

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова
Навчально науковий інститут (факультет) _____ Кораблебудівний _____

Кафедра _____ будівельної механіки та конструкції корпусу корабля _____

«Допущений до захисту»

Завідувач кафедри

Л.І. Коростильов
« 25 » чережня 2024 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
на здобуття ступеня вищої освіти «магістр» на
тему:
Дослідження особливостей проектування та
конструювання корпусу накатного судна

Виконав: студентка 6116м групи

П.С. Керімова
(підпис) **Керімова П.С.**

Керівник роботи:

(посада, науковий ступень вчене звання)
Г.В. Шарун
(підпис) **Шарун Г.В.**

Миколаїв – 2024 р.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова

Навчально науковий інститут (факультет) Кораблебудівний

Кафедра будівельної механіки та конструкції корпусу корабля

Спеціальність 135 Суднобудування

Освітньо-професійна програма Конструювання та міцність корпусу суден і плавучих споруд

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Гарант освітньої програми

Л.І. Коростильов д.т.н., професор Коростильов Л.І.

«25» грудня 2024 року

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

Керімова Поліна Сергіївна

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи «Дослідження особливостей проектування та конструювання корпусу накатного судна»
«Research of features of design and construction of the hull of the roll on-roll off ship»

Керівник роботи Шарун Г.В.

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

затверджені наказом вищого навчального закладу від

“ ” 20 року №

2. Строк подання студентом роботи 26.12.2024

3. Вихідні дані до роботи матеріали технічного проекту накатного судна

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки

1. Аналіз та систематизація особливостей конструкції корпусу накатного судна

2. Набір корпусу накатного судна за Правилами Регістру

3. Перевірка місцевої міцності корпусу накатного судна

4. Перевірка міцності відсіку корпусу судна

5. Перелік презентаційних матеріалів:

- 5.1 Презентація магістерської роботи
5.2
5.3

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	ПіБ консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1	Шарун Г.В.	<i>Шарун</i>	<i>Шарун</i>
2	Шарун Г.В.	<i>Шарун</i>	<i>Шарун</i>
3	Шарун Г.В.	<i>Шарун</i>	<i>Шарун</i>
4	Шарун Г.В.	<i>Шарун</i>	<i>Шарун</i>

7. Дата видачі завдання 01.09.2024

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту	Строк виконання етапів проекту	Примітка
1	Аналіз та систематизація особливостей конструкції	20.09.2024	
2	Набір корпусу накатного судна за Правилами Регістру	10.10.2024	
3	Перевірка місцевої міцності корпусу накатного судна	20.11.2024	
4	Перевірка міцності відсіку корпусу судна	05.12.2024	
5	Оформлення пояснювальної записки	20.12.2024	

Студент

Пікер
(підпис)

Керімова П. С.
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

Шарун
(підпис)

Шарун Г.В.
(прізвище та ініціали)

Анотація

Дипломний проект: с., рис. , джерел.

Об'єкт дослідження – корпусні конструкції накатного судна без пілерсів

Мета досліджень – розробити рекомендації з перевірки міцності корпусу судна.

Методика досліджень – аналітична, чисельна.

Проект містить розрахунки та графічні роботи, виконані на основі існуючих методик і нормативних документів.

У роботі були досліджені особливості конструкції корпусів двопалубних накатних суден. Виконано набір корпусу судна за Правилами та перевірена загальна та місцева міцність корпусних конструкцій. Виконано розрахунок міцності відсіку судна в середній частині корпусу, застосовуючи спрощені розрахункові схеми моделювання відсіку.

Графічна частина містить всі необхідні креслення та плакати, які дають уявлення про проект судна.

КОРПУС, КОРПУСНА КОНСТРУКЦІЯ, МІЦНІСТЬ, ВІДСІК

Abstract

Thesis project: p., pictures , sources.

The object of the study is the hull construction of a roll on – roll off ship without pillars.

The purpose of the research is to develop recommendations for checking the strength of the ship's hull. The research methodology is analytical and numerical.

The project contains calculations and graphic works based on existing methods and regulatory documents.

In the work, the features of the design of the hulls of double-deck roll on-roll off ships were investigated. The set of the ship's hull was carried out according to the Rules and the general and local strength of the hull structures was checked. The calculation of the strength of the ship's compartment in the middle part of the hull, using simplified calculation schemes for modeling the compartment, was performed.

The graphic part contains all the necessary drawings and posters that give an idea of the ship's design.

HULL, HULL STRUCTURE, STRENGTH, COMPARTMENT

					19.MP.135.6116м.05.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ЗМІСТ

Вступ.....	
1. Аналіз та систематизація особливостей конструкції корпусу накатного судна.....	
2. Набір корпусу накатного судна за Правилами Регістру	
3. Перевірка місцевої міцності корпусу накатного судна	
4. Перевірка міцності відсіку корпусу судна	
Висновки.....	
Література.....	

					19.МР.135.6116м.05.ПЗ	Лист
Из	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Вступ

Накатні судна називають по-різному: судна з горизонтальною вантажообробкою (СГВ), судна типу Ro-Ro (від «roll on / roll off» - укочувати / викочувати) або просто ролкери.

Суднами з горизонтальною вантажообробкою (скорочено - СГВ) називаються судна, навантаження і розвантаження яких здійснюється переважно або виключно через ворота по краях або бортові лацпорти. Автомобілі та інша колісна техніка вантажаться на судно і вивантажуються з нього своїм ходом, а контейнери і генеральні вантажі з допомогою спеціальних навантажувачів, що входять до складу вантажного пристрою судна, або портових. Завдяки цьому, судна з горизонтальною вантажообробкою можуть з успіхом використовуватися в портах, які не мають кранового обладнання.

Існуючі судна з горизонтальною вантажообробкою можна розділити на три основні групи:

- автомобільно-пасажирські пороми;
- спеціалізовані судна-автомобілевози;
- універсальні вантажні судна.

Автомобільно-пасажирські пороми призначені для перевезення пасажирів з їх особистим транспортом і невеликих партій комерційних вантажів в автомобілях або трейлерах.

Спеціалізовані судна-автомобілевози призначені для перевезення автомобілів (зазвичай легкових) мають, як правило, суцільну надбудову і велику кількість вантажних палуб.

Універсальні вантажні судна з горизонтальною вантажообробкою можуть використовуватися для перевезення генеральних вантажів, контейнерів, трейлерів, автомобілів, колісно-гусеничної техніки, а також довгомірних навантажень (рис.1).

					19.MP.135.6116м.05.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рис. 1 Схема судна з горизонтальною вантажообробкою з різними вантажами на борту

Необхідність більш повного використання площі палуб для розміщення колісних вантажів і свободи маневру вимагає відмови від поперечних перегородок та інших конструкцій, що перешкоджають розміщенню і пересуванню всередині корпусу. Внаслідок цього при бортовій хитавиці на хвилюванні поперечні перерізи судна перекошуються при одночасному впливі на конструкції поперечного вертикального навантаження від вантажу та горизонтальних складових сил навантаження при хитавиці. Саме тому в рамках дійсної магістерської роботи кафедрою будівельної механіки та конструкції корпусу корабля було запропоновано дослідити особливості конструкції корпусу двопалубного накатного судна без пілерсів і зв'язані з цим проблеми проектування корпусних конструкцій.

В сучасних Правилах немає вимог до розмірів рамних в'язей накатних суден внаслідок складного напруженого стану конструкцій через їх суттєве просторове деформування у вертикальному і поперечному напрямку.

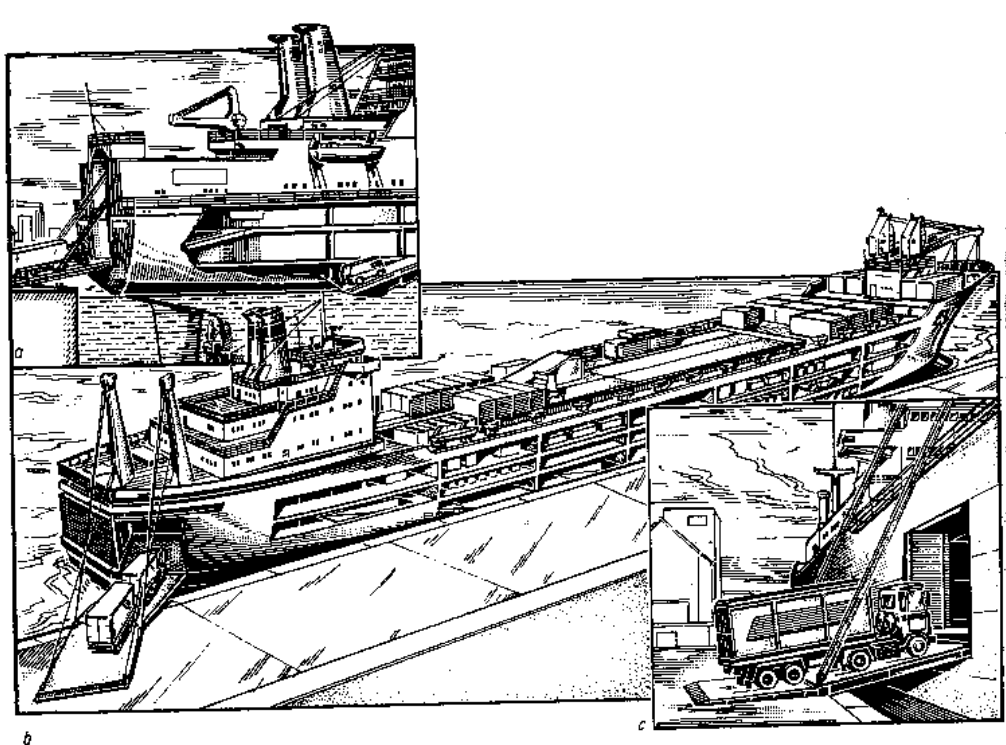
В Правилах є лише вимоги до товщин настилів палуб і балок основного набору при впливі навантажень від коліс навантажників. В основному Правила радять прямі методи розрахунку конструкцій, використовуючи метод скінченних елементів. У якості розрахункових схем рекомендується використовувати моделі об'ємного відсіку і повномасштабної моделі всього корпусу. Це пов'язано з великими втратами робочого часу для підготовки і розрахунку таких конструкцій, використовуючи метод скінченних елементів. Для нашого судна

					19.МР.135.6116м.05.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

відсутність пілерсів дозволяє використовувати для аналізу напруженого стану більш прості розрахункові моделі, зокрема модель поперечної шпангоутної рами, тому що ці рами працюють ізольовано. Підтримуючий вплив сусідніх шпангоутних рам можна виключити, так як всі рами гнуться однаково через регулярність набору і відсутність опор у вигляді пілерсів та поперечних перебірок.

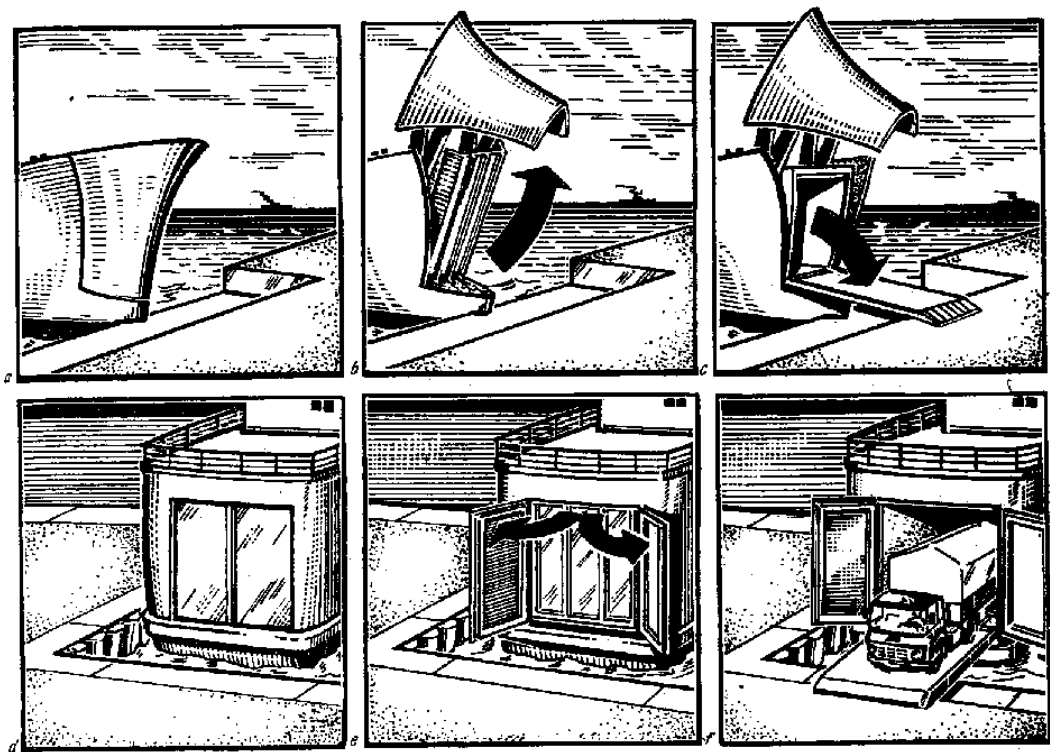
Отже на меті дійсної магістерської роботи є дослідження можливості використання для двопалубних накатних суден, що не мають пілерсів та поперечних переділок у вантажній частині, розрахункової схеми у вигляді П – образної шпангоутної рами для визначення потрібних розмірів рамних в'язей, використовуючи можливості ліцензійної в університеті програми ANSYS 11.0 за методом скінченних елементів.

Саме тому в рамках магістерської роботи будуть проаналізовані вимоги Правил класифікаційних товариств щодо в'язей накатних суден, розроблені схеми та методики розрахунку напруженого стану, а отже й визначення розмірів поперечних рамних в'язей накатних суден.



Накатне судно (а - кормова рампа в діаметральній площині судна. б - накатне судно з кутовою кормовою рампою. с - бортовий лацпорт.)

					19.МР.135.6116м.05.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Носові та кормові рампи (апарелі)

					19.МР.135.6116м.05.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
					Аналіз та систематизація особливостей конструкції корпусу накатного судна	Літ.	Арк.	Аркушів
Студент		Керімова						
Керівник		Шарун				НУК ім. адм. Макарова		
Консульт.		Шарун						
Зав. каф.		Коростильов						

1 Аналіз та систематизація особливостей конструкції корпусу накатного судна

1.1 Основні типи накатних суден та їх відмінності

Залежно від конструктивних особливостей, цільового призначення, регіону обслуговування і характеру перевезених вантажів все різноманіття судів накатного типу можна розділити на групи:

- океанські вантажні ролкери, фідерні ролкери;
- автомобільно-пасажирські та залізничні пороми;
- автомобілевози;
- комбіновані судна;
- багатоцільові судна з кормової апарелю та вантажною палубою для накатних вантажів та ряд інших.

Океанські вантажні ролкери (Ro-Ro) (рис. 1.1) це багатопалубні вантажні лайнери з надмірним надводним бортом й великою питомою вантажомісткістю, пристосовані для вантажної обробки методом накату через кормову, носову та бортову апарелі. Як правило, це трьох-, п'яти-палубні судна місткістю від 30 тис. до 60 тис. м³.

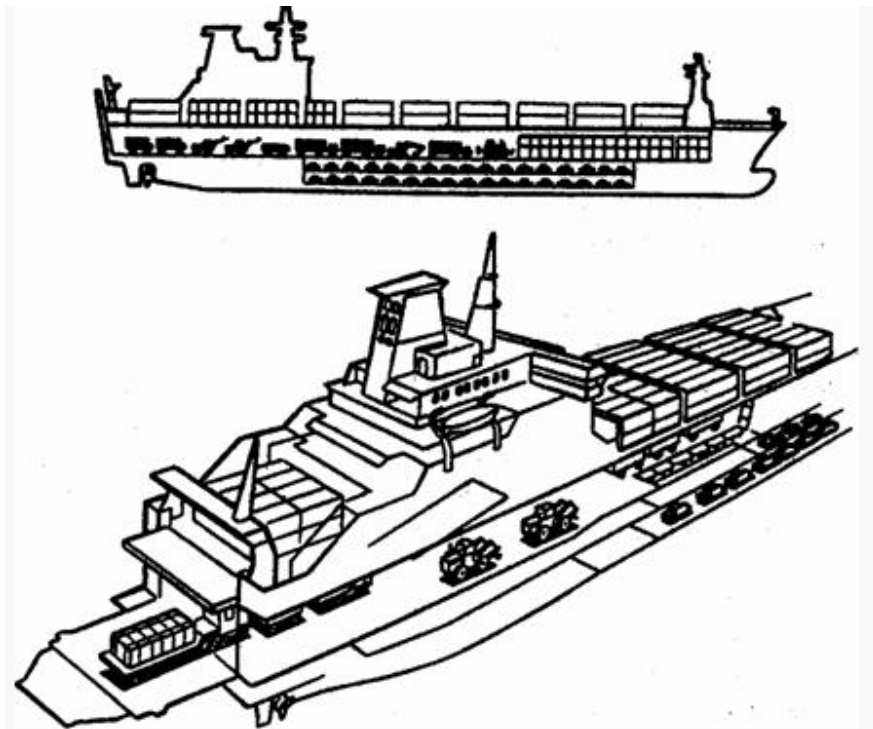


Рис. 1.1 Судно типу Ro-Ro

					19.МР.135.6116м.05.ПЗ.01	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Враховуючи складну структуру вантажопотоку, що обслуговується, судна мають комбінацію двох видів вантажних приміщень: верхній твіндек і трюм висотою 3 ... 3,5 м, що забезпечують розміщення контейнерів та інших засобів укрупнення в один ярус; вантажні приміщення на головній палубі і безпосередньо під головною палубою висотою 5... 6,5 м.

На більшості ролкерів у межах вантажних трюмів відсутні традиційні поперечні перегородки, проте в даний час частина суден розділені на відсіки, а для проїзду вантажної техніки встановлюються водонепроникні двері різної конструкції.

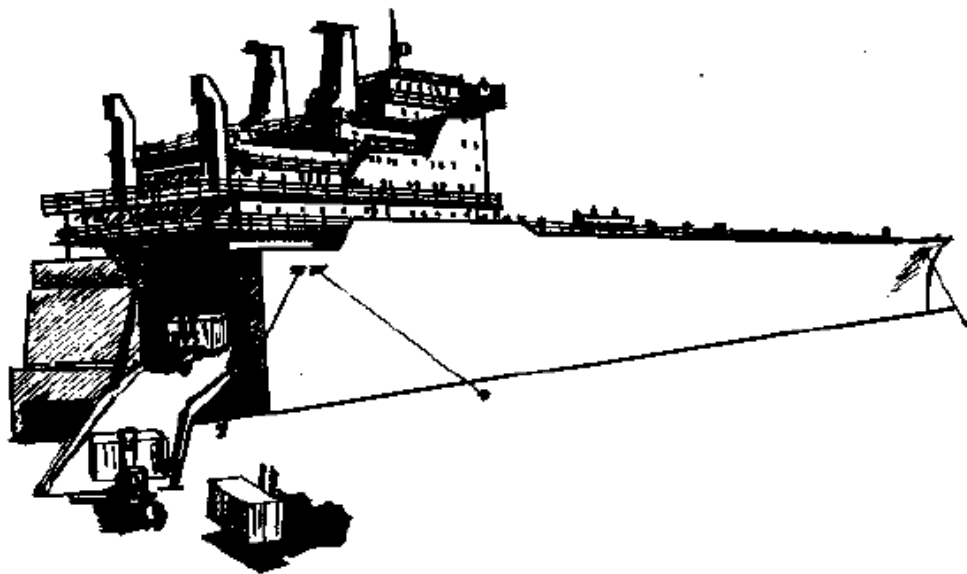


Рис. 1.2 Судно «Paralla» біля причалу

На морських лініях використовуються мало- та середньотоннажні двох- і трьохпалубні ролкери місткістю до 10-15 тис. м³. Так як ці судна розраховані на перевезення дорожніх трейлерів й габаритних вантажів, то висота їх вантажних приміщень сягає іноді 7 м.

На напрямках, де є стійкі вантажопотоки швидкопсувних вантажів, ролкери пристосовуються для перевезення рефрижераторних контейнерів, для чого до місця їх установки на судні підводяться лінії живлення двигунів рефрижераторних установок або система забезпечення повітрообміну та подачі холодоагенту. У морському лінійному судноплаванні ролкерна система стикується з автомобільним й залізничним транспортом. Крім ролкерів, для цих цілей широко

					19.MP.135.6116м.05.ПЗ.01	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

використовуються автомобільно-пасажирські пороми та залізнично-пасажирські пороми з автомобільної палубою.

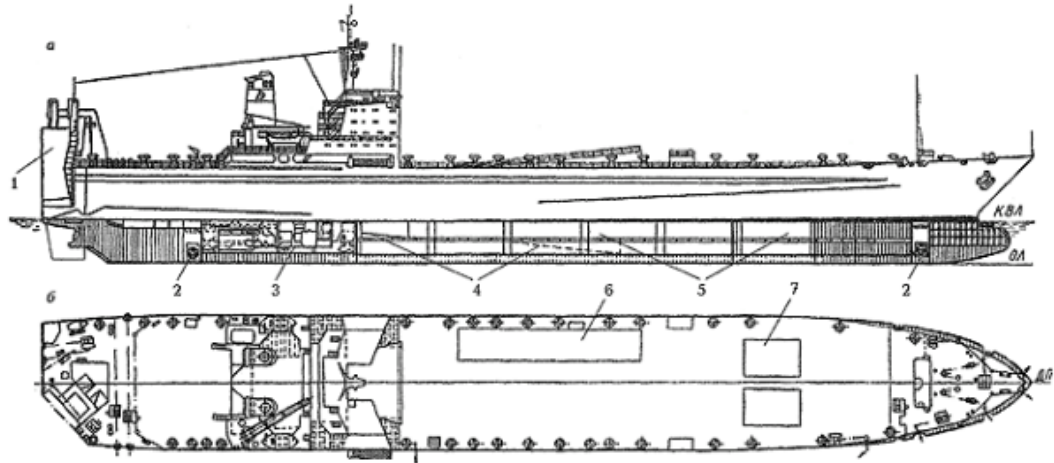


Рис. 1.3 Схема загального розташування ролкера проекту 1609 «Капітан Смирнов»: а) вид збоку; б) вид зверху

1 – кормова кутова рампа; 2 – підрулюючий пристрій; 3 – машинне відділення; 4 – міжпалубні пандуси; 5 – вантажні трюми; 6 – виїзд на верхню палубу; 7 – люкове закриття

Автомобільно-пасажирські пороми (RaxCar Ferries). Головні параметри та архітектурно-планувальний план судна залежать від протяжності перевезень і характеру вантажо- і пасажиропотоку.

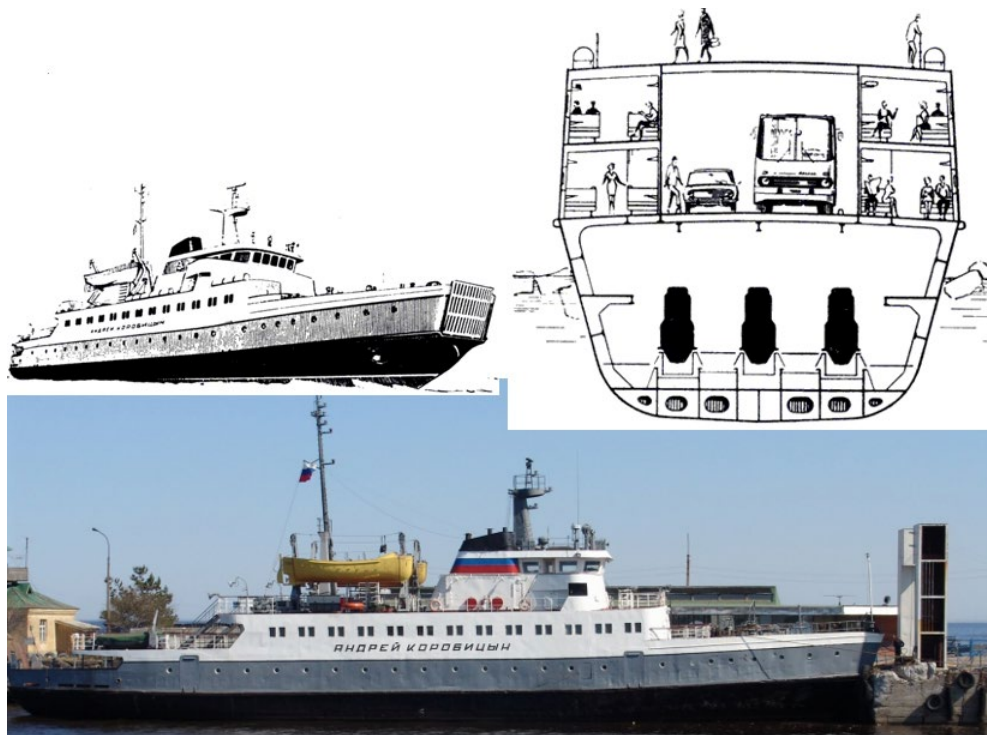


Рис. 1.4 Автомобільно-пасажирський пором «Андрій Коробицин»

За способом виробництва вантажних операцій пороми поділяються

на групи:

					19.MP.135.6116м.05.ПЗ.01	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- двосторонні човникові з симетричним носом й кормою. Вони можуть сполучатися з берегом й забезпечувати в'їзд і виїзд транспорту як через носовий так і через кормовий край судна. Застосовуються на коротких лініях при роботі на акваторії порту, каналу, затоки;

- двосторонні пороми зі звичайним носом і кормою судна, але з двома апарелями. В'їзд і виїзд транспорту потоковий. Носовий в'їзд зазвичай має підйомні ворота, кормовий в'їзд - апарель, при цьому розрізняють пороми з носовим в'їздом, пороми з кормовим в'їздом, пороми з бортовими в'їздами, пороми універсального типу. Слід зазначити, що носові апарелі не забезпечують достатньо надійної герметичності закриття, це, по мірі зносу суднових конструкцій, призводить до проникнення води в корпус судна, а отже, до аварії, що і підтверджує загибель порома «Естонія».

За конструктивними типами пороми діляться на однокорпусні, катамарани, судна на повітряній подушці й судна на підводних крилах.

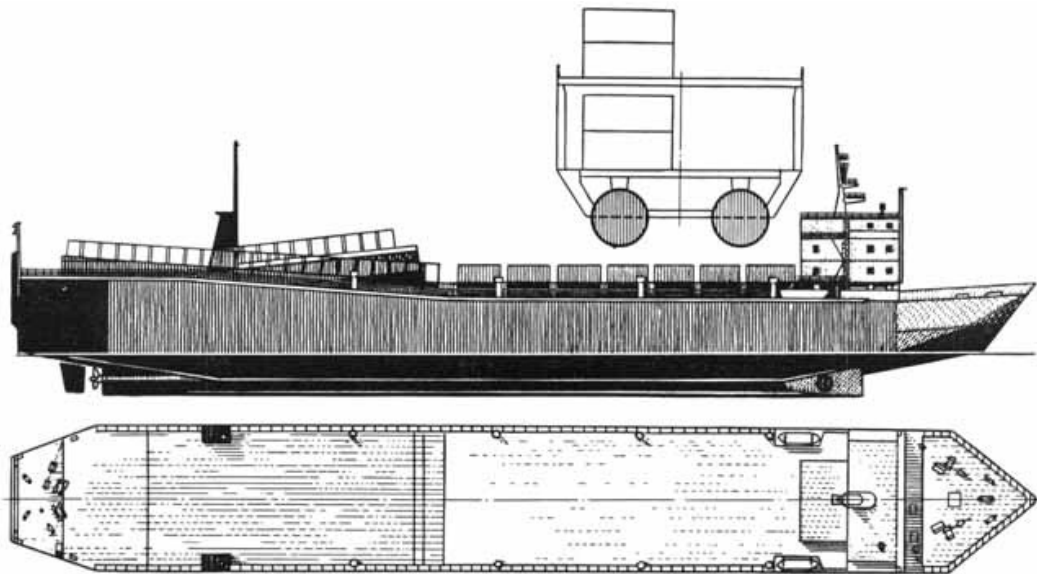


Рис 1.5 Шведське судно з горизонтальною вантажообробкою «Біа», вантажна частина якого підтримується двома паралельними циліндричними корпусами (судно типу катамаран). (На двох окремо виготовлених циліндричних корпусах встановлена верхня частина 4500-тонного судна з горизонтальним вантаженням. Такий спосіб побудови привів до зниження будівельної вартості в порівнянні з судном традиційного типу на 25%)

Компонування гаражних приміщень залежить від типу і розмірів порома, воно може бути:

					19.МР.135.6116м.05.ПЗ.01	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- центральне, розташоване в середній частині судна. Машинні шахти та допоміжні вигородки розташовані в бортових відсіках;
- бортове - автотранспорт розміщений уздовж бортів. У діаметральній площині (ДП) розташовується шахта машинного відділення. Така конструкція дозволяє застосувати поточно-кругову технологію при наявності однієї апарелі;
- комбіноване - автотранспорт розміщується по всій палубі, за винятком невеликої вигородки, розташованої на середині півщини судна.

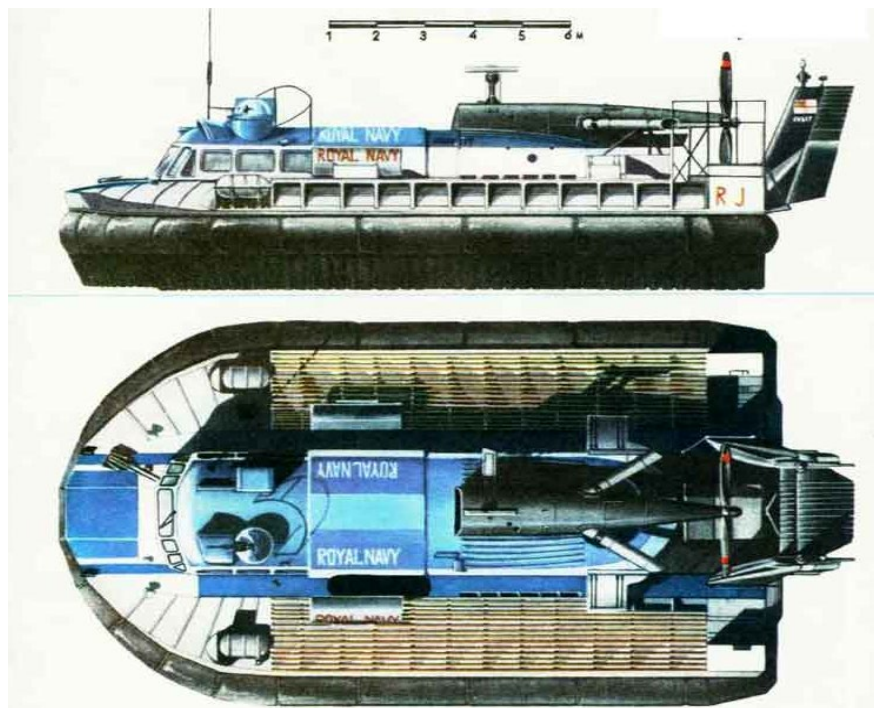


Рис. 1.6 Пором на повітряній подушці SR №4. Маса 200 т, швидкість ходу 70 вузлів. Довжина найбільша 39,7 м, ширина 23,8 м, габаритна висота 11,5 м. Вантажопідйомність 85т - 30 автомобілів та 250 пасажирів.

Пасажирські місця на поромах, як правило, розташовуються в надбудові, над гаражної палубою. Довжина великих пасажирських поромів може перевищувати 200 м, потужність енергетичних установок 55,2 тис. кВт, швидкість 30 уз і більше, пасажиромісткість понад 2000 чол., кількість легкових автомашин до 250 шт.

					19.МР.135.6116м.05.ПЗ.01	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

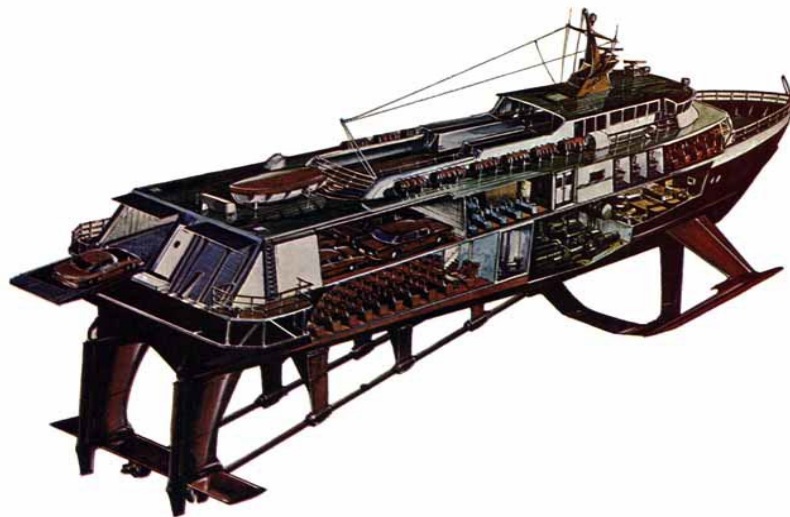


Рис. 1.7 Автомобільно-пасажирський пором на підводних крилах РТ-150. Маса 165 т, швидкість ходу 36,5 вузлів. Вантажопідйомність 23т - 8 автомобілів та 150 пасажирів. Дальність плавання 400—600 км.

Залізничні пороми. Розміри залізничних поромів залежать від протяжності лінії, обсягів перевезення та заданих інтервалів відходів. Характерною особливістю залізничних поромів є пристрій зчленування з береговою лінією шляхів, який розташовується в кормовій частині судна. Вагони розміщуються на першій, другій і третій вагонних палубах.

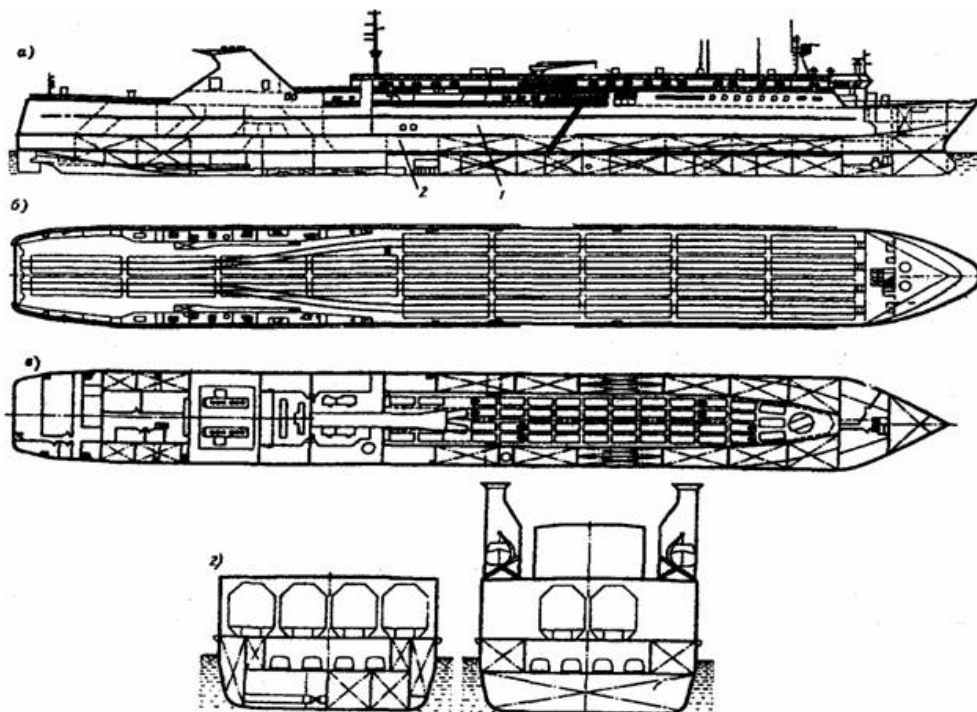


Рис. 1.8 Залізничний пором:
а - бічний вид; б-вантажна (вагонна) палуба; в - вантажна автомобільна палуба; г-поперечний розріз вантажних приміщень; І - вагонна палуба; 2 - автомобільна палуба

					19.МР.135.6116м.05.ПЗ.01	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Протяжність шляхів на поромі може досягати 1300 м. При наявності трьох вагонних палуб вагони на першій і третій палубах подаються ліфтом вантажопідйомністю до 80 т. Для перекладу вагонів з однієї колії на іншу на поромі обладнані поворотні платформи.

До числа чисто спеціалізованих ролкерів слід віднести автомобілевози, які здійснюють завантаження і вивантаження автомобілів методом накату. Цей тип судна відрізняється великою питомою вантажомісткістю і великим числом палуб з малою висотою. Число палуб може досягати 13-15, частина з них підвісні, що дозволяє міняти габарити міжпалубного простору і розширювати номенклатуру вантажу за рахунок залучення до перевезення не тільки автомобілів, але й інших видів рухомої техніки.

До суден подвійної спеціалізації відносять судна типу Кон-Ро - об'єднані судна, у яких носові трюми пристосовані для перевезення контейнерів, а кормові - для перевезення накатної техніки. Така комбінація вантажних приміщень зручна для ліній зі змішаною структурою вантажопотоку.

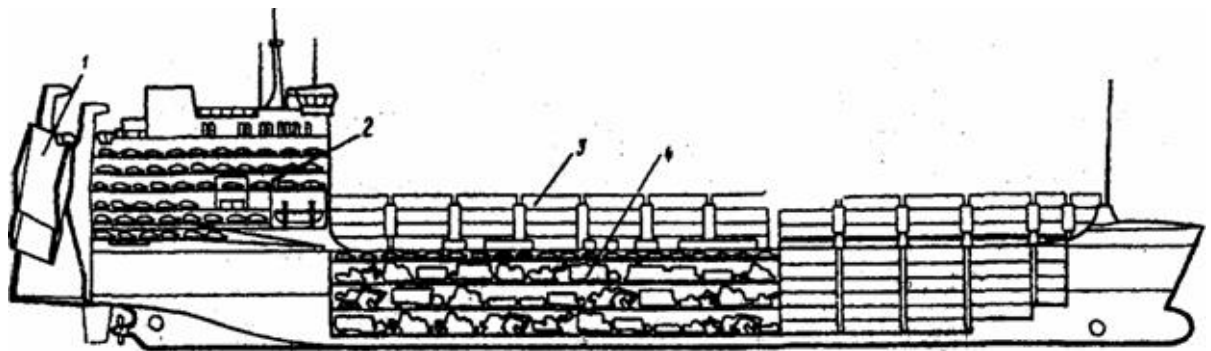


Рис. 1.9 Судно типу Кон-Ро: 1 - апарель; 2 – автомобілі; 3 - контейнери; 4 - накатна техніка

Вдалим рішенням конструкції судна подвійної спеціалізації можна вважати судно типу балкер-ролкер. Судно розділене на 3 секції в повздовжньому напрямку. Центральна частина є трюмом для руди, яка перевозиться з Австралії до Японії, а бортові секції пристосовані для накатної техніки, яка перевозиться з Японії до Австралії. Навантаження накатної техніки проводиться по кормових апарелях.

1.2 Архітектурно-конструктивні особливості накатних суден

Залежно від своїх розмірів і габаритів вантажних одиниць накатні судна мають від двох до чотирьох палуб. Судна дедвейтом до 10000 т - двопалубні, в діапазоні 3500 ... 25000 т - трьохпалубні. Машинне відділення розміщується завжди в кормі, надбудова також частіше в кормі, іноді в носовій частині.

Характерними особливостями цих судів є:

- потужні вантажні палуби розраховані на сприйняття навантаження від колісної техніки;
- мала кількість поперечних водонепроникних перегородок, а часом і відсутність їх у вантажних приміщеннях;
- наявність подвійних бортів нижче головної палуби в районі вантажних трюмів;
- верхня палуба не має сідловатості та погибу бімсів.

Для забезпечення вільного проїзду навантажувача по судну в трюмах й твіндеках поперечні перегородки не встановлювалися, а для підтримки палубних перекриттів використовувалися пілери, що встановлювалися в ДП з інтервалом 15 ... 16 м, тобто приблизно через 20 шпаций. Тому на більшості накатних судів не була забезпечена непотоплюваність; навіть якщо судно мало достатню кількість поперечних перегородок, доведених тільки до головної палуби, непотоплюваність також не була забезпечена, оскільки вода попадала на головну палубу і судно втрачало остійність через вплив великої вільної поверхні.

Для покращення умов життя і праці екіпажу та зменшення шкідливого впливу качки на вантаж, що перевозиться, накатні судна системою заспокоювання качки, цистерни якої розміщують в відсіках подвійних бортів, а також пристроями для автоматичного регулювання крену і диференту в період вантажних робіт, гвинтами регульованого кроку і пристроєм, що підрулює. На стоянці система заспокоювання качки використовується як протикренова, коли в процесі вантажних робіт

					19.MP.135.6116м.05.ПЗ.01	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

судно отримує тимчасовий крен на будь-який борт. На рис. 1.10 та 1.11 надані принципіальна схема загального розташування накатного судна на прикладі чотирьохпалубного судна і схеми поперечного перерізу ряду накатних суден.

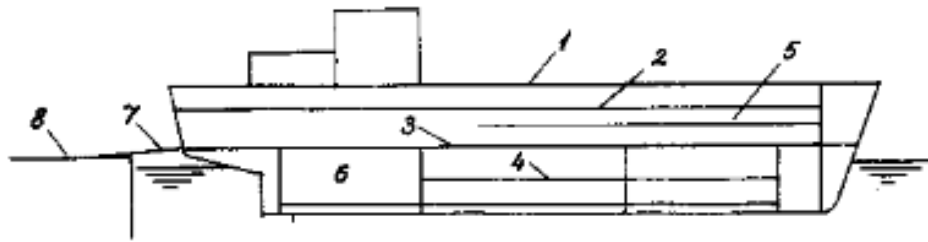


Рис. 1.10 Схема загального розташування чотирьохпалубного СГВ: 1 - верхня палуба; 2 – друга палуба; 3 – третя (головна) палуба; 4- четверта палуба; 5 – підвісна автомобільна платформа; 6 – машинне відділення; 7 – рампа; 8 - причал

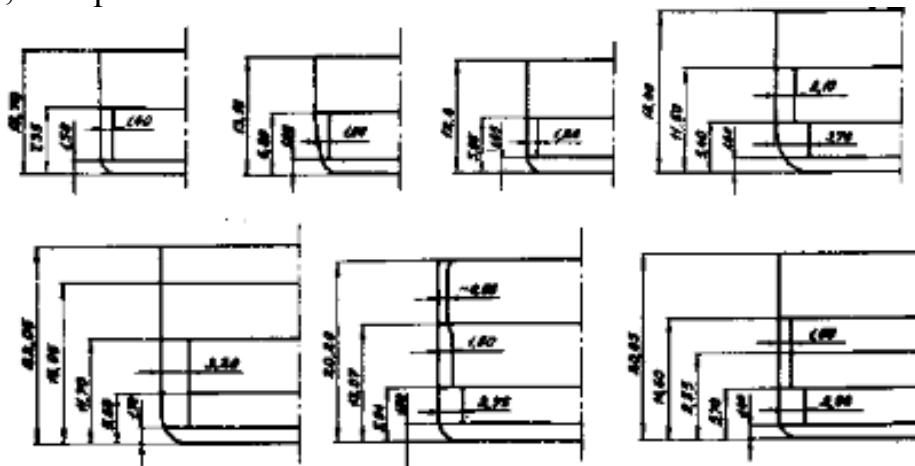


Рис. 1.11 Поперечний переріз СГВ

В останні роки будують накатні судна, в яких поперечні перегородки доводять до верхньої палуби та влаштовують в них великі ворота для проїзду колісної техніки. Нижче головної палуби в районі вантажних трюмів завжди встановлюють подвійні борти. Простір між ними використовують для судових запасів та баласту, а також для пасивних заспокійливих цистерн.

Палуба, на яку потрапляють вантажні одиниці по рампі, є розподільною. З рівня цієї палуби вантажі по пандусам і апарелям, а також за допомогою ліфтів пересуваються на інші палуби.

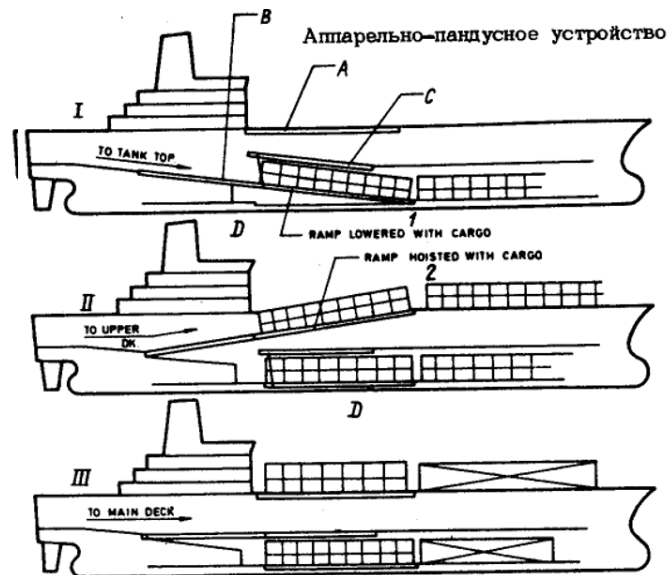


Рис. 1.12 Аппарельно-пандусний пристрій

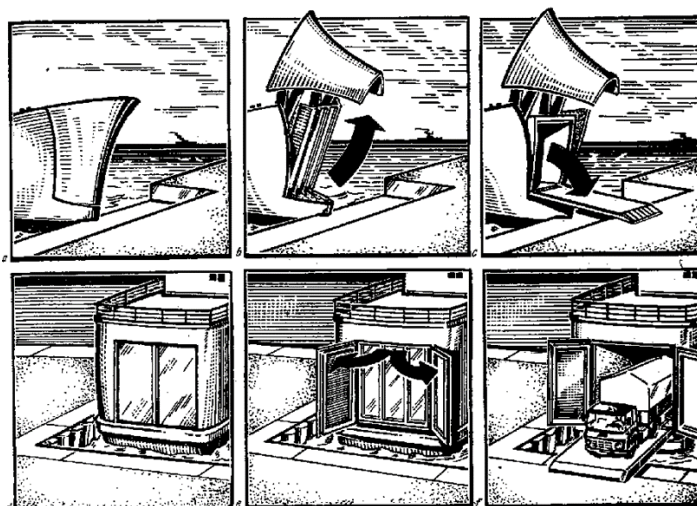


Рис. 1.13 Носові та кормові рампи (апарелі)

Машинне відділення на накатних судах намагаються розмістити під розподільною палубою, а шахти зробити по можливості вузькими і рознести їх по бортах. Висота машинного відділення обмежується рівнем головної палуби. Кормове розташування машинного відділення пояснюється прагненням забезпечити безперервність вантажних приміщень, щоб вантажна техніка могла безперешкодно переміщатися всередині судна, а вантаж розміщувався в середній, найбільш повною частини корпусу. Для цих судів потрібно використовувати компактні головні двигуни мало- та середньооборотні дизелі. На судах з горизонтальною вантажообробкою дуже рідко ставлять газотурбінні енергетичні установки. На цих судах з метою зменшення розмірів

					19.MP.135.6116м.05.ПЗ.01	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

машинного відділення газіві турбіни та електрогенератори розміщені в надбудові на верхній палубі, а гребні електродвигуни - в моторному відділенні нижче головної палуби. При цьому не тільки зменшуються розміри машинного відділення усередині корпусу, а й відпадає необхідність в проведенні газоходів через твіндеки.

Судно «Boogabilla» - перше з серії крупних СГВ з малооборотним дизелем у якості головного двигуна. Розмістити його вдалося завдяки новому розташуванню пандусів і газоходів. Газоходи, які зазвичай розташовувалися в районі діаметральної площини, відведені до правого борту.

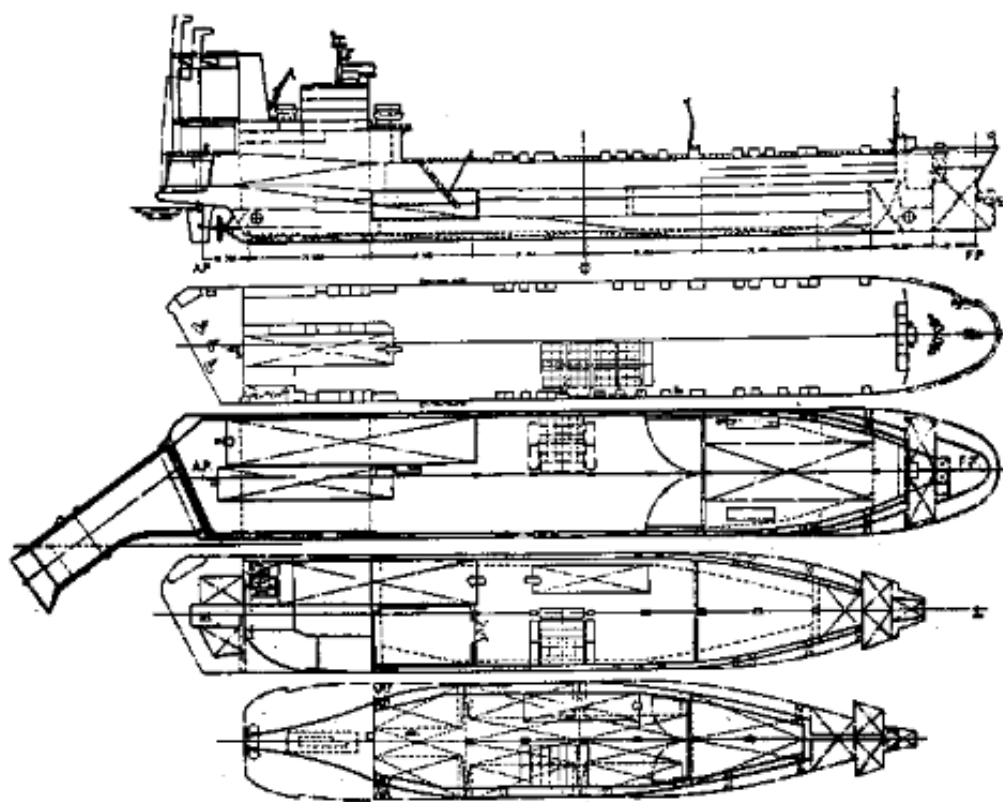


Рис. 1.14 Схема загального розташування СГВ «Boogabilla»

В результаті цього пандус, що веде з головної палуби з району кормових воріт на верхню палубу, розміщений над середньою частиною машинного відділення. Таким чином отримана необхідна висота машинного відділення над головним двигуном.

На багатьох судах з горизонтальною вантажообробкою вісь нахилу рампи, так званий поріг, розташована вище, ніж головна палуба. Це робиться для того, щоб наблизити поріг до рівня причалу. У результаті

					19.МР.135.6116м.05.ПЗ.01	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

кормова частина головної палуби на таких судах має підйом в сторону транця (рис. 1.15). Крім цього такий підйом головної палуби кілька збільшує висоту машинного відділення. Щоб забезпечити в цьому районі висоту твіндека, необхідну для проходу вантажів, кормовій частині верхньої палуби на двох і трипалубних судах надається седловатість відповідної форми.

Житлова надбудова розташовується в кормі або в носі. На рис. 1.15 представлені схеми СГВ з різними варіантами розташування та конструкції надбудов.

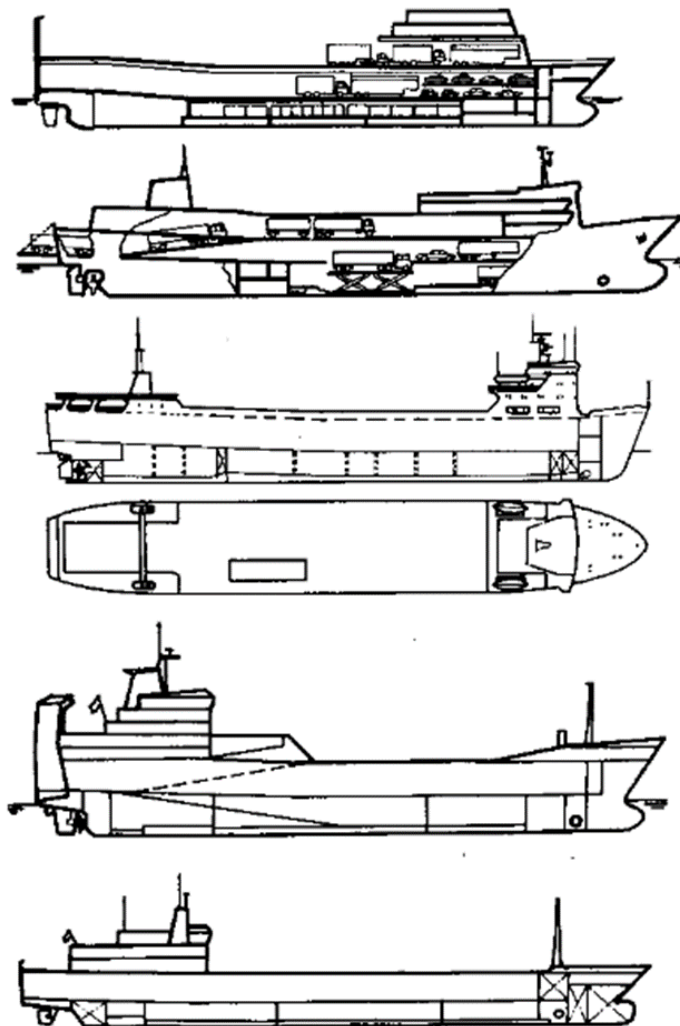


Рис. 1.15 Схеми СГВ з різними варіантами розташування і конструкції надбудови.

При виборі розташування надбудови слід враховувати зручність керування судном, умови роботи і життя екіпажу, особливості

					19.МР.135.6116м.05.ПЗ.01	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

удиферентування, корисну площу верхньої палуби, придатну для розміщення вантажу.

Для підвищення маневреності накатні судна часто будують двогвинтовими з носовим, а частіше і кормовим підрулюючим пристроєм. Швидкість таких судів становить 11.. .25 уз.

Накатні судна мають потужну вентиляційну систему, що забезпечує 20...30-кратний обмін повітря на годину під час проведення вантажних операцій. Щоб виключити можливість утворення застійних зон витяжні отвори вентиляційних каналів намагаються розташовувати рівномірно по всьому периметру нижньої частини вантажного приміщення, а приплив свіжого повітря направляють у верхню частину вантажних приміщень. На верхній палубі вздовж борту розміщують численні повітрозабірники, які дають накатним судам специфічний зовнішній вигляд. Вентиляційні канали проходять по бортах судна, причому вище подвійних бортів вони безпосередньо примикають до зовнішньої обшивки, а в подвійних бортах йдуть по внутрішньому борту. Це робиться для того, щоб в разі аварії ймовірність пошкодження вентиляційних каналів і проникнення води через них всередину корпусу судна була менше. Ту ж мету переслідує розміщення вентиляційних каналів всередині пілерсів.

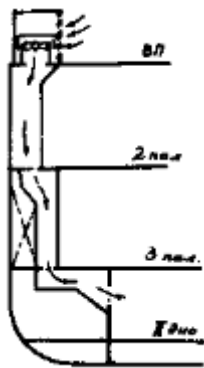


Рис. 1.16 Схема вентиляційного каналу СГВ «Boogabilla»

					19.МР.135.6116м.05.ПЗ.01	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.3 Аналіз конструктивних особливостей вантажних приміщень накатних суден

Конструкція вантажних приміщень ролкерів пристосована до проведення вантажних робіт методом накату і з цієї причини в них відсутні, де це допустимо міркуваннями безпеки судна, поперечні водонепроникні перегородки. У тих місцях, де на вимогу класифікаційних товариств поперечні переборки встановлені, в них робляться широкі проїзди для руху транспорту і вантажної техніки. Для прискорення обробки судна в порту ролкер може мати кілька вантажних люків, що дозволяють здійснювати комбіноване завантаження різними способами.

Вантажна апарель, яка забезпечує в'їзд на судно, зазвичай виходить на головну палубу надводного борту. Залежно від розмірів судна і типу головного двигуна машинна шахта може бути розташована у одного з бортів судна або ділити вантажне приміщення на дві частини, якщо вона розташована в ДП судна. Шахти машинних відділень впливають на формування шляхів руху вантажної техніки, особливо на судах Ро-Ро малих розмірів. На ряді судів вантажні приміщення, розташовані на головній палубі, поділяються поздовжньою перегородкою, або пілєрсами по всій довжині судна, що значно ускладнює маневрування перевантажувальної техніки в процесі обробки судна.

Важливе значення для ролкерів має висота вантажних приміщень, яка залежить від багатьох факторів і перш за все від характеру вантажопотоку і прийнятої технології перевантаження вантажу на конкретному напрямку перевезень.

Характерною особливістю вантажних приміщень автомобілевозів є наявність великого числа вантажних палуб, загальне число яких може досягати 10-13.

Спочатку висота просвітів між стаціонарними палубами вибиралася виходячи з розмірів автотехніки, що перевозиться, в основному легкових автомобілів, і становила 1,65-1,8 м. У міру розширення номенклатури

					19.MP.135.6116м.05.ПЗ.01	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

перевезеної автотехніки конструкція вантажних приміщень автомобілевозів удосконалювалася за рахунок збільшення міжпалубного простору між стаціонарними палубами до 6,5 м і установки між ними рухомих палуб-платформ. Така конструкція дозволяє мати широкий вибір міжпалубних просторів.

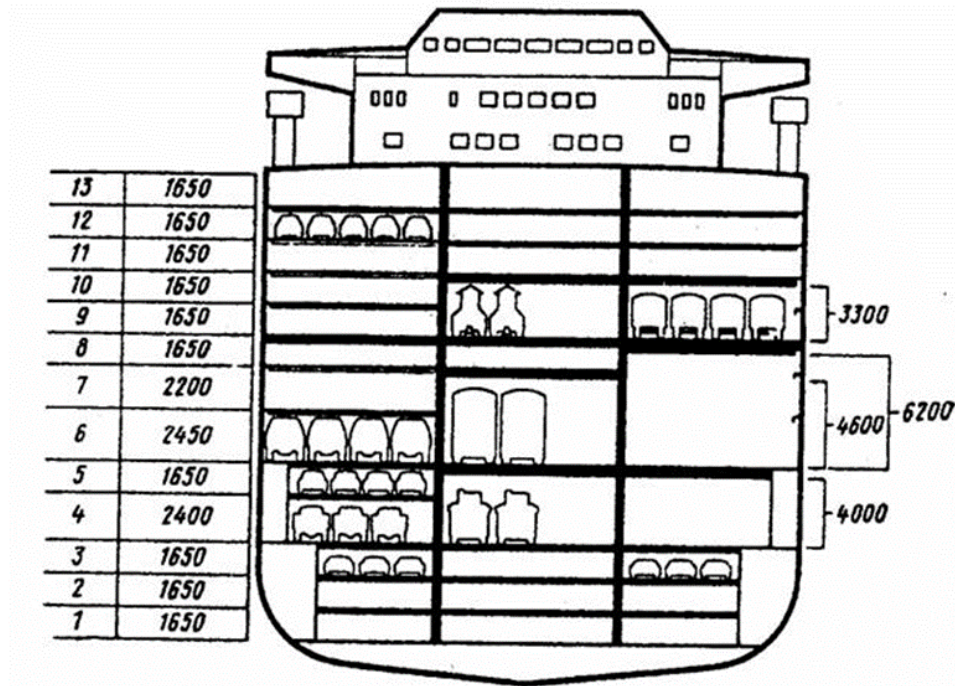


Рис. 1. 17 Висоти міжпалубних просторів на автомобілевозах

Автомобілевози зазвичай мають дві апарелі: кормову і бортову, а в вантажних приміщеннях всі палуби пов'язані між собою пандусами або підйомними рампами.

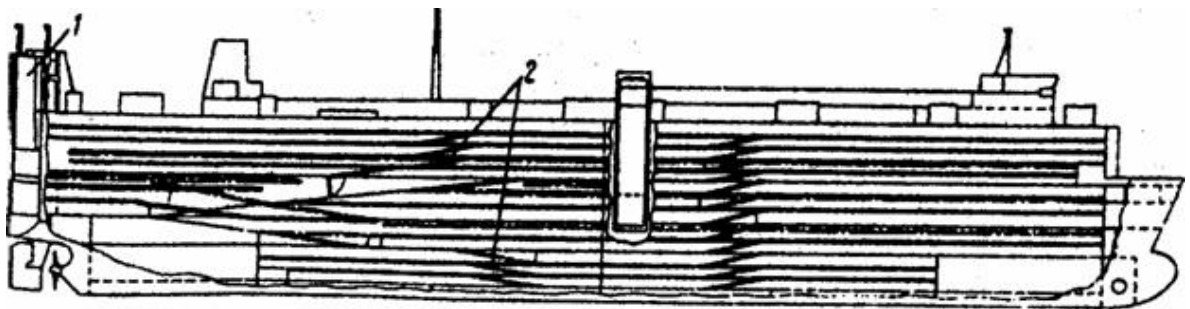


Рис. 1.18 Схема пандусів на автомобілевозах: 1 - апарель; 2 – пандуси

На судах, які обслуговують океанські лінії, спочатку було прийнято ділити вантажний простір на дві групи приміщень: «низькі» палуби з висотою просвіту від 3 до 3,3 м і «високі» палуби з висотою просвіту від 5 до 5,5 м. в межах високих вантажних приміщень встановлювалися

підвісні палуби-платформи (cardeck) з висотою просвіту 1,6-1,7 м. Така висота була прийнята з розрахунку установки стандартних контейнерів у два яруси з урахуванням використання перевантажувальної техніки (ролл-трейлер і навантажувач) або важкої накатної техніки на палубі і легкових автомобілів на палубі-платформі. Впровадження в практику перевезення нестандартних контейнерів по висоті вимагало збільшення міжпалубних просторів. В даний час висота просвіту робиться відповідно 3,3-3,5 м на низьких палубах і до 6,5 м на високих палубах. Це збільшення пояснюється і більш широкою практикою перевантаження контейнерів автонавантажувачами, які обладнані спредерами типу «Overtop» для захоплення контейнерів зверху.

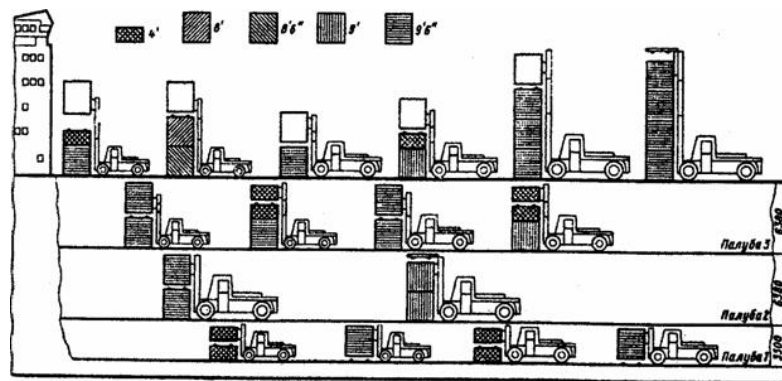


Рис. 1.19 Навантаження контейнерів на ролкери автонавантажувачами і необхідні міжпалубні простори для забезпечення їх роботи.

На фідерних ролкерах морського району плавання, які використовуються на напрямках перевезень з досить складною структурою висота вантажних приміщень варіюється в більш широких межах. Це дає широкий вибір варіантів завантаження, що в свою чергу підвищує коефіцієнт завантаження судна в цілому. Для більш раціонального використання обсягу вантажних приміщень намагаються, щоб їх розміри в світлі були кратними розмірами вантажних одиниць. Величина технологічних зазорів залежить від застосовуваної вантажної техніки і способів кріплення вантажу.

Висота палубного набору, що обмежує висоту вантажних приміщень у світлі, зазвичай визначається висотою рамних бімсів, яка

					19.MP.135.6116м.05.ПЗ.01	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

залежить від розрахункового навантаження на палубу, довжини прольоту, шпації і деяких інших чинників.

На палуби впливають як розподілене навантаження від піддонів і контейнерів, так і зосереджене навантаження від колісної техніки.

Розподілене навантаження залежить від питомої вантажної кубатури вантажу, висоти його укладання та від опорної площі. Навантаження приймається в основному в межах від 2 до 4 т/м². Залежно від висоти вантажних приміщень розрахункове розподілене навантаження на різні палуби даного судна може бути однаковим або різним. Нерідко розподілене навантаження на верхню палубу приймається в півтора - два рази менше, ніж на головну, а навантаження на настил подвійного дна завжди приймається значно вище, ніж на палуби і досягає у деяких судів до 10 т/м².

Оскільки місцеві розрахункові навантаження на палубні покриття таких судів досить великі, вибираючи елементи конструкції палуб, виходять насамперед із умов забезпечення місцевої міцності. При цьому, загальна міцність, як правило, забезпечується. Палуби розглянутих судів в більшості випадків набираються по поздовжній системі набору. Рамні бімси ставляться через три, рідше - через чотири шпації. Поряд з поздовжніми ребрами на багатьох судах встановлені карлінгси, які при відсутності поперечних перегородок і пілерсів грають роль зв'язків, які розносять зосереджене навантаження і оберігають стінки бімсів від втрати стійкості. Кількість карлінгсів і їх розташування у різних судів досить різні.

					19.МР.135.6116м.05.ПЗ.01	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

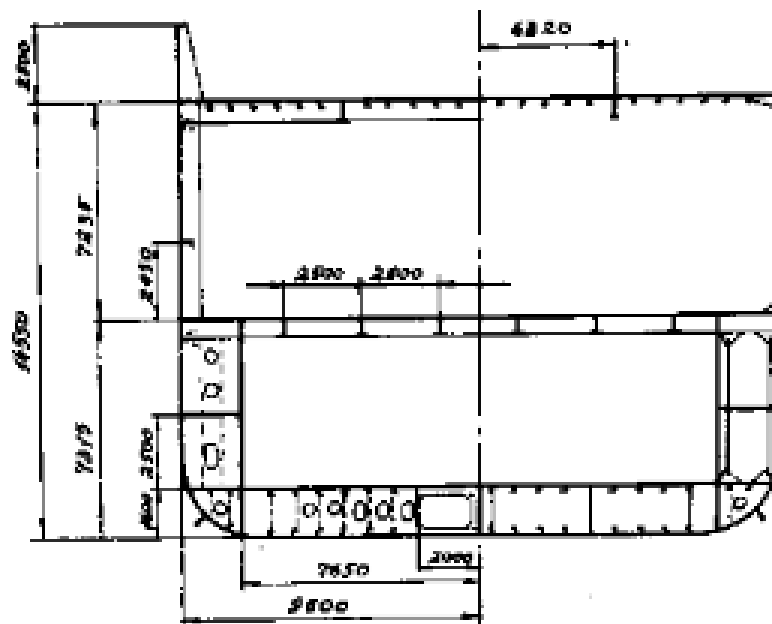


Рис. 1.20 Конструктивний мідель-шпангоут СГВ «Rolita»

В одному випадку їх кількість обмежується одним-двома на малих судах (рис. 1.20), в іншому, як на судні "Paralla", де карлінгси встановлені через три шпації, доходить до 13-14 (рис.1.21). Рамні бімси, що спираються на пілери, можна вважати жорсткими опорами для бічних карлінгсів.

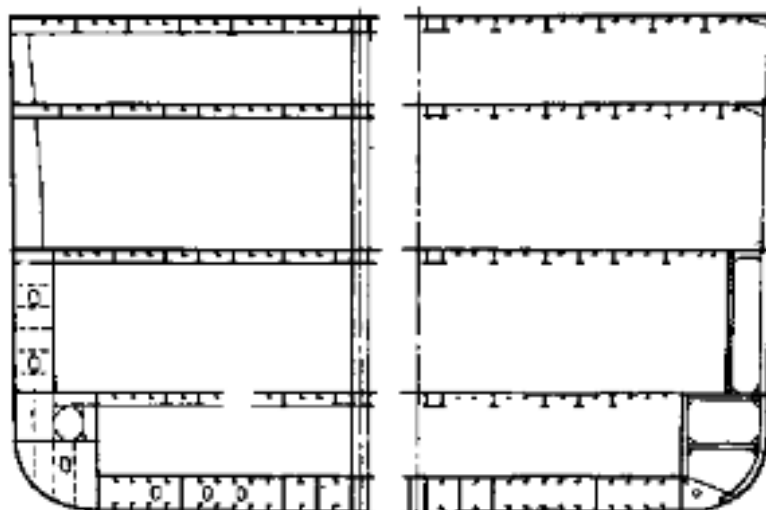


Рис. 1.21 Конструктивний мідель-шпангоут СГВ «Paralla»

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

19.MP.135.6116м.05.ПЗ.01

Арк.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата								
					Набір корпусу накатного судна за Правилами Регістру	Літ.		Арк.		Аркушів		
Студент		Керімова							НУК ім. адм. Макарова			
Керівник		Шарун										
Консульт.		Шарун										
Зав. каф.		Коростильов										

2 Набір корпусу накатного судна за Правилами Регістру

У даному розділі перевірена загальна міцність корпусу накатного судна в узгодженні з «Правилами класифікації та побудови морських суден» виданого 2012 року на клас КМ А1 накатне судно.

2.1 Головні розміри судна

Таблиця 2.1. Розрахункові дані

№	Назва величини	Позначення величини	Розмірність	Дані
1	Довжина між перпендикулярами	L	м	72,2
2	Ширина судна на міделі	B	м	13,3
3	Висота борту до ВП з урахуванням поперечного погину	D	м	9,6
4	Висота борту до ВП без урахування поперечного погину	D ₂	м	9,3
5	Висота борту до вертолітної палуби	D ₁	м	12,03
6	Осадка судна по літню ГВЛ	d	м	3,9
7	Відстань від ОП до лінії днища	h	м	0,34
8	Коефіцієнт загальної повноти	c _b	-	0,621
9	Швидкість судна експлуатаційна	V _e	м/с	15

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

- відношення довжини судна до висоти борту: $\frac{L}{D} \leq 18$, $\frac{72,2}{9,3} = 7,76 \leq 18$;
- відношення ширини судна до висоти борту: $\frac{B}{D} \leq 2,5$, $\frac{13,3}{9,3} = 1,4 \leq 2,5$;
- відношення осадки судна до висоти борту: $0,55 \leq \frac{d}{D} \leq 0,8$,
 $0,55 \leq \frac{3,9}{9,3} = 0,42 \leq 0,8$;
- коефіцієнт загальної повноти $c_b \geq 0,6$; $0,621 > 0,6$.

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

					19.MP.135.6116м.05.ПЗ.02	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.2 Архітектурно-конструктивний тип судна

Судно, що проектується, є накатним з горизонтальною та вертикальною вантажеобробкою. Для вертикальної вантажеобробки накатного твіндека передбачене люкове закриття на верхній палубі. Горизонтальна вантажеобробка виконується накатним способом: завантаження на накатну палубу через кормову апарель, розвантаження — через носову. В носу розташоване бризкозахисне закриття носової апарелі. Судно спроектоване двогвинтовим, двопалубним, з кормовим розташуванням машинних відділень і посереднім житлової надбудови, з подовженим баком, з кормовим квартердеком, з нахиленим форштевнем вище ватерлінії та прямим нижче і нахиленою транцевою кормою. В якості пропульсивної установки на судні передбачені гвинторульові колонки азимутальної дії з гвинтами регульованого кроку в насадках і приводом від високо обертових дизелів. Судно має надлишковий надводний борт та 2 поздовжні водонепроникні перегородки, а поперечні водонепроникні перегородки доходять лише до рівня нижньої (вантажної) палуби. Судно двопалубне, з подвійним дном та подвійними бортами. Судно використовується для перевезення наступних вантажів:

- техніки накатом;
- генеральних вантажів в трюмі і на палубі при зовнішній вантажообробці;
- пакетованих вантажів в укріплених вантажних місцях з використанням навантажувачів.

Для розміщення і прийому вертольоту передбачена вертолїтна площадка в кормі судна з ангаром телескопічного типу.

					19.MP.135.6116м.05.ПЗ.02	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.3 Вибір системи набору перекриттів корпусу судна

Корпус судна має поперечну і поздовжню системи набору з поперечними рамними шпангоутами і бімсами. Поздовжній набір середньої частини корпусу судна простягається до кінцівок, щоб забезпечити поздовжню міцність корпусу. Днище, верхня палуба, накатна палуба і друге дно виконані за поздовжньою системою набору, а борти та поздовжні поперечні перегородки – за поперечною. В районі машинного відділення та кінцівках судна використана змішана система набору, яка дозволяє краще сприймати навантаження з боку моря та механізмів.

2.4 Вибір марки сталі для корпусу судна

В якості набору корпусу використовується катаний несиметричний штабобульб і складені таврові зварні профілі.

Для виготовлення корпусу використовується сталь нормальної міцності категорії А, катаний несиметричний штабобульб із сталі категорії А32.

Для виготовлення суднового корпусу використовуємо суднобудівну сталь ВСтЗсп з границею плинності $R_{eH} = 235$ МПа.

Характеристика обраної сталі наведена в табл. 4.2.

Таблиця 2.2 Характеристики сталі

№	Марка сталі	R_{eH} , МПа	Коефіцієнт використання механічних властивостей, η	Нижня межа температури, $^{\circ}\text{C}$.	Відносне подовження, %.
1	ВСтЗсп	235	1,0	-20	20

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

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

$$\sigma_n = \frac{235}{\eta} = \frac{235}{1} = 235 \text{ МПа}, \tau_n = 0,57 \cdot \sigma_n = 0,57 \cdot 235 = 134 \text{ МПа}$$

					19.MP.135.6116м.05.ПЗ.02	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.5 Вибір шпациї

Нормальна шпация a_0 , м, в середній частині судна визначається за формулою:

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

де $L=72,2$ м – довжина судна між перпендикулярами.

Правилами дозволяється відхилення отриманої шпациї від нормальної в межах $\pm 25\%$. Розраховану величину округлюємо до цілого значення.

Маємо:

$$a_0 = 0,002 \cdot L + 0,48 = 0,002 \cdot 72,2 + 0,48 = 0,624, \text{ м}$$

Приймаю : $a_0 = 700$ мм – шпация поперечного набору; $a = 650$ мм – шпация повздовжнього набору.

2.6 Креслення обводів мідель-шпангоута

Підйом t лінії днища і радіус закруглення скули визначаються за формулами:

$$t = d \cdot (1 - C_m), \quad R = \sqrt{\frac{B \cdot t}{0,86}}, \text{ м.}$$

де $d = 3,9$ м – осадка судна;

$B = 13,3$ м – ширина судна;

$C_m = 0,965$ – коефіцієнт повноти мідель-шпангоута.

$$t = 3,9 \cdot (1 - 0,965) = 0,137 \text{ м}$$

Але так як судно може використовуватись для розвантажень на неукріплених низьких та не устаткованих причалах, то днище будемо виготовляти плоским, тобто без підйому лінії днища від ДП.

Визначаємо радіусу округлення скули:

$$R = \sqrt{\frac{13,3 \cdot 0,137}{0,86}} = 1,45, \text{ м. Приймаю } R = 2000 \text{ мм – за прототипом.}$$

					19.MP.135.6116м.05.ПЗ.02	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Висота подвійного дна розраховується за формулою [6]:

$$h_{II} = \frac{L - 40}{570} + 0,04 \cdot B + 3,5 \cdot \frac{d}{L} = \frac{72,2 - 40}{570} + 0,04 \cdot 13,3 + 3,5 \cdot \frac{3,9}{72,2} = 0,78$$

м.

Приймамо $h_{II} = 1400$ мм від ОП (за прототипом).

Ширина горизонтального кіля визначається за формулою:

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

Маємо:

$$b_k = 800 + 5 \cdot L = 800 + 5 \cdot 72,2 = 1161 \text{ мм}$$

Приймаю: $b_k = 1450$ мм

Схеми повздовжнього та поперечного розрізів корпусу судна зображені на рис.4.1. та рис.4.2.

2.7 Мінімальні товщини

Товщини елементів корпусу, які визначаються з умов міцності, мають бути не менше мінімальних. Мінімальні товщини мають бути:

- для зовнішньої обшивки дна та бортів:

$$S_{\min} = (5,5 + 0,04 \cdot L) \cdot \sqrt{\eta} = (5,5 + 0,04 \cdot 72,2) \cdot \sqrt{1,0} = 8,4 \text{ мм}$$

- для настилу верхньої палуби судна:

$$S_{\min} = (7 + 0,02 \cdot L) \cdot \sqrt{\eta} = (7 + 0,02 \cdot 72,2) \cdot \sqrt{1,0} = 8,4 \text{ мм}$$

- для настилу нижньої палуби судна:

$$S_{\min} = (7 + 0,01 \cdot L) \cdot \sqrt{\eta} = (7 + 0,01 \cdot 72,2) \cdot \sqrt{1,0} = 7,7 \text{ мм}$$

- для настилу другого дна:

$$S_{\min} = (5 + 0,035 \cdot L) \cdot \sqrt{\eta} = (5 + 0,035 \cdot 72,2) \cdot \sqrt{1,0} = 7,5 \text{ мм}$$

					19.МР.135.6116м.05.ПЗ.02	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- для стінки вертикального кіля та днищевих стрингерів:

$$S_{\min} = 0,025 \cdot L + 7 = 0,025 \cdot 72,2 + 7 = 8,8 \text{ мм}$$

- для стінки суцільного флору:

$$S_{\min} = 0,035 \cdot L + 6 = 0,035 \cdot 72,2 + 6 = 8,5 \text{ мм}$$

- для елементів конструкцій (балки основного набору, ребра жорсткості, книці, бракети) в середині дна:

$$S_{\min} = 0,025 \cdot L + 5,5 = 0,025 \cdot 72,2 + 5,5 = 7,3 \text{ мм}$$

2.8 Врахування зносу та корозії

Урахування впливу зносу та корозії на розміри в'язей корпусу побудоване на нормуванні міцності у середині періоду служби конструкції. Необхідна товщина S , мм, для листових конструкцій визначається за формулою:

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

де S' – товщина листа, яка відповідає середині строку служби конструкції, мм; ΔS – запас на знос та корозію, мм; u – середньорічне зменшення товщини в'язі, мм/рік, внаслідок зносу та корозії приймається відповідно табл. 4.3; $T=24$ – період служби конструкції, роки.

Таблиця 2.3. Розрахунок запасу на знос та корозію

Номер пункту Правил	Елементи конструкції корпусу	u , мм/рік	ΔS , мм		
1.1	Настил верхньої палуби	0,10	1,2		
1.2	Настил платформ	0,11	1,32		
2.1.2	Зовнішня обшивка борту	0,17	2,04		
3.1.4	Зовнішня обшивка днища	0,20	2,40		
4.1.2	Настил другого дна у вантажному трюмі	0,15	1,80		
4.2.2	Міждонний лист	0,20	2,40		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Арк.

19.MP.135.6116м.05.ПЗ.02

5.1.3	Обшивка внутрішнього борту	0,13	1,56
6.1	Поздовжні балки палуби	0,12	1,44
7.1	Основні і рамні шпангоути	0,10	1,20
8.2	Вертикальний кіль, днищеві стрингери, флори, поздовжні балки днища і другого дна	0,20	2,40

2.9 Загальна поздовжня міцність судна

Для розрахунку загальної поздовжньої міцності корпусу судна необхідно визначити згинальні моменти M_{sw} на тихій воді для основних випадків навантаження судна за стандартними програмами.

Згинальний момент на тихій визначається за формулою:

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

де C_w – розрахункова висота хвилі, м

$$C_w = 0,0856L = 0,0856 \cdot 72,2 = 6,18 \text{ м при } L \leq 90 \text{ м};$$

$B = 13,3$ – ширина судна, м; $L = 72,2$ – довжина судна між перпендикулярами, м; $C_b = 0,621$ – коефіцієнт загальної повноти судна.

Маємо:

$$M_{sw} = 76 \cdot 6,18 \cdot 13,3 \cdot 72,2^2 \cdot (0,621 + 0,7) \cdot 10^{-6} = 43 \text{ кН} \cdot \text{м} \cdot 10^3$$

Хвильовий згинальний момент, $\text{кН} \cdot \text{м} \cdot 10^3$, який викликає перегин корпусу судна, визначається за формулою:

$$M_w = 190 C_w B L^2 C_b \cdot 10^{-3} = 190 \cdot 6,18 \cdot 13,3 \cdot 72,2^2 \cdot 0,621 \cdot 10^{-6} = 50,6 \text{ кН} \cdot \text{м} \cdot 10^3$$

Хвильовий згинальний момент, $\text{кН} \cdot \text{м} \cdot 10^3$, який викликає прогин корпусу судна, визначаються за формулою:

$$M_w = -110 C_w B L^2 (C_b + 0,7) \cdot 10^{-3} = -110 \cdot 6,18 \cdot 13,3 \cdot 72,2^2 \cdot (0,621 + 0,7) \cdot 10^{-6} = -62,3 \text{ кН} \cdot \text{м} \cdot 10^3$$

					19.MP.135.6116м.05.ПЗ.02	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Сумарні згинальні моменти:

- при прогині: $M_{\Sigma 1} = |M_W - M_{SW}| = |-62,3 - 43| = 105,3 \text{ кН}\cdot\text{м}\cdot 10^3$,
- при перегині: $M_{\Sigma 2} = |M_W + M_{SW}| = |50,6 + 43| = 93,6 \text{ кН}\cdot\text{м}\cdot 10^3$

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

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

де $\sigma = 175/\eta$ – допустимі напруження, МПа; η – коефіцієнт використання механічних властивостей, $M_{\Sigma 1}$ – максимальна абсолютна величина алгебраїчної суми складових моментів M_{SW} і M_W .

Визначимо допустимі напруження: $\sigma_a = \frac{175}{1,0} = 175 \text{ МПа}$

Маємо: $W_d = W_b = \frac{M_{\Sigma 1}}{\sigma_a} \cdot 10^{-3} = \frac{105,3 \cdot 10^3}{175} \cdot 10^{-3} = 0,6 \text{ м}^3$

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

$$W_{\min} = C_W \cdot B \cdot L^2 \cdot (C_b + 0,7) \cdot \eta \cdot 10^{-6} = 6,18 \cdot 13,3 \cdot 72,2^2 \cdot (0,621 + 0,7) \cdot 1,0 \cdot 10^{-6} = 0,57 \text{ м}^3$$

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

$$I_{\text{нотр}} = 3 \cdot C_W \cdot B \cdot L^3 \cdot (C_b + 0,7) \cdot 10^{-8} = 3 \cdot 6,18 \cdot 13,3 \cdot 72,2^3 \cdot (0,621 + 0,7) \cdot 10^{-8} = 1,23 \text{ м}^4$$

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

$$e = (0,34 + 0,06 \cdot L \cdot 10^{-2}) \cdot D, \text{ м},$$

					19.МР.135.6116м.05.ПЗ.02	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де $D = 9,6$ – висота борту судна - проекту з урахуванням поперечного вигину ВП, м; $L = 72,2$ – довжина судна - проекту, м.

Маємо:

$$e = (0,34 + 0,06 \cdot L \cdot 10^{-2}) \cdot D = (0,34 + 0,06 \cdot 72,2 \cdot 10^{-2}) \cdot 9,6 = 3,68 \text{ м,}$$

Отримані величини W і I використовуються для порівняння з геометричними характеристиками еквівалентного бруса, які розраховані для міделевого перерізу корпусу судна.

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

$$I_0 = W_d \cdot (D - e) = 0,6 \cdot (9,6 - 3,68) = 3,56 \text{ м}^4,$$

– для днища:

$$\text{прогин } \sigma_{роз} = \frac{M_{\Sigma 1} \cdot e}{I_0} \cdot 10^{-3} = \frac{105,3 \cdot 10^3 \cdot 3,58}{3,56} \cdot 10^{-3} = 108,8 \text{ МПа}$$

$$\text{перегин } \sigma_c = \frac{M_{\Sigma 2} \cdot e}{I_0} \cdot 10^{-3} = \frac{93,6 \cdot 10^3 \cdot 3,58}{3,56} \cdot 10^{-3} = 96,7 \text{ МПа}$$

– для верхньої палуби:

$$\text{перегин } \sigma_{роз} = \frac{M_{\Sigma 2} \cdot (D - e)}{I_0} \cdot 10^{-3} = \frac{93,6 \cdot 10^3 \cdot (9,6 - 3,68)}{3,56} \cdot 10^{-3} = 155,5 \text{ МПа}$$

$$\text{прогин } \sigma_c = \frac{M_{\Sigma 1} \cdot (D - e)}{I_0} \cdot 10^{-3} = \frac{105,3 \cdot 10^3 \cdot (9,6 - 3,68)}{3,56} \cdot 10^{-3} = 175 \text{ МПа,}$$

Схема напружень, що виникають в корпусі судна від загального поздовжнього згину представлена на рис. 4.3.

2.10 Визначення розрахункових навантажень

2.10.1 Зовнішні навантаження на корпус судна

					19.MP.135.6116м.05.ПЗ.02	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Зовнішні навантаження, з боку моря на корпус судна, визначаються величиною статичного тиску P_{st} , кПа, та величиною тиску, обумовленим переміщеннями корпусу судна відносно профілю хвилі P_w , кПа.

Розрахунковий статичний тиск визначається за формулою:

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

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

При $z_i = 1,3 \text{ м}$ $P_{st} = \rho \cdot g \cdot Z_i = 1,025 \cdot 9,81 \cdot 1,3 = 13,1 \text{ кПа};$

$z_i = 2,6 \text{ м}$ $P_{st} = \rho \cdot g \cdot Z_i = 1,025 \cdot 9,81 \cdot 2,6 = 26,1 \text{ кПа};$

$z_i = d = 3,9 \text{ м}$ $P_{st} = \rho \cdot g \cdot Z_i = 1,025 \cdot 9,81 \cdot 3,93 = 39,2 \text{ кПа}.$

Хвильовий тиск

– для точок прикладання навантаження на рівні ГВЛ

$$P_{w0} = 5 \cdot C_w \cdot a_v \cdot a_x, \text{ кПа}.$$

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

де $V_0 = 15$ – специфікаційна швидкість судна, вузл.; $k_x = 0,8$ – для поперечних перерізів у ніс від міделя; $k_x = 0,5$ – для поперечних перерізів в корму від міделя;

$x_1 = 0,3 \cdot L = 0,3 \cdot 72,2 = 21,66$ – відстань розглядуваного поперечного перерізу від ближнього (носового або кормового) перпендикуляра, м.

$$\text{Маємо: } a_x = k_x \left(1 - 2 \frac{x_1}{L} \right) = 0,8 \left(1 - 2 \frac{36,1}{72,2} \right) = 0,32$$

Приймаємо $a_x = 0,32$.

					19.МР.135.6116м.05.ПЗ.02	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$a_v = \frac{0,8V_0 \left(\frac{L}{10^3} + 0,4 \right)}{\sqrt{L}} + 1,5 = \frac{0,8 \cdot 15 \left(\frac{72,2}{10^3} + 0,4 \right)}{\sqrt{72,2}} + 1,5 = 2,17$$

Маємо:

$$a_v \cdot a_x = 2,17 \cdot 0,32 = 0,69. \text{ Приймаємо } a_v \cdot a_x = 0,69.$$

Отримуємо:

$$P_{W0} = 5 \cdot C_W \cdot a_v \cdot a_x = 5 \cdot 6,18 \cdot 0,69 = 21,32 \text{ кПа}$$

– Для точок прикладання навантаження нижче ватерлінії:

$$P_W = P_{W0} - 1,5 \cdot C_W \cdot \frac{z_i}{d}, \text{ кПа.}$$

$$\text{При } z_i = 0 \quad P_W = P_{W0} = 21,32 \text{ кПа;}$$

$$z_i = 1,3 \text{ м} \quad P_W = P_{W0} - 1,5 \cdot C_W \cdot \frac{z_i}{d} = 21,32 - 1,5 \cdot 6,18 \cdot \frac{1,3}{3,9} = 18,23$$

кПа

$$z_i = 2,6 \text{ м} \quad P_W = P_{W0} - 1,5 \cdot C_W \cdot \frac{z_i}{d} = 21,32 - 1,5 \cdot 6,18 \cdot \frac{2,6}{3,9} = 15,14$$

кПа;

$$z_i = d = 3,9 \text{ м} \quad P_W = P_{W0} - 1,5 \cdot C_W \cdot \frac{z_i}{d} = 21,32 - 1,5 \cdot 6,18 \cdot \frac{3,9}{3,9} = 12,1$$

кПа.

– Для точок прикладання навантаження вище ватерлінії:

$$P_W = P_{W0} - 7,5 \cdot a_x \cdot z_i, \text{ кПа} \geq P_{\min} = 0,03 \cdot L + 5$$

При $z_i = D_2 - d = 9,3 - 3,9 = 5,4 \text{ м}$:

$$P_W = P_{W0} - 7,5 \cdot a_x \cdot z_i = 21,32 - 7,5 \cdot 0,32 \cdot 5,4 = 8,36 \text{ кПа}$$

$$P_{\min} = 0,03 \cdot L + 5 = 0,03 \cdot 72,2 + 5 = 7,16 \text{ кПа}$$

$$P_W \geq P_{\min} \text{ Приймаємо } P_W = 8,36 \text{ кПа.}$$

					19.МР.135.6116м.05.ПЗ.02	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Тиск на днищеву обшивку судна визначаю за формулою:

$$P = P_{st} + P_W = 39,2 + 12,1 = 51,3 \text{ кПа.}$$

Загальний тиск на зовнішню обшивку борту:

при $z_i = 1,3$ $P = P_{st} + P_W = 13,1 + 18,23 = 31,33 \text{ кПа;}$

$z_i = 2,6$ $P = P_{st} + P_W = 26,1 + 15,14 = 41,24 \text{ кПа;}$

$z_i = 3,9$ $P = P_{st} + P_W = 39,2 + 12,1 = 51,3 \text{ кПа.}$

2.10.2 Розрахунковий тиск на настил нижньої палуби від вантажу (пакетований вантаж)

В якості пакованого вантажу для міжнародних перевезень за стандартом ISO приймаю вантаж, що перевозиться в пакетах.

$$\rho_v = 1,3 \text{ т/м}^3 - \text{розрахункова питома вага вантажу}$$

Розрахунковий тиск на перекриття нижньої палуби від штучного вантажу визначаю за формулою:

$$P_v = \rho_v \cdot g \cdot h_v \cdot \left(1 + \frac{a_z}{g}\right) \geq 20, \text{ кПа.}$$

де $g = 9,81 \text{ м/с}^2$ – прискорення вільного падіння; $h_v = 4,5 \text{ м}$ - розрахункова висота укладання вантажу; a_z – розрахункове прискорення, м/с^2 , у вертикальному напрямку.

Розрахункове прискорення у вертикальному напрямі визначимо за формулою:

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

де a_{cz} – проекція прискорення, м/с^2 , центра ваги судна на вертикальну вісь у розгляданій точці; $a_{kz}, a_{\delta z}$ – проекції прискорень, м/с^2 , на вертикальну вісь у розгляданій точці відповідно від кільової і бортової хитавиці.

Проекції прискорень визначаються за формулами:

					19.MP.135.6116м.05.ПЗ.02	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

$$a_{\kappa z} = \left(\frac{2\pi}{T_{\kappa}} \right)^2 \cdot \psi \cdot x_0, \text{ м/с}^2,$$

$$a_{\theta z} = \left(\frac{2\pi}{T_{\theta}} \right)^2 \cdot \theta \cdot y_0, \text{ м/с}^2,$$

$$\text{де } T_{\kappa} = \frac{0,8\sqrt{L}}{1 + 0,4 \frac{V_0}{L} \left(\frac{L}{10^3} + 0,4 \right)}; \quad T_{\theta} = \frac{c \cdot B}{\sqrt{h}}, \text{ с};$$

$$\psi = \frac{0,23}{1 + L \cdot 10^{-2}}; \quad \theta = \frac{0,6}{1 + 0,5L \cdot 10^{-2}},$$

де T_{κ} , T_{θ} – періоди кільової і бортової хитавиці, с, відповідно; ψ , θ – розрахункові кути диференту і крену, рад, відповідно; $x_0 = 0,2 \cdot L = 0,2 \cdot 72,2 = 14,44$ – відстань розглядуваної точки від поперечної площини, що проходить через центр ваги судна, м; $y_0 = B/2 = 13,3/2 = 6,65$ – відстань розглядуваної точки від діаметральної площини, м; $V_0 = 15$ – специфікаційна швидкість судна, вузл.;

					19.МР.135.6116м.05.ПЗ.02	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$c = 0,8$ – числовий коефіцієнт; $h = 0,07 \cdot B = 0,07 \cdot 13,3 = 0,931$ – метацентрична висота в найбільш несприятливих умовах експлуатації судна, м.

Отримуємо:

$$a_{cz} = 0,2 \left(\frac{100}{L} \right)^{\frac{1}{3}} \cdot g = 0,2 \left(\frac{100}{72,2} \right)^{\frac{1}{3}} \cdot 9,81 = 2,18 \text{ м/с}^2,$$

$$T_K = \frac{0,8\sqrt{L}}{1 + 0,4 \frac{V_0}{L} \left(\frac{L}{10^3} + 0,4 \right)} = \frac{0,8\sqrt{72,2}}{1 + 0,4 \frac{15}{72,2} \left(\frac{72,2}{10^3} + 0,4 \right)} = 6,54 \text{ с.}$$

$$\psi = \frac{0,23}{1 + L \cdot 10^{-2}} = \frac{0,23}{1 + 72,2 \cdot 10^{-2}} = 0,136 \text{ рад.}$$

$$a_{KZ} = \left(\frac{2\pi}{T_K} \right)^2 \cdot \psi \cdot x_0 = \left(\frac{2 \cdot 3,14}{6,54} \right)^2 \cdot 0,136 \cdot 14,44 = 1,81 \text{ м/с}^2,$$

$$T_{\delta} = \frac{c \cdot B}{\sqrt{h}} = \frac{0,8 \cdot 13,3}{\sqrt{0,931}} = 11,03 \text{ с;}$$

$$\theta = \frac{0,6}{1 + 0,5L \cdot 10^{-2}} = \frac{0,6}{1 + 0,5 \cdot 72,2 \cdot 10^{-2}} = 0,441 \text{ рад.}$$

$$a_{\delta z} = \left(\frac{2\pi}{T_{\delta}} \right)^2 \cdot \theta \cdot y_0 = \left(\frac{2 \cdot 3,14}{11,03} \right)^2 \cdot 0,441 \cdot 6,65 = 0,95 \text{ м/с}^2.$$

$$a_z = \sqrt{a_{cz}^2 + a_{KZ}^2 + 0,4 \cdot a_{\delta z}^2} = \sqrt{2,18^2 + 1,81^2 + 0,4 \cdot 0,95^2} = 2,9 \text{ м/с}^2,$$

$$P_{\epsilon} = 1,3 \cdot 9,81 \cdot 4,50 \cdot \left(1 + \frac{2,9}{9,81} \right) = 74,4 > 20 \text{ кПа.}$$

Приймаємо $P_{\epsilon} = 74,4 \text{ кПа.}$

					19.МР.135.6116м.05.ПЗ.02	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
					Перевірка місцевої міцності корпусу судна	Літ.	Арк.	Аркушів
Студент		Керімова						
Керівник		Шарун				НУК ім. адм. Макарова		
Консульт.		Шарун						
Зав. каф.		Коростильов						

Розрахунок геометричних характеристик еквівалентного бруса

№	Найменування в'язей еквівалентного еквівалентного	Розмір в'язі, мм	Висота см	Ширина см	Площа перерізу в'язі, см ²	Відстань центра ваги площі перерізу в'язі від п. в., м	Статичний момент площі перерізу в'язі відносно п. в., см ² ·м	Момент інерції площі перерізу в'язі відносно п. в., см ² ·м ²	Власний момент інерції площі перерізу в'язі, см ² ·м ²
1.	Ширстрек	17 x 1450	145	1,7	246,5	8,575	2113,74	18125,3	43,19
2.	Підширстрековий пояс	11 x 2000	200	1,1	220	6,85	1507	10322,95	73,33
3.	Надскуловий пояс	11 x 3200	320	1,1	352	4,25	1496	6358	300,37
4.	Скуловий пояс	10 x 3000	300	1	300	1,325	397,5	526,69	225
5.	Пояс з. о. днища	9 x 2400	0,9	240	216	0,34	73,44	24,97	0
6.	Пояс з. о. днища	9 x 2000	0,9	200	180	0,34	61,2	20,81	0
7.	Горизонтальний кіль	11 x 1450	1,1	72,5	79,75	0,34	27,12	9,22	0
8.	Пояс настилу 2 дна	9 x 2400	0,9	240	216	1,4	302,4	423,36	0
9.	Пояс настилу 2 дна	9 x 3000	0,9	150	135	1,4	189	264,6	0
10.	Палубний стрингер	17 x 1650	1,7	165	280,5	9,6	2692,8	25850,88	0,01
11.	Пояс настилу ВП	13 x 1600	1,3	160	208	9,6	1996,8	19169,28	0
12.	Пояс настилу ВП	13 x 1800	1,3	180	234	9,6	2246,4	21565,44	0
13.	Пояс настилу ВП	13 x 3200	1,3	160	208	9,6	1996,8	19169,28	0
14.	Пояс внутрішнього борту між ВП та НП	11 x 2110	1,1	211	232,1	8,245	1913,66	15778,16	0
15.	Пояс внутрішнього борту між ВП та НП	11 x 2400	1,1	240	264	5,99	1581,36	9472,35	0
16.	Пояс внутрішнього борту між НП та 2 діом	11 x 1600	160	1,1	176	3,9	686,4	2676,96	37,55

19.MP.135.6116M.05.ПЗ.02

Арк.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
------	------	----------	--------	------

17.	Пояс внутрішнього борту між НП та 2 дном	11 x 1800	180	1,1	198	2,2	435,6	958,32	53,46
18.	Настил платформи	11 x 800	1,1	80	88	7,05	620,4	4373,82	0
19.	Пояс настилу НП	9 x 1050	0,9	105	94,5	4,8	453,6	2177,28	0
20.	Пояс настилу НП	9 x 2000	0,9	200	180	4,8	864	4147,2	0
21.	Пояс настилу НП	9 x 2000	0,9	200	180	4,8	864	4147,2	0
22.	Пояс настилу НП	9 x 3200	0,9	160	144	4,8	691,2	3317,76	0
23.	Вертикальний киль	10 x 1060	106	0,5	53	0,87	46,11	40,12	4,96
24.	Стрінгер	10 x 1060	106	1	106	0,87	92,22	80,23	9,93
25.	Стрінгер	10 x 1060	106	1	106	0,87	92,22	80,23	9,93
26.	Поздовжні балки основного набору ВП	8 x 146	—	—	135,2	9,514	1125,51	10708,07	0,22
27.	Поздовжні балки основного набору ВП в ДП	146	—	—	16,9	9,514	160,79	1529,72	0
28.	Поздовжні балки основного набору НП	7 x 146	—	—	118,3	4,714	557,67	2628,84	0,22
29.	Поздовжні балки основного набору днища	6 x 166	—	—	127,2	0,438	55,71	24,4	0,316
30.	Поздовжні балки основного набору 2 дна	4 x 186	—	—	103,2	1,292	133,33	172,27	0,335
31.	Поздовжня балки наружньої обшивки борту	146	—	—	16,9	8,175	138,16	1129,44	0,03
32.	Поздовжня балки наружньої обшивки борту	146	—	—	16,9	5,925	100,13	593,29	0,03
33.	Поздовжня балки вертикального кіля	146	—	—	16,9	0,87	14,7	12,79	0,03

34.	Стінка карлінгса ВП	15 x 550	55	1,5	82,5	9,325	769,31	7173,84	2,08
35.	Поясок карлінгса ВП	17 x 100	1,7	10	17	9,042	153,71	1389,88	0
36.	Стінка карлінгса НП х 2	10 x 400	40	1	80	4,525	362	1638,05	1,06
37.	Поясок карлінгса НП х 2	14 x 180	1,4	18	50,4	4,242	213,8	906,93	0
38.	Стінка бортового стрінгера	8 x 400	40	0,8	32	2,4	76,8	184,32	0,43
39.	Поясок бортового стрінгера	16 x 200	1,6	20	32	2,4	76,8	184,32	0
40.	Стінка стрінгера подвійного борту	8 x 350	35	0,8	28	3,9	109,2	425,88	0,29
41.	Поясок стрінгера подвійного борту	16 x 160	1,6	16	25,6	2,2	56,32	123,9	0
					5542,75		27540,17	198886,29	762,481

Розрахунки геометричних характеристик еквівалентного бруса:

$F = \Sigma_1 = 5542,75 \text{ м}^2$ – площа поперечного перерізу всіх в'язей корпусу, що приймають участь у загальному поздовжньому згині судна.

$e = \frac{\Sigma_2}{\Sigma_1} = \frac{27540,17}{5542,75} = 4,97 \text{ м}$ – відстань від нейтральної вісі до вісі порівняння

(ОП).

$I = 2[(\Sigma_3 + \Sigma_4) - e^2 \cdot \Sigma_1] = 2[(198886,29 + 762,481) - 4,97^2 \cdot 5542,75] = 125475,72 \text{ см}^2 \cdot \text{м}^2$ –

момент інерції поперечного перерізу ЕБ.

$W_d^\phi = \frac{I}{D - e} = \frac{125475,72}{9,6 - 4,97} = 2,71 \text{ м}^3$ – момент опору верхнього пояска ЕБ (палуби).

$W_b^\phi = \frac{I}{e} = \frac{125475,72}{4,97} = 2,5247 \text{ м}^3$ – момент опору нижнього пояска ЕБ (днища).

$W_d^\phi = 2,71 \text{ м}^3 \geq W_d^{номр} = 0,57 \text{ м}^3$

$W_b^\phi = 2,5247 \text{ м}^3 \geq W_b^{номр} = 0,57 \text{ м}^3$

Висновок: загальна поздовжня міцність корпусу судна є забезпеченою.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
					Перевірка міцності відсіку корпусу судна	Літ.	Арк.	Аркушів
Студент	Керімова							
Керівник	Шарун					НУК ім. адм. Макарова		
Консульт.	Шарун							
Зав. каф.	Коростильов							

4 Перевірка міцності відсіку корпусу судна

Для перевірки міцності відсіку корпусу судна накатного судна з регулярним розташуванням рамного набору без пілерсів в межах середньої частини судна достатньо розрахувати одну поперечну шпангоутну раму.

Дану задачу будемо вирішувати за допомогою програми ANSYS. Це один з найбільш потужних програмних продуктів, який заснований на методі скінчених елементів (МСЕ). Особливістю ANSYS є надзвичайно широкий спектр задач, які дана програма вирішує.

Метод скінчених елементів дійсно дозволяє виконати розрахунок складних судових вузлів. Він здатний достатньо повно врахувати геометричні форми та реальні умови роботи конструкції, розподіл в просторі та зміну в часі зовнішніх навантажень, граничні умови, температурні фактори, а також фізичні властивості матеріалів, що використовуються.

В МСЕ конструкція за допомогою уявних перерізів розділяється на ряд частин – скінчених елементів. Розміри елемента звичайно малі в порівнянні з розмірами всієї конструкції, але вони мають кінцеві значення. В цьому полягає відмінність МСЕ від методів теорії пружності, де при складанні основних рівнянь рівноваги тіло поділяється на нескінченно малі елементи. В теорії пружності поведінка тіла, що розглядається, описується системою диференційних залежностей, а в МСЕ – системою алгебраїчних рівнянь. Метод скінчених елементів використовується у вигляді методу переміщень, тобто за невідомі беруться переміщення вузлів скінчених елементів. Складаються рівняння рівноваги вузлів по напрямку невідомих переміщень під дією зовнішніх навантажень та внутрішніх реакцій. Далі ця система, число рівнянь якої дорівнює числу невідомих переміщень, вирішується за допомогою метода Гауса. З використанням знайдених переміщень за допомогою основного рівняння МСЕ знаходяться внутрішні зусилля, що діють на кінцях скінчених елементів.

$$\{ R \} = [k] \cdot \{ q \} \text{ – основне рівняння МСЕ.}$$

					19.МР.135.6116м.05.ПЗ.02	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Тут $\{ R \}$ – вектор-стовбець внутрішніх зусиль на кінцях скінченного елемента;

$[k]$ – матриця жорсткості скінченного елемента;

$\{ q \}$ – вектор-стовбець переміщень вузлів скінченного елемента.

Програма ANSYS автоматично будує епюри внутрішніх зусиль, в тому числі напружень, які виникають у розрахунковій схемі.

4.1. РОЗРАХУНОК СКОРОЧЕНОЇ ПОПЕРЕЧНОЇ ШПАНГОУТНОЇ РАМИ В СТРИЖНЕВІЙ ІДЕАЛІЗАЦІЇ

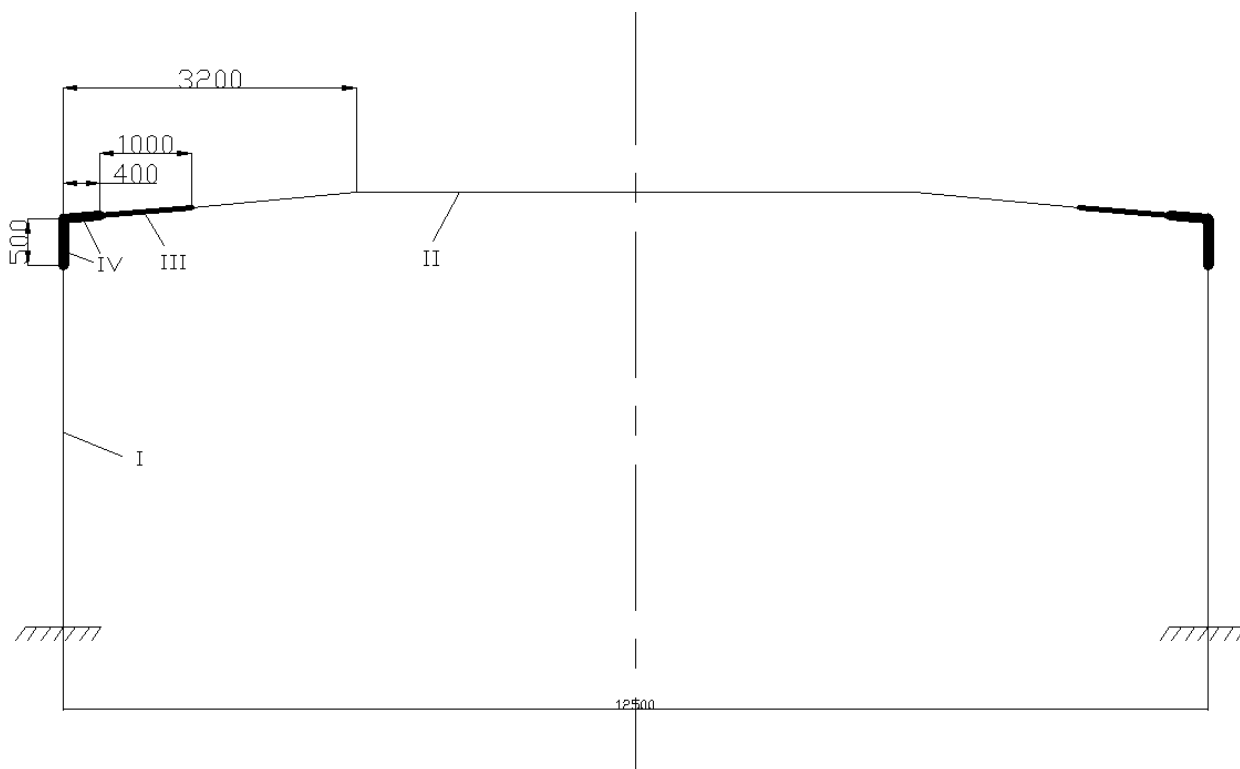


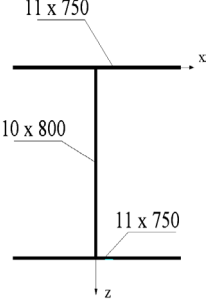
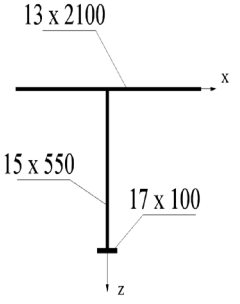
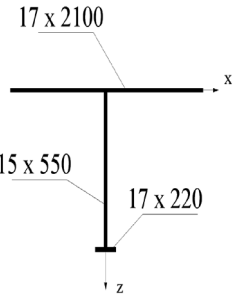
Рис. 4.1 Схема скороченої поперечної шпангоутної рами

Рама жорстко закріплена на рівні нижньої палуби. Стрижні рами намальовані по нейтральним осям перерізів рамного шпангоута і рамного бінса на відстані 0,4 м від обшивки борта і 0,0078 м від настилу верхньої палуби. У межах накладання стінок бінсів і шпангоутів введені жорсткі вставки довжиною 0,5 м для рамних шпангоутів і 0,4 м для рамних бінсів. Розрахункові зусилля при перевірці міцності рами приймаються на кінцях жорстких вставок. Довжина розширення поясків рамного бінса прийнята рівною 1 м.

Типи геометричних характеристик перерізів на схемі показані римськими цифрами.

					19.МР.135.6116м.05.ПЗ.02	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 4.1. Типи та значення геометричних характеристик перерізів

Найменування, тип перерізу	Профіль	Площа перерізу $F, \text{м}^2$	Момент інерції $I, \text{м}^4$	Момент інерції крученн я $I_k, \text{м}^4$	Площа стілки $\omega, \text{м}^2$	Момент опору $W, \text{м}^3$
Рамний шпангоут твіндека I		0,02428	0,00296	0,00000 0944	0,008	0,0074
Рамний бімс ВП посередині прогону, II		0,03725	0,00116	0,00000 236	0,00825	0,0023
Рамний бімс ВП на опорі біля борта, III		0,04763	0,00163	0,00000 449	0,00825	0,0034
Жорстка вставка, IV		1	10	0,5	—	—

Навантаження на раму, що розглядається, знаходимо за формулами:

— розрахункове вертикальне навантаження на ВП:

$$P_B = 0,9 \cdot k_o \cdot q_e = 0,9 \cdot 20 \cdot 1,3 = 23 \text{ кН/м}^2 = 23000 \text{ Н/м}^2,$$

де $q_B = 20 \text{ кН/м}^2$ — специфікаційне навантаження на палубу, що допускається

	:				19.МР.135.6116м.05.ПЗ.02	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$k_0 = 1 + a_z / g = 1 + 2,9 / 9,81 = 1,3$ – коефіцієнт динамічності;

погонне навантаження – $q = P_e \cdot a = 23000 \cdot 2,1 = 48300 \text{ Н/м}$;

– навантаження на рівні ВП від перекосу поперечних перерізів судна:

$$F = 0,7 q_{\text{в}} \frac{a_y^{\text{ВП}}}{g} a_2 B = 0,7 \cdot 20 \cdot \frac{4,97}{9,81} \cdot 2,1 \cdot 13,3 = 198,1 \text{ кН} = 198100 \text{ Н};$$

$a_2 = 2,1 \text{ м}$ – рамна шпация.

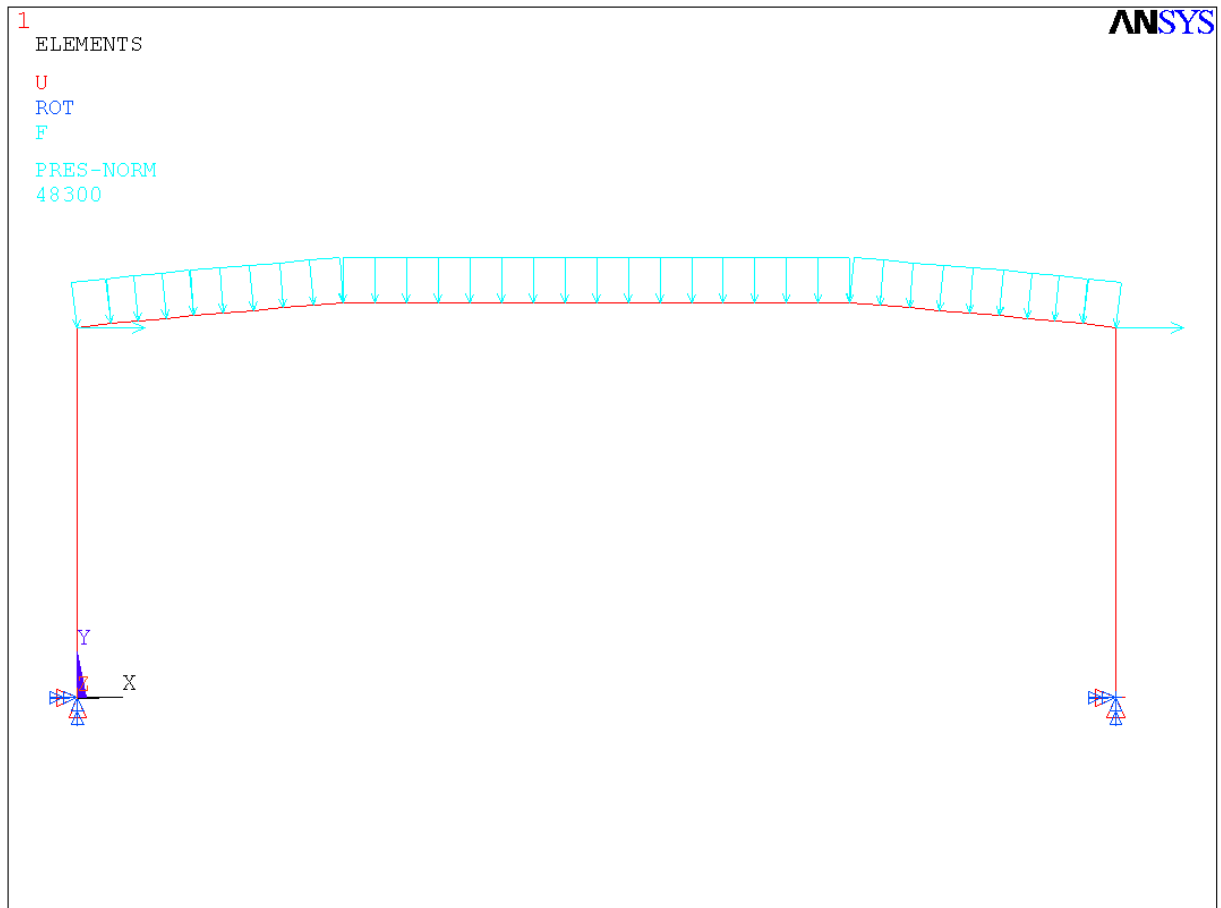


Рис.4.2 Розрахункова схема рами

					19.МР.135.6116м.05.ПЗ.02	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розрахунки

Перевірку міцності рамних конструкцій виконуємо за наступних умов:

$$\sigma_{\max} \leq [\sigma], \text{ де } [\sigma] = 0,8 \cdot \sigma_T = 188 \text{ МПа}$$

$$\tau_{\max} \leq [\tau], \text{ де } [\tau] = 0,8 \cdot [\tau_T] = 0,8 \cdot 0,57 \cdot 235 = 107 \text{ МПа}$$

1. Розрахунки рамного бімса ВП

Максимальні *нормальні* напруження в рамному бімсі **на опорі**:

$$\sigma_{\max} = \frac{M_{\max}}{W_{\min}} \text{ МПа};$$

де $M_{\max} = 0,61994 \cdot 10^6 \text{ Н} \cdot \text{м}$ – максимальний згинальний момент в балці;

$$W_{\min} = \frac{I_z}{Z_{\max}} = \frac{0,00163}{0,48} = 0,0034 \text{ м}^3 \text{ – мінімальний момент опору балки};$$

$$\sigma_{\max} = \frac{0,61994 \cdot 10^6}{0,0034} 10^{-6} = 182,3 \text{ МПа.}$$

Умова $\sigma_{\max} \leq [\sigma]$ - виконується.

Максимальні *дотичні* напруження в стінці рамного бімсу **на опорі**:

$$\tau_{\max} = \frac{N_{\max}}{f_c} \text{ МПа};$$

де $N_{\max} = 0,27971 \cdot 10^6 \text{ Н}$ – максимальна перерізуюча сила в балці;

$f_c = 0,00825 \text{ м}^2$ – площа поперечного перерізу стінки балки;

$$\tau_{\max} = \frac{0,27971 \cdot 10^6}{0,00825} 10^{-6} = 34 \text{ МПа};$$

Умова $\tau_{\max} \leq [\tau]$ – виконується.

Максимальні *нормальні* напруження в рамному бімсі **на перехідній ділянці**:

$$\sigma_{\max} = \frac{M_{\max}}{W_{\min}} \text{ МПа};$$

де $M_{\max} = 0,36324 \cdot 10^6 \text{ Н} \cdot \text{м}$.

					19.МР.135.6116м.05.ПЗ.02	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$W_{\min} = \frac{I_z}{Z_{\max}} = \frac{0,00116}{0,485} = 0,0023 \text{ м}^3;$$

$$\sigma_{\max} = \frac{0,36324 \cdot 10^6}{0,0023} 10^{-6} = 157,9 \text{ МПа};$$

Умова $\sigma_{\max} \leq [\sigma]$ - виконується.

Максимальні *дотичні* напруження в стінці рамного бімсу **на перехідній ділянці**:

$$\tau_{\max} = \frac{N_{\max}}{f_c} \text{ МПа};$$

де $N_{\max} = 0,24734 \cdot 10^6 \text{ Н}; f_c = 0,00825 \text{ м}^2;$

$$\tau_{\max} = \frac{0,24734 \cdot 10^6}{0,00825} 10^{-6} = 30 \text{ МПа};$$

Умова $\tau_{\max} \leq [\tau]$ - виконується.

Максимальні *нормальні* напруження в рамному бімсі **посередині прольоту**:

$$\sigma_{\max} = \frac{M_{\max}}{W_{\min}} \text{ МПа};$$

де $M_{\max} = 0,26711 \cdot 10^6 \text{ Н} \cdot \text{м}.$

$$W_{\min} = \frac{I_z}{Z_{\max}} = \frac{0,00116}{0,485} = 0,0023 \text{ м}^3;$$

$$\sigma_{\max} = \frac{0,26711 \cdot 10^6}{0,0023} 10^{-6} = 116,1 \text{ МПа};$$

Умова $\sigma_{\max} \leq [\sigma]$ - виконується.

Максимальні *дотичні* напруження в стінці рамного бімсу **посередині прольоту**:

$$\tau_{\max} = \frac{N_{\max}}{f_c} \text{ МПа};$$

де $N_{\max} = 0,019619 \cdot 10^6 \text{ Н}; f_c = 0,00825 \text{ м}^2;$

$$\tau_{\max} = \frac{0,019619 \cdot 10^6}{0,00825} 10^{-6} = 2,4 \text{ МПа};$$

					19.МР.135.6116м.05.ПЗ.02	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Умова $\tau_{\max} \leq [\tau]$ - виконується.

2. Розрахунки рамного шпангоута твіндеку:

Максимальні *нормальні* напруження в шпангоуті твіндека **біля ВП**:

$$\sigma_{\max} = \frac{M_{\max}}{W_{\min}} \text{ МПа};$$

де $M_{\max} = 0,4591 \cdot 10^6 \text{ Н} \cdot \text{м}.$

$$W_{\min} = \frac{I_z}{Z_{\max}} = \frac{0,00296}{0,4} = 0,0074 \text{ м}^3;$$

$$\sigma_{\max} = \frac{0,4591 \cdot 10^6}{0,0074} 10^{-6} = 62 \text{ МПа};$$

Умова $\sigma_{\max} \leq [\sigma]$ - виконується.

Максимальні *дотичні* напруження в стінці шпангоута твіндека **біля ВП**:

$$\tau_{\max} = \frac{N_{\max}}{f_c} \text{ МПа};$$

де $N_{\max} = 0,30737 \cdot 10^6 \text{ Н}; f_c = 0,008 \text{ м}^2;$

$$\tau_{\max} = \frac{0,30737 \cdot 10^6}{0,00825} 10^{-6} = 38,4 \text{ МПа};$$

Умова $\tau_{\max} \leq [\tau]$ - виконується.

Максимальні *нормальні* напруження в шпангоуті твіндека **біля НП**:

$$\sigma_{\max} = \frac{M_{\max}}{W_{\min}} \text{ МПа};$$

де $M_{\max} = 0,63361 \cdot 10^6 \text{ Н} \cdot \text{м}.$

$$W_{\min} = \frac{I_z}{Z_{\max}} = \frac{0,00296}{0,4} = 0,0074 \text{ м}^3;$$

$$\sigma_{\max} = \frac{0,63361 \cdot 10^6}{0,0074} 10^{-6} = 85,6 \text{ МПа};$$

Умова $\sigma_{\max} \leq [\sigma]$ - виконується.

Максимальні *дотичні* напруження в стінці шпангоута твіндека **біля НП**:

					19.МР.135.6116м.05.ПЗ.02	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\tau_{\max} = \frac{N_{\max}}{f_c} \text{ МПа};$$

де $N_{\max} = 0,30737 \cdot 10^6 \text{ Н}; f_c = 0,008 \text{ м}^2;$

$$\tau_{\max} = \frac{0,30737 \cdot 10^6}{0,008} 10^{-6} = 38,4 \text{ МПа};$$

Умова $\tau_{\max} \leq [\tau]$ - виконується.

Таблиця 4.2. Допустимі та максимальні напруження скороченої поперечної

Найменування в'язі	Максимальна перерізувача сила, $N_{\max}, \text{ Н} \cdot 10^6$	Максимальний згинальний момент, $M_{\max}, \text{ Н} \cdot \text{м} \cdot 10^6$	Площа стінки $f_c, \text{ м}^2$	Мінімальний момент опору, $W_{\min}, \text{ м}^3$	Максимальні дотичні напруження, $\tau, \text{ МПа}$	Допустимі дотичні напруження, $[\tau], \text{ МПа}$	Максимальні нормальні напруження, $\sigma, \text{ МПа}$	Допустимі нормальні напруження, $[\sigma], \text{ МПа}$
Бімс ВП на опорі біля борта	0,27971	0,61994	0,0082 5	0,0034	33,9	107	182,3	188
Бімс ВП на перехідній ділянці	0,24734	0,36324	0,0082 5	0,0023	30	107	157,9	188
Бімс ВП по середині прольоту	0,01961 9	0,26711	0,0082 5	0,0023	2,4	107	116,1	188
Шпангоут твіндеку біля ВП	0,30737	0,4591	0,008	0,0074	38,4	107	62	188
Шпангоут твіндеку біля НП	0,30737	0,63361	0,008	0,0074	38,4	107	85,6	188

шпангоутної рами

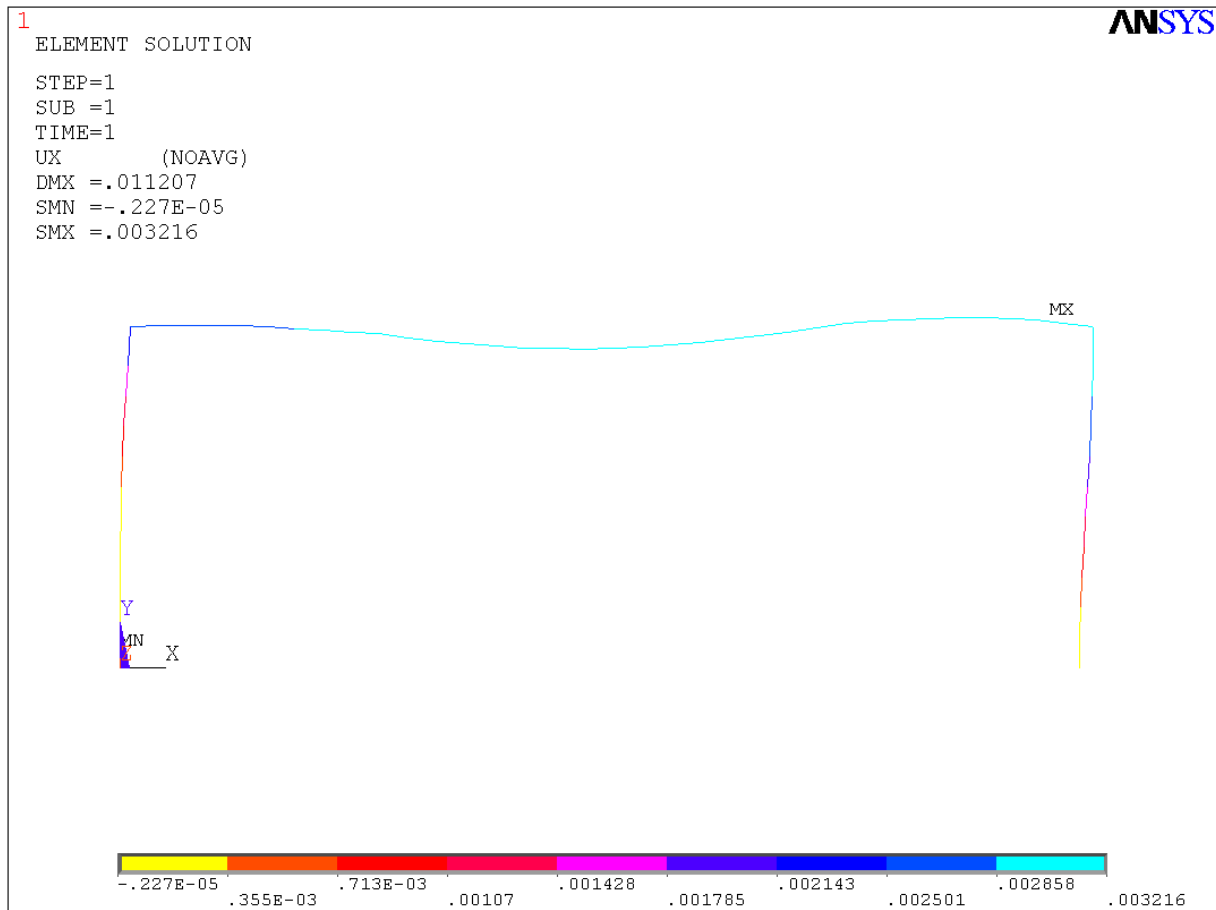


Рис. 4.3 Переміщення стрижневої рами UX.

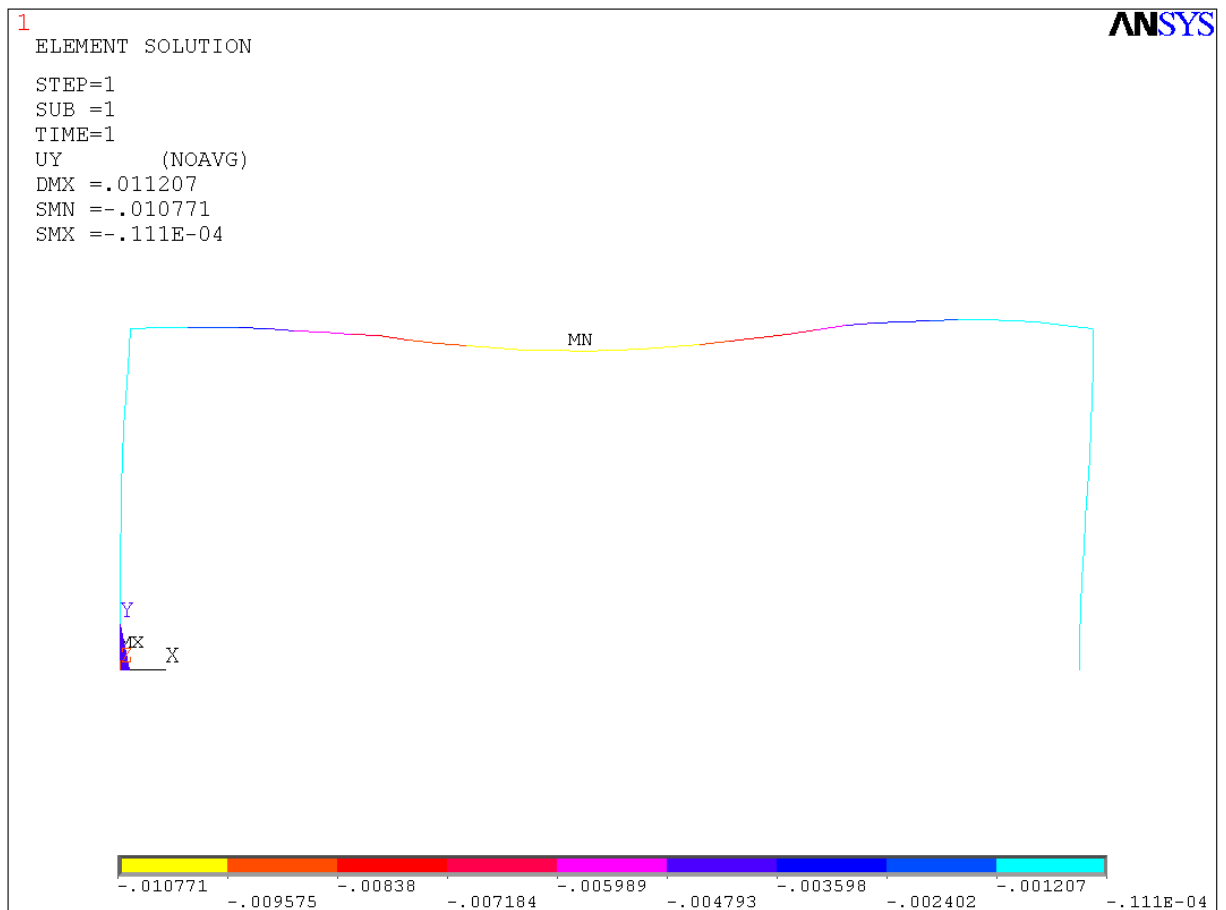


Рис. 4.4 Переміщення стрижневої рами UY.

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	19.МР.135.6116м.05.ПЗ.02	

Рис. 4.5 Перерізуючі сили в стрижнях рами.

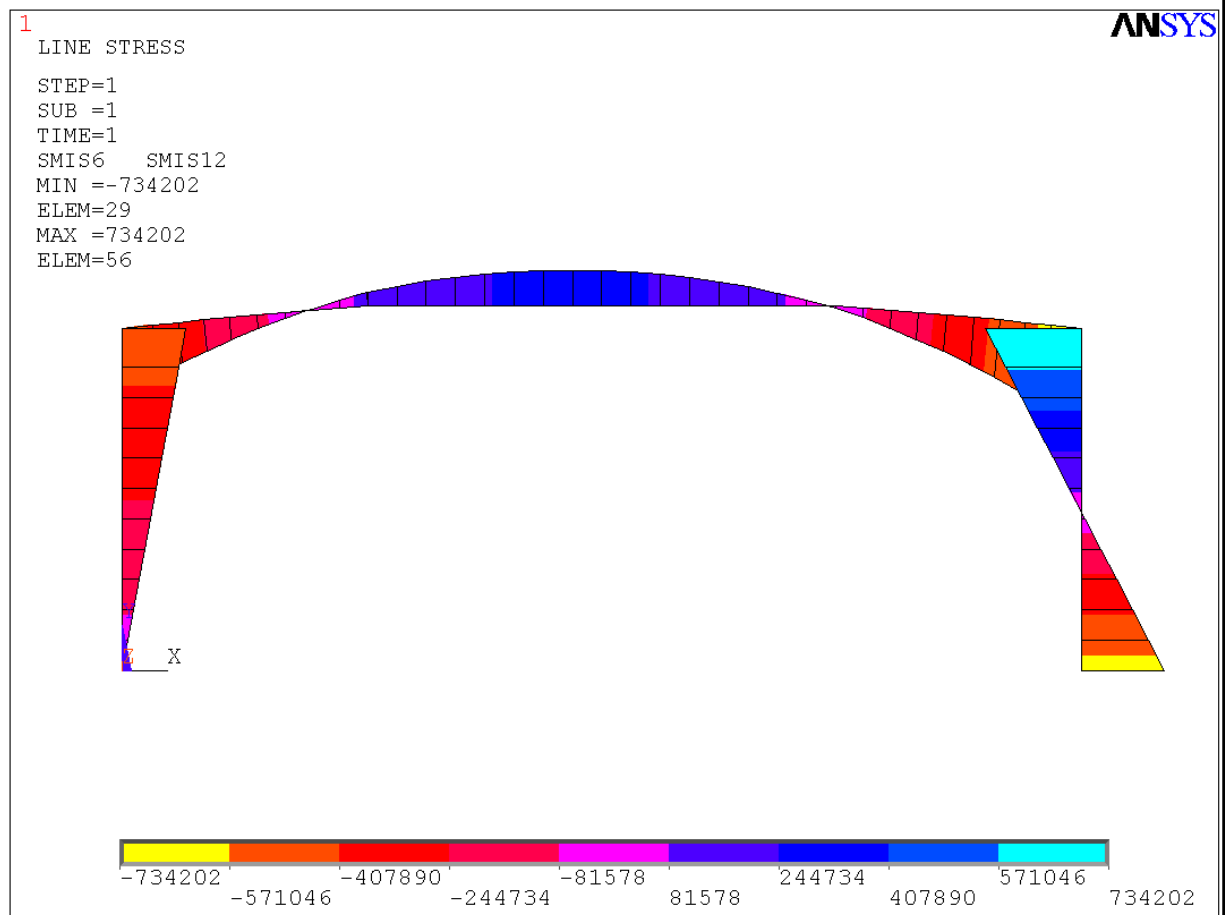


Рис. 4.6 Згинальні моменти в стрижнях рами.

ВИСНОВКИ

Максимальні нормальні і дотичні напруження в скороченій шпангоутній рамі, розміри рамних в'язей твіндека якої були розраховані за Правилами Регістру судноплавства України, не перевищують допустимих значень. Таким чином можна прийняти призначені розміри рамних в'язей верхнього твіндека.

					19.МР.135.6116м.05.ПЗ.02	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4.2. РОЗРАХУНОК ПОВНОЇ ПОПЕРЕЧНОЇ ШПАНГОУТНОЇ РАМИ В СТРИЖНЕВІЙ ІДЕАЛІЗАЦІЇ

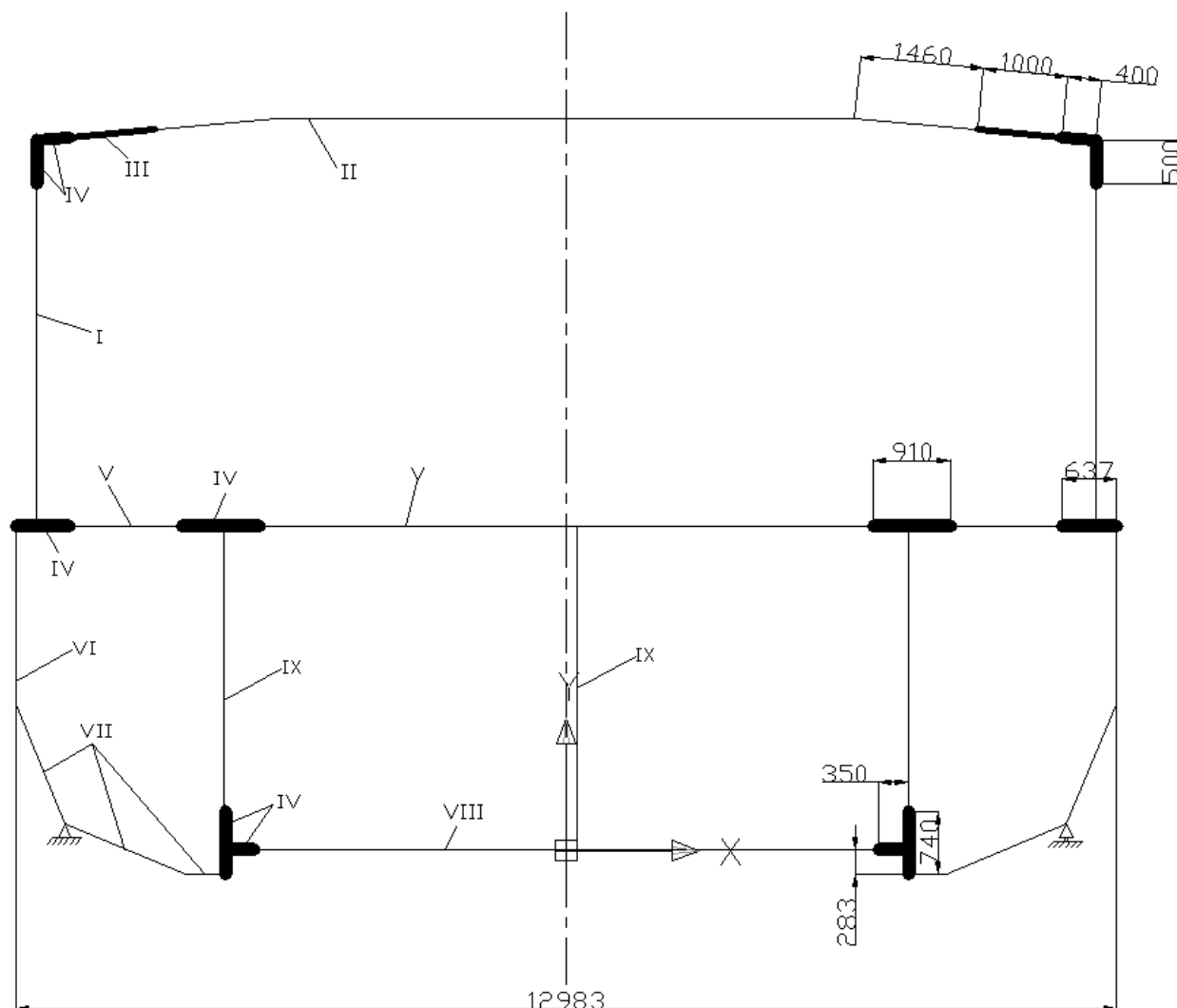


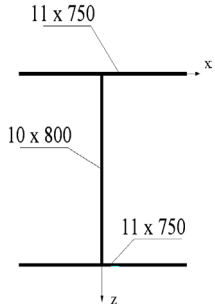
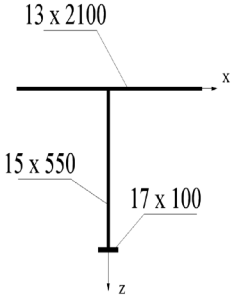
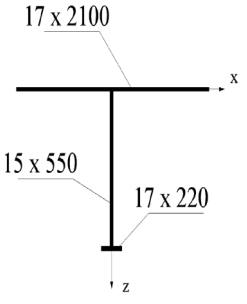
Рис. 4.7 Схема повної поперечної шпангоутної рами

Стрижні рами намальовані по нейтральним осям перерізів рамних шпангоутів і рамних бімсів. Рама приймається шарнірно-опертою (з лівого борту переміщення $u_x=u_y=u_z=0$ та з правого борту $u_y=u_z=0$). У межах накладання стінок бімсів і шпангоутів та стінок шпангоуту і флору введені жорсткі вставки. Розрахункові зусилля при перевірці міцності рами приймаються по кінцях жорстких вставок.

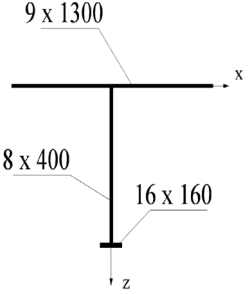
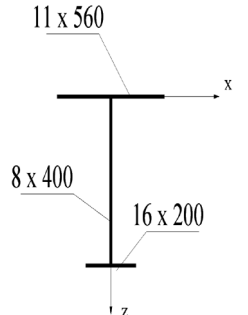
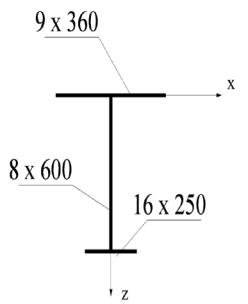
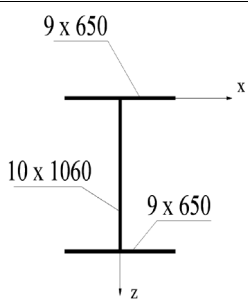
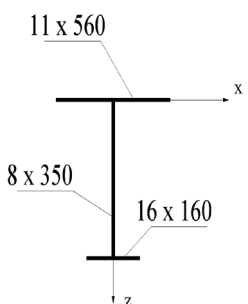
Типи геометричних характеристик перерізів на схемі показані римськими цифрами.

					19.MP.135.6116м.05.ПЗ.02	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 4.3. Типи та значення геометричних характеристик перерізів

Найменування, тип перерізу	Профіль	Площа перерізу $F, \text{м}^2$	Момент інерції $I, \text{м}^4$	Момент інерції крученн я $I_k, \text{м}^4$	Площа стілки $\omega, \text{м}^2$	Момент опору $W, \text{м}^3$
Рамний шпангоут твіндека I		0,02428	0,00296	0,00000 0944	0,008	0,0074
Рамний бімс ВП посередині прогону, II		0,03725	0,00116	0,00000 236	0,00825	0,0023
Рамний бімс ВП на опорі біля борта, III		0,04763	0,00163	0,00000 449	0,00825	0,0034
Жорстка вставка, IV		1	10	0,5	—	—

					19.МР.135.6116м.05.ПЗ.02	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Рамний бімс НП, V		0,01746	0,000445	0,00000 061	0,0032	0,0044
Рамний шпангоут трюму (ЗОБ), VI		0,01256	0,000413	0,00000 0601	0,0032	0,0017
Флор між подвійним бортом та ЗОБ, VII		0,01204	0,000819	0,00000 0542	0,0048	0,0025
Флор, VIII		0,0223	0,004335	0,00000 0681	0,0106	0,008
Рамна стійка, IX		0,01152	0,000279	0,00000 0536	0,0028	0,0021

Навантаження на раму , що розглядається, знаходимо за формулами:

– розрахункове вертикальне навантаження на ВП:

$$P_B = 0,9 \cdot k_\phi \cdot q_\phi = 0,9 \cdot 20 \cdot 1,3 = 23 \text{ кН/м}^2 = 23000 \text{ Н/м}^2,$$

де $q_B = 20 \text{ кН/м}^2$ – специфікаційне навантаження на палубу, що допускається

					19.МР.135.6116м.05.ПЗ.02	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$k_{\partial} = 1 + a_z / g = 1 + 2,9 / 9,81 = 1,3$ – коефіцієнт динамічності;

$$q_{ВП} = P_{\partial} \cdot a = 23000 \cdot 2,1 = 48300 \text{ Н/м};$$

— навантаження на рівні ВП від перекосу:

$$F = 0,7 q_{\text{В}} \frac{a_{\text{В}}^{\text{ВП}}}{g} a_2 B = 0,7 \cdot 20 \cdot \frac{4,97}{9,81} \cdot 2,1 \cdot 13,3 = 198,1 \text{ кН} = 198100 \text{ Н},$$

$a_2 = 2,1 \text{ м}$ – рамна шпация;

– розрахункове вертикальне навантаження на НП:

$$P_{\text{В}} = k_{\partial} \cdot q_{\partial} = 20 \cdot 1,3 = 26 \text{ кН/м}^2 = 26000 \text{ Н/м}^2,$$

де $q_{\text{В}} = 20 \text{ кН/м}^2$ – специфікаційне навантаження на палубу, що допускається ;

$k_{\partial} = 1 + a_z / g = 1 + 2,9 / 9,81 = 1,3$ – коефіцієнт динамічності;

$$q_{\text{НП}} = P_{\partial} \cdot a = 26000 \cdot 2,1 = 54600 \text{ Н/м};$$

— навантаження на рівні НП від перекосу:

$$F = 0,7 q_{\text{В}} \frac{a_{\text{В}}^{\text{НП}}}{g} a_2 B = 0,7 \cdot 20 \cdot \frac{4,35}{9,81} \cdot 2,1 \cdot 13,3 = 173,388 \text{ кН} = 173388 \text{ Н},$$

$$\text{де } a_y^{\text{НП}} = \sqrt{a_{\text{сy}}^2 + (a_{\text{сy}} + g \sin \theta)^2} = \sqrt{1,09^2 + (0,021 + 9,81 \cdot \sin 25,27)^2} = 4,35 \text{ м/с}^2 -$$

сумарне прискорення в горизонтальному напрямку;

Складові прискорення:

$$a_{\text{сy}} = 0,1(100 / L)^{1/3} g = 0,1(100 / 72,2)^{1/3} \cdot 9,81 = 1,09 \text{ м/с}^2;$$

$$a_{\text{сy}} = (2\pi / T_{\partial})^2 \theta z_0 = (2 \cdot 3,14 / 11,03)^2 \cdot 0,441 \cdot 0,15 = 0,021 \text{ м/с}^2;$$

Період бортової качки:

$$T_{\partial} = 11,03 \text{ с};$$

Кут бортової качки:

$$\theta = \frac{0,60}{1 + 0,5 L \cdot 10^{-2}} = \frac{0,60}{1 + 0,5 \cdot 72,2 \cdot 10^{-2}} = 0,441 = 25,27 \text{ град};$$

$z_0 = D/2 - 4,5 = 9,3/2 - 4,5 = 0,15 \text{ м}$ – відстань від НП до центру ваги судна;

— навантаження на днищеву обшивку судна

$$P_{\text{зд}} = P_{\text{ст}} + P_{\text{ш}} = 39,2 + 12,1 = 51,3 \text{ кПа} = 51300 \text{ Н/м}^2,$$

					19.МР.135.6116м.05.ПЗ.02	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$q_{30Д} = P_{30Д} \cdot a = 51300 \cdot 2,1 = 107730 \text{ Н/м};$$

— навантаження на зовнішню обшивку борту судна

$$P_{30Б} = P_{st} + P_W = 26,1 + 15,14 = 41,24 \text{ кПа} = 41240 \text{ Н/м}^2,$$

$$q_{30Б} = P_{30Б} \cdot a = 41240 \cdot 2,1 = 86604 \text{ Н/м}.$$

Розрахунки

Перевірку міцності рамних конструкцій виконую за наступних умов:

$$\sigma_{\max} \leq [\sigma], \text{ де } [\sigma] = 0,8 \cdot \sigma_T = 188 \text{ МПа}$$

$$\tau_{\max} \leq [\tau], \text{ де } [\tau] = 0,8 \cdot [\tau_T] = 0,8 \cdot 0,57 \cdot 235 = 107 \text{ МПа}$$

Максимальні нормальні напруження визначаються за формулою:

$$\sigma_{\max} = \frac{M_{\max}}{W_{\min}} 10^{-6}, \text{ МПа};$$

Максимальні дотичні напруження визначаються за формулою:

$$\tau_{\max} = \frac{N_{\max}}{f_c} 10^{-6}, \text{ МПа},$$

де $W_{\min}$ – мінімальний момент опору балки, м^3 ;

Найменування в'язи	Максимальна перерізуюча сила, $N_{\max}, \text{Н} \cdot 10^6$	Максимальний згинальний момент, $M_{\max}, \text{Н} \cdot \text{м} \cdot 10^6$	Площа стінки $f_c, \text{м}^2$	Мінімальний момент опору, $W_{\min}, \text{м}^3$	Максимальні дотичні напруження, $\tau, \text{МПа}$	Допустимі дотичні напруження, $[\tau], \text{МПа}$	Максимальні нормальні напруження, $\sigma, \text{МПа}$	Допустимі нормальні напруження, $[\sigma], \text{МПа}$
Бімс ВП на опорі біля борта	0,3612	0,65719	0,0082 5	0,0034	43,8	107	193,3	188
Бімс ВП на перехідній ділянці	0,25785	0,37539	0,0082 5	0,0023	31,3	107	163,2	188
Бімс ВП по середині прольоту	0,04887 7	0,36268	0,0082 5	0,0023	5,9	107	157,7	188
Шпангоут твіндеку біля ВП	0,25051	0,65903	0,008	0,0074	31,3	107	89,1	188
Шпангоут твіндеку біля НП	0,25051	0,35403	0,008	0,0074	31,3	107	47,8	188

f_c – площа поперечного перерізу стінки балки, м^2 ;

					19.МР.135.6116м.05.ПЗ.02			Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				

Бімс НП	0,23813	0,2023	0,0032	0,00149	74,4	107	135,8	188
Флор	0,37325	0,45274	0,0106	0,0082	35,2	107	55,2	188
Стояк, що знаходиться в ДП	0,08535 1	0,16792	0,0028	0,0021	30,5	107	80	188
Стояк подвійного борту	0,17565	0,30423	0,0028	0,0021	62,7	107	144,9	188
Рамний шпангоут між НП та подвійним дном	0,26677	0,36762	0,0048	0,0025	55,6	107	147	188

$M_{\max}$ – максимальний згинальний момент в балці, Н·м;

$N_{\max}$ – максимальна перерізуюча сила в балці, Н.

Таблиця 4.4. Допустимі та максимальні напруження повної поперечної шпангоутної рами

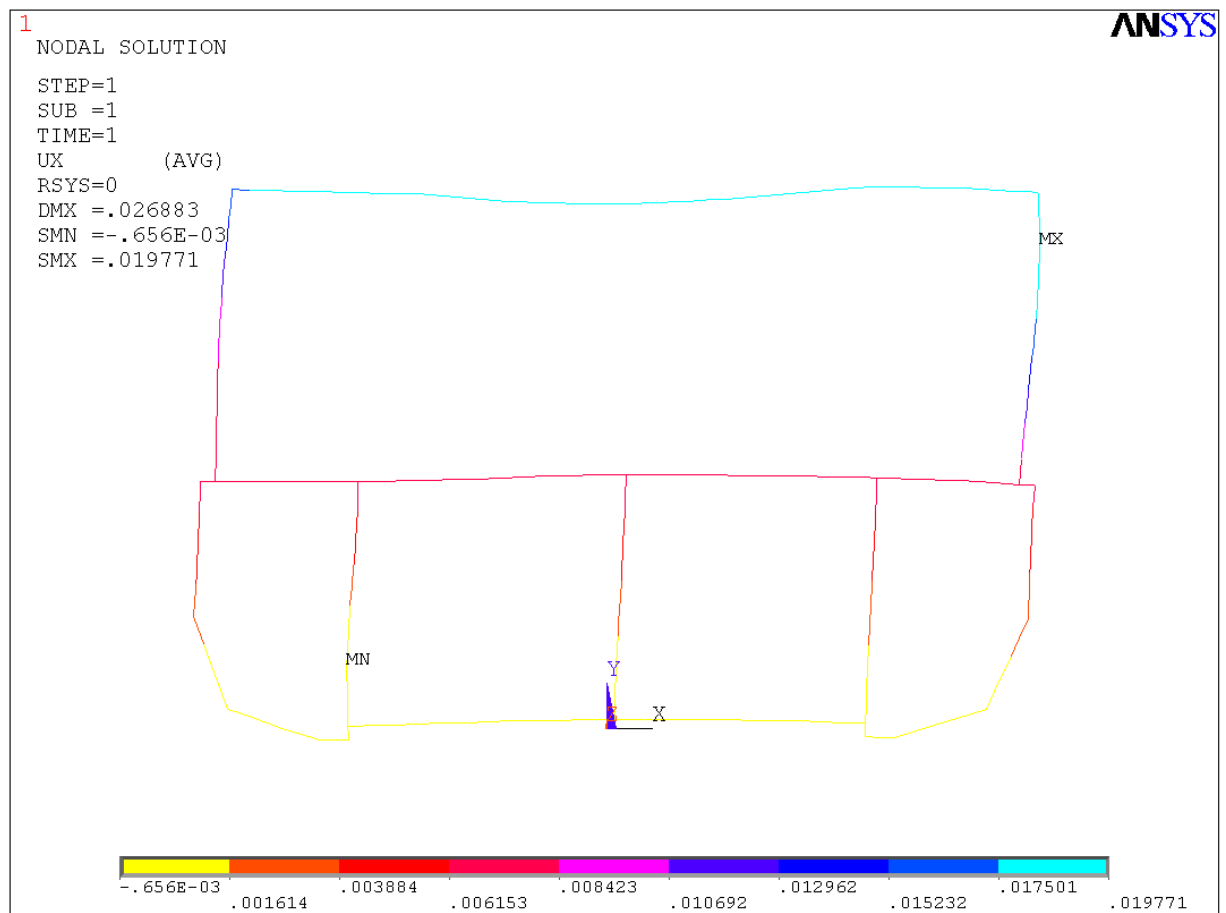


Рис. 4.8 Переміщення стрижневої рами UX.

					19.MP.135.6116м.05.ПЗ.02	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

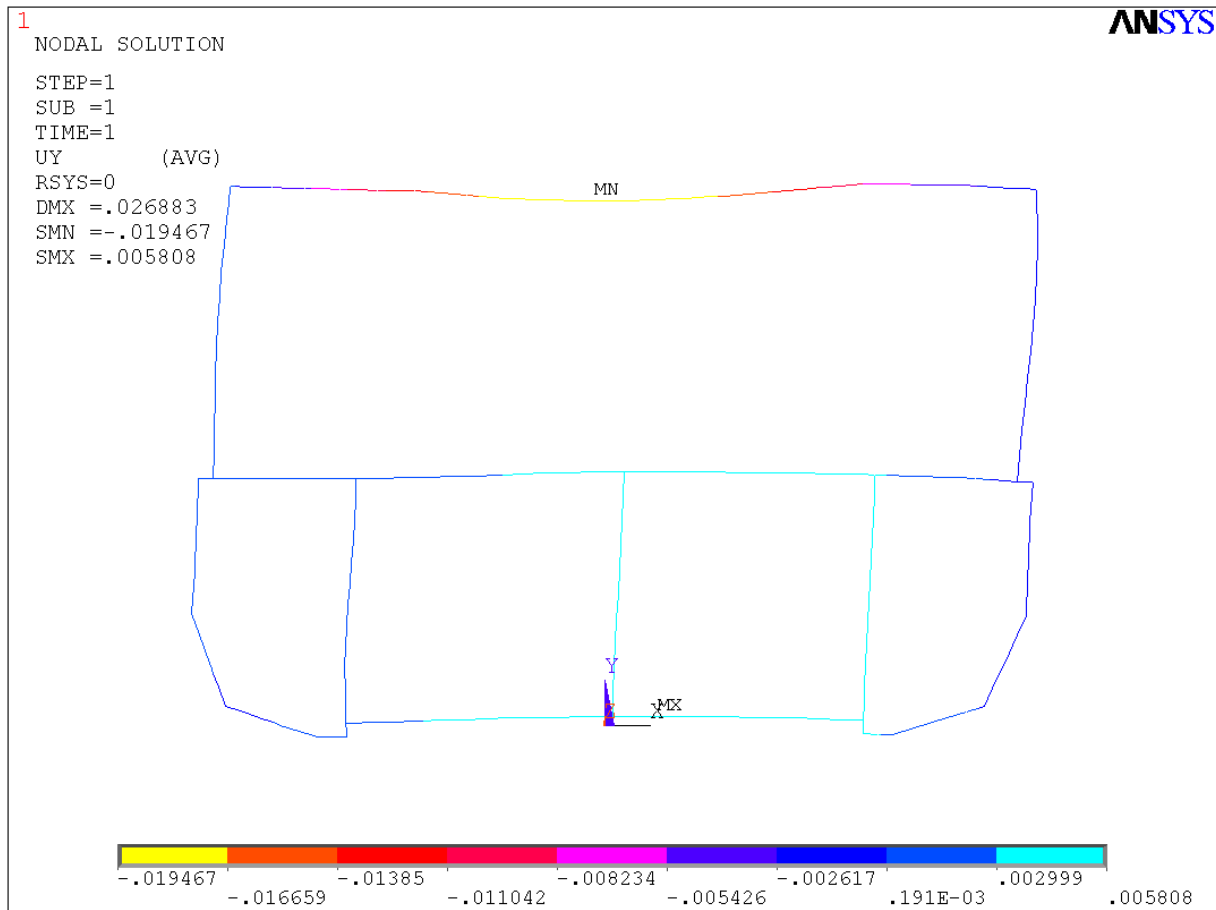


Рис. 4.9 Переміщення стрижневої рами UY.

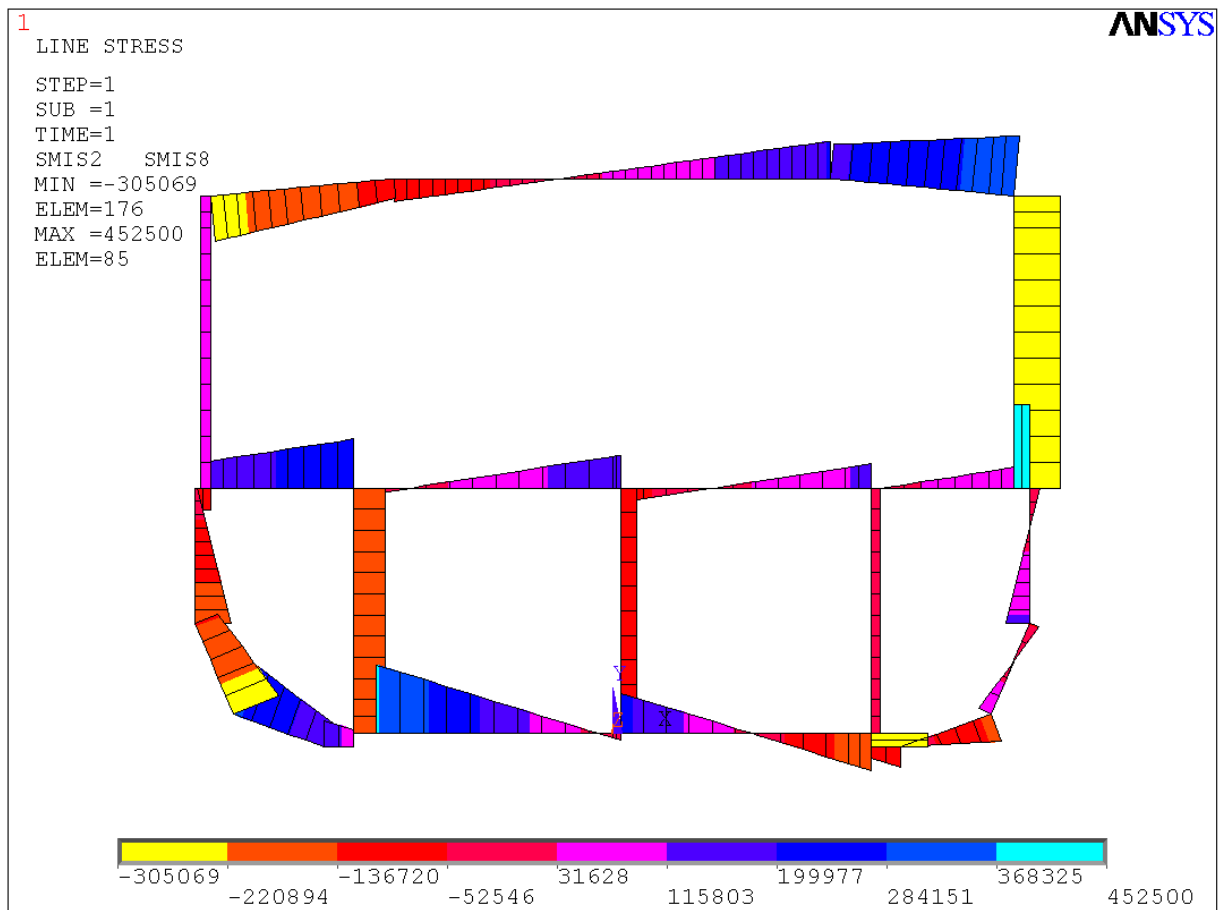


Рис. 4.10 Перерізуючі сили в стрижнях рами

				19.МР.135.6116М.05.113.02		Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

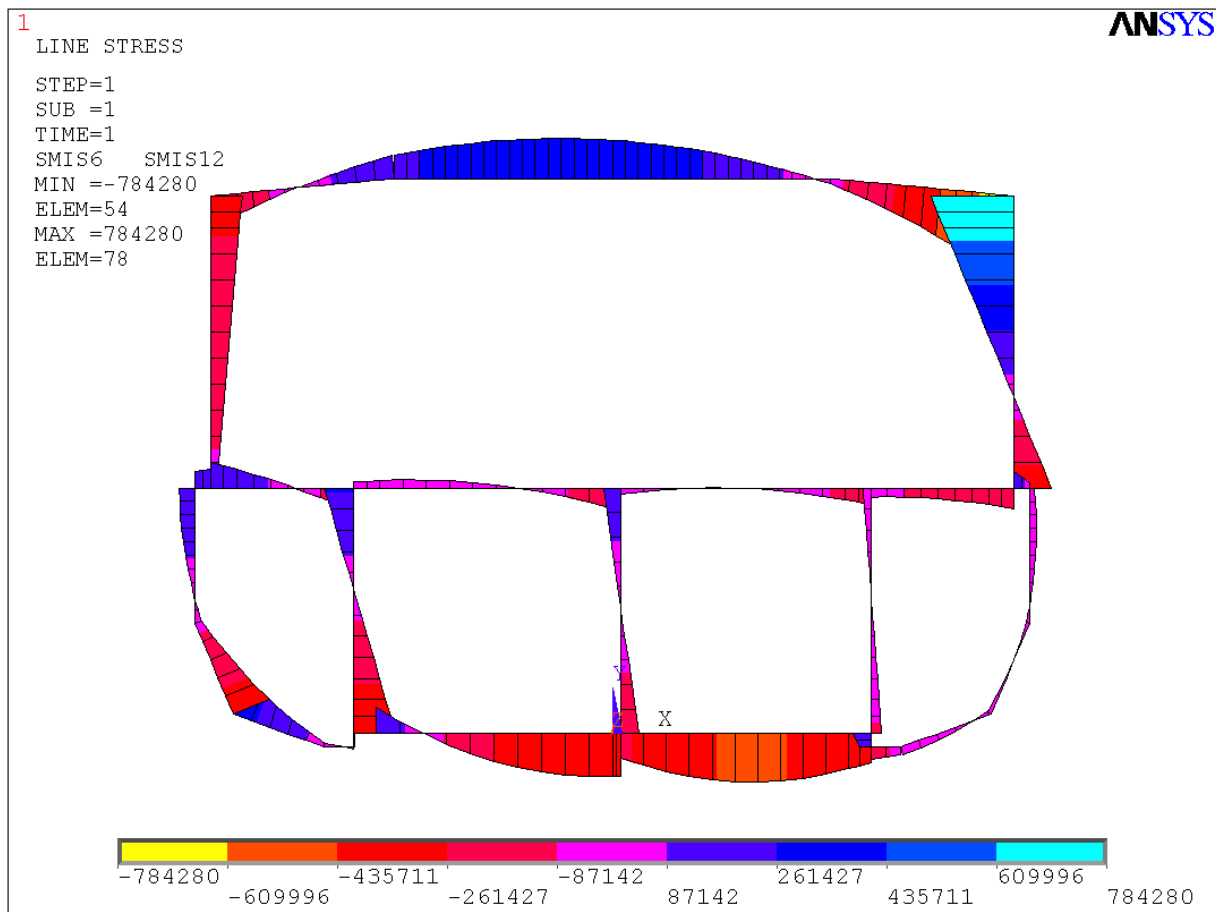


Рис. 4.11 Згинальні моменти в стрижнях рами.

					19.МР.135.6116м.05.ПЗ.02	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

Максимальні нормальні і дотичні напруження у повній шпангоутній рамі не перевищують допустимих значень, окрім нормальних напружень у бімсі ВП на опорі біля борту ($\sigma_{\max}=193,3$ МПа). Це значення напруження перевищує допустиме на 3 %, що вважається допустимим. Тому можна прийняти призначені розміри рамних в'язей шпангоутної рами, які були розраховані на основі вимог Правил класифікації та побудови суден.

Порівнюючи повну та скорочену рами, бачимо, що напруження в характерних точках близькі за значеннями та за характером, окрім нормальних напружень шпангоуту твіндеку біля НП, де нормальне напруження для скороченої рами на 44% більше. Це пояснюється тим, що у скороченій рамі шпангоут жорстко закріплений на рівні нижньої палуби, тоді як для повної рами він буде закріплений пружно конструкціями нижньої палуби та борту.

На основі порівняння результатів розрахунків двох видів рам можливо зробити висновок про прийнятність схеми одноповерхової рами для визначення діючих в рамних в'язях верхнього твіндека зусиль з невеликим коригуванням в меншу сторону розмірів шпангоута твіндека біля нижньої палуби.

					19.МР.135.6116м.05.ПЗ.02	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

Магістерська атестаційна робота виконана згідно завдання, виданого кафедрою.

Тема магістерської атестаційної роботи:

«Дослідження особливостей проектування та конструювання корпусу накатного судна»

«Research of features of design and construction of the hull of the roll on-roll off ship».

Проведено аналіз конструктивних особливостей корпусу судна. Перевірена загальна поздовжня міцність корпусу.

Були досліджені особливості конструкції корпусів суден і зв'язані з цим проблеми проектування корпусних конструкцій цих суден, також виконано визначення розмірів в'язей рамних конструкцій. Розрахунок виконувався за допомогою ліцензійної в університеті програми ANSYS UNIVERSITY за методом скінченних елементів.

Виконано розрахунки місцевої міцності відсіку корпусу судна. Було показано, що для судна з регулярним рамним набором без пілерсів є прийнятною розрахункова схема поперечних шпангоутних рам верхнього твіндека при пластинчастій та стержневій ідеалізації балок. Порівняння результатів свідчить про можливість застосування простих розрахункових схем стержневої ідеалізації.

					19.МР.135.6116м.05.ПЗ.02	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Список використаної літератури:

1. Семенов Тян-Шанский В.В. “Статика и динамика корабля”1977 г.
2. Ремез Ю.В., Забурдаев Л.В. “Расчет элементов плавучести и начальной остойчивости.” Учебное пособие. -Николаев: НКИ, 1984г.
3. Барабанов Н.В. «Конструкция корпуса морских судов», - Л.: Судостроение, 1981 г.
4. Регістр судноплавства України. Правила класифікації та побудови морських суден. - Київ, 2002р.
5. Правила класифікаційного товариства BV – 2004 («Rules for the Classification of Steel Ships»).
6. Російський Морський Регістр Судноплавства РМРС–2007.
7. Кротов О.І. «Проектування морських транспортних суден», - Миколаїв: УДМТУ, 2003р.
8. Бондаренко О.В. «Особенности проектирования морских транспортных суден», - Миколаїв: УДМТУ, 2003р.
9. О. Зенкевич – «Метод конечных элементов в технике», - Москва: «Мир», 1976 г.
- 10.Конюхов А. В. «Основы анализа конструкций в ANSYS», - Казань, 2001 г.
- 11.Басов К.А. «ANSYS Справочник пользователя», - Москва, 2005 г.
- 12.Басов К.А. «ANSYS В примерах и задачах», - Москва, 2002 г.
- 13.А.В. Чиграев «ANSYS для инженеров», - Москва, 2004 г.
14. Бондаренко О.В. «Краткий справочник по терминам и определениям Maxsurf», - Николаев: НУК, 2004.г.

					19.МР.135.6116м.05.ПЗ	Лист
Ізм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		