11/2024<br>Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas (Каф. ЕМТД) | 6 (1) (0.05 %) |

Інтернет (1.57 %) ☐

| # | ДЖЕРЕЛО URL | КІЛЬКІСТЬ ІДЕНТИЧНИХ СЛІВ (ФРАГМЕНТІВ) |
|---|---|---|
| 6 | **http://shipregister.ua/books/PVM2020.pdf** | **61 (1) (0.5 %)** |
| 7 | https://learn.ztu.edu.ua/mod/resource/view.php?id=62249 | 36 (3) (0.3 %) |
| 8 | http://visnyk.onmu.org.ua/index.php/1/article/download/244/243/ | 21 (3) (0.17 %) |
| 9 | https://vikidalka.ru/3-46736.html | 17 (1) (0.14 %) |
| 10 | http://shipregister.ua/books/PCBSSt3_2020.pdf | 15 (1) (0.12 %) |
| 11 | https://studfile.net/preview/5740222/page:2/ | 14 (1) (0.11 %) |
| 12 | http://inmad.vntu.edu.ua/portal/static/FCFF144B-3D24-4F69-AF86-FECE9E66C349.pdf | 12 (1) (0.1 %) |
| 13 | http://samzan.ru/212854 | 10 (1) (0.08 %) |
| 14 | http://te.dsp.gov.ua/pereviryly-znannya-z-ohorony-pratsi-u-operatoriv-kotelen-navchalno-vyhovnyh-zakladiv-pidgayetskogo-rajonu/ | 5 (1) (0.04 %) |

## Список прийнятих фрагментів

| # | ЗМІСТ | КІЛЬКІСТЬ ОДНАКОВИХ СЛІВ (ФРАГМЕНТІВ) |
|---|---|---|

Ф2 Форма ОНМУ ХХ.УУУ

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**
**ОДЕСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ МОРСЬКИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

# ПОДАННЯ ГОЛОВІ ЕКЗАМЕНАЦІЙНОЇ КОМІСІЇ ЩОДО ЗАХИСТУ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

Направляється студен **ТЕРЕЩЕНКО Артем Олександрович** до захисту кваліфікаційної роботи за спеціальністю (напрямом підготовки) **135 « Суднобудування»**,
(шифр і назва)

на тему «Проект багатоцільового судна для перевезення генерального вантажу та контейнерів, dw = 13500 т, швидкість 13,5 вуз, дальність плавання – 10000 м. миль, питомо-навантажувальний об'єм – 1,40 м3/т. Передбачити конструктивні особливості судна: Подвійні борта, вантажні крани Пр.Б та ЛБ.
The project of multi-purpose vessel for the transportation of general cargo and containers, dw = 13500 t, speed v = 13,5 knots, range – 10000 n. miles, stowage factor – 1,40 m3/t. Provide the structural features of the vessel: double sides, cargo cranes on PS and SB».
Кваліфікаційна робота і рецензія додаються.

Заст.директора ННМІТІ _____ Тетяна БЕРНЕВЕК
(підпис)

**Довідка про успішність**

**ТЕРЕЩЕНКО Артем Олександрович** за період навчання в Навчально-науковому морському інженерно-технічному інституті з 2022 року до 2026 року повністю виконав навчальний план за напрямом підготовки, спеціальністю з таким розподілом оцінок за:
національною шкалою: відмінно _33_%, добре _55_%, задовільно _12_%;
шкалою ЄКТС: A ____%; B ____%; C ____%; D ____%; E ____%.

Ст.інспектор ННМІТІ _____ Тетяна БЕРНЕВЕК
(підпис) (прізвище та ініціали)

**Висновок керівника кваліфікаційної роботи**

Студент(ка) Терещенко Артем Олександрович
доклад зусіль для виконання КРБ

Керівник ~~проекту~~ (роботи) _____
(підпис)

«19» 06 2026 року

**Висновок кафедри про дипломний проект (роботу)**

Кваліфікаційну роботу розглянуто. Студент(ка) Терещенко А.О.
(прізвище та ініціали)

допускається до захисту цього(цієї) проекту (роботи) в екзаменаційній комісії.

Завідувач кафедри суднобудування і судноремонту ім. професора Ю.Л. Воробйова

_____ Головань А.У.
(підпис) (прізвище та ініціали)

«19» 06 2026року.

**НАПРАВЛЕННЯ НА РЕЦЕНЗІЮ**

(№2)

Рецензенту п. Александровській Н.І.
(прізвище, ініціали)

Шановний Наріє Ігорівна!
(ім'я, по-батькові)

Направляємо на рецензію кваліфікаційну роботу студента 4 курсу
***Навчально-наукового морського інженерно-технічного інституту,***
спеціальність **13 Механічна інженерія**
освітня програма **135. Судноbудування**
РВО бакалавр Терещенко А. О.
(бакалавр /магістр) (ПІБ студента)
на тему Проєкт багатоцільового судна для перевезення генерального вантажу та контейнерів DW=13500т, швидкість V=13,5 вузл, R=10000 миль, q=1,40 м/т. Перевірочні конструктивні особливості судна і подвійні борти, вантажні крани ПРБ та ЛБ

Додаток: Розрахунково-пояснювальна записка на 71 арк.
Графічна частина на 4 арк.

«22» 06 2026 р. Директор ННМІТІ

## РЕЦЕНЗІЯ

| | |
|---|---|
| 1. Актуальність теми, діяльність розробки (наскільки чітко в розробці аргументована актуальність) | Тема актуальна |
| 2. Відповідь роботи завданню за змістом та обсягом | КРБ відповідає завданню за змістом та обсягом |
| 3. Приклади розроблення розділів та питань, виконаних на високому науково-теоретичному, організаційному чи практичному рівні (відображаються не менше 3 питань, а саме: новизна ідей, методів виконання, глибина проробки і використання ЕОМ, економічне обґрунтування та економічний ефект тощо) | Усі розділи були виконані відповідно з вказівками метод. посібників |
| 4. Рівень використання літературних джерел (особливо зазначаються періодичні видання, інформаційні матеріали) | літ. джерела - на достатньому рівні |

| | |
|---|---|
| 5. Повнота застосування чинних нормативно-технічних документів (які стандарти не використані, чи є посилання на недіючі нормативно-технічні документи) | Застосування Н-Т документів – достатня |
| 6. Якість оформлення пояснювальної записки (грамотність, акуратність, якість брошурування тощо) та графічної частини | якісно оформлення – добра |
| 7. Недоліки та зауваження по розділах та кресленнях роботи, зазначити не менше трьох недоліків та/або зауважень суттєвого змісту | 1. Розташування плотів на малюнку дано визиває сумнів Сшук плотів буде на бульб<br>2. На боковому виді не має розташування вартової ялюпки<br>3. Пропорції ГРП не відповідають розмірам судна |

## ВИСНОВКИ

Підготовленість студента до самостійної інженерної роботи Терещенко А.О. підготовлений до роботи з спеціальністю

Оцінка кваліфікаційної роботи добре

(відмінно, добре, задовільно, незадовільно)

**РЕЦЕНЗЕНТ**

к. т. н., доцент (інженерна кваліфікація, учений ступень, звання) (особистий підпис) Надія ОЛЕКСАНДРОВСЬКА Ім'я ПРІЗВИЩЕ

« 24 » 06 2026 р.