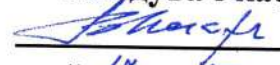


МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова
Кораблебудівний навчально науковий інститут

Кафедра Теорії та проєктування суден

«Допущений до захисту»

Завідувач кафедри

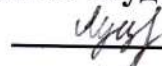
 В.О. Нєкрасов
« 18 » 12 2025 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

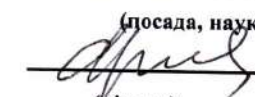
на здобуття ступеня вищої освіти «магістр»

на тему: Розробка концептуального проєкту рятувального катера для
внутрішніх вод та дослідження його ефективності і надійності

Виконав: студент 6112м групи

 Луценко А.М.
(підпис)

Керівник роботи:

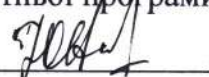
 Кротов О.І.
(підпис) (посада, науковий ступень вчене звання)

Миколаїв – 2025 р.

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

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

«ЗАТВЕРДЖУЮ»
Гарант освітньої програми



«__» _____ 2025 року

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

Студенту Луценко Артему Максимовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Розробка концептуального проекту рятувального катера для внутрішніх вод та дослідження його ефективності і надійності

Керівник роботи канд.техн. наук Кротов О.І.

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

Затверджені наказом ректора № від «__» _____ 2025 року

2. Термін подання роботи: 20.12.2025 р.

3. Вихідні дані по роботі:

3.1 Вантаж 25 рятувальників

3.2 Швидкість >22 вузлів

3.3 Дальність плавання 50 миль

3.4 Район плавання Миколаїв-Очаків

3.5 Додаткові вимоги проведення комплексу варіантних розрахунків з метою визначення оптимальних характеристик катера

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

4.1. Вибір основних елементів судна, визначення його ефективності

4.1.1. Огляд основних тенденцій у розвитку світового флоту рятувальних катерів

4.1.2. Аналіз методів вибору основних елементів катера

4.1.3. Продукт-орієнтоване проектування катеру

4.1.3.1 Розширена система структурного підрозділу суднобудівних робіт - ESWBS

4.1.3.2 Формування CER для будівництва катера

4.1.3.3. Визначення вартості робіт з проектування і побудови катера

4.1.4 Систем-орієнтоване проектування катеру

4.1.4.1. Моделі віртуальних просторів експлуатації катера

- 4.1.4.2 Модель інженерно-навігаційних властивостей катера
- 4.1.4.3 Модель експлуатації катера
- 4.1.4.3.1 Імовірнісні характеристики надійності катера
- 4.1.4.3.2 Імовірнісні характеристики ефективності катера
- 4.1.4.3.3 Складні показники ефективності та надійності катера
- 4.1.5. Постановка задачі оптимізаційного вибору основних розмірів катера
- 4.1.6. Опис алгоритму вирішення задачі оптимізації
- 4.1.7. Програмний комплекс для вирішення задачі оптимізації
- 4.1.8. Концептуальний проект катера

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

- 4.2.1. Формування теоретичної поверхні катера
- 4.2.2. Розрахунки статички (елементів теоретичного креслення), забезпечення вимог класифікаційного товариства до вантажної марки катера
- 4.2.3. Розрахунок стійкості катера при великих кутах нахилу, забезпечення вимог класифікаційного товариства до його остійності
- 4.2.4. Розрахунок ходовості катера, забезпечення вимог класифікаційного товариства до міцності гребного вала та гребного гвинта

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультантів	Підпис, дата			
		Завдання видано		Завдання прийнято	
4.1	Некрасов В.О., професор	12.09.2025			
4.2	Пашенко Ю.М., доцент	12.09.2025			

7. Дата видачі завдання 12.09.2025

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів дипломного проектування	Тривалість етапів проекту (роботи)	Примітка
4.1.	Вибір основних елементів судна та визначення його ефективності		
4.1.1.	Огляд основних тенденцій у розвитку флоту рятувальних катерів	17.09.2025	
4.1.2.	Аналіз методів вибору основних елементів катера	24.09.2025	
4.1.3.	Продукт-орієнтоване проектування катера	30.09.2025	
4.1.4.	Систем-орієнтоване проектування катера	07.10.2025	
4.1.5.	Постановка задачі оптимізаційного вибору основних розмірів	14.10.2025	
4.1.6.	Опис алгоритму вирішення задачі оптимізації	21.10.2025	
4.1.7.	Програмний комплекс для вирішення проблеми оптимізації	28.10.2025	
4.1.8.	Дослідницький проект катера	05.11.2025	
4.2.	Дослідження морехідних якостей судна, забезпечення вимог класифікаційного товариства до його надійності		
4.2.1.	Формування теоретичної поверхні катера	07.11.2025	
4.2.2.	Розрахунки статички (елементів теоретичного креслення)	12.11.2025	
4.2.3.	Розрахунок остійності при великих кутах нахилу	15.11.2025	
4.2.4.	Розрахунок ходовості катера	17.11.2025	
4.2.5.	Технічний проект катера	08.12.2025	
4.2.6.	Пояснювальна записка	14.12.2025	
4.2.7.	Презентація	20.12.2025	

Студент Луценко Артем Максимович
(підпис) (ПІБ)

Керівник роботи Кротов Олександр Іванович
(підпис) (ПІБ)

АНОТАЦІЯ

У межах виконання магістерської дипломної роботи згідно з завданням кафедри теорії та проектування суден було проведено дослідження процесу концептуального проектування рятувального катера, призначеного для експлуатації на внутрішніх водних шляхах, а також аналіз його ефективності та надійності. Під час розроблення концептуального проекту були виконані такі основні етапи:

- сформовано моделі умов експлуатації катера у внутрішніх водах та визначено комплекс інженерно-навігаційних характеристик, необхідних для оцінки функціональних можливостей судна в режимах рятувальних і допоміжних операцій;
- розроблено моделі функціонування катера в характерних для внутрішніх водойм ситуаціях і сформульовано задачі, що описують його роботу в різних експлуатаційних сценаріях;
- визначено показники ефективності, надійності та стійкості функціональних операцій, використовуючи адаптовану математичну модель й обчислювальні засоби для досягнення головного критерію оптимізації — забезпечення ефективної та безпечної роботи катера.

Результатом концептуального етапу став проєкт рятувального катера, орієнтований на роботу в умовах обмежених акваторій, з оптимізованою швидкістю руху, водотоннажністю та архітектурно-конструктивними характеристиками, що включають однопалубне виконання, компактну надбудову та раціональне компонування службових приміщень і машинного відділення. На етапі технічного опрацювання концепції було сформовано уточнений проєкт, який відповідає вимогам до катерів цього призначення та враховує критерії експлуатаційної надійності для внутрішніх водойм. На основі концептуальної моделі створено 3D-геометрію корпусу катера, а за допомогою спеціалізованого програмного комплексу Maxsurf Engineering проведено розрахунки основних мореходно-експлуатаційних характеристик, зокрема плавучості, остійності, непотоплюваності та ходових якостей. Отримані результати підтвердили відповідність запропонованого проєкту вимогам до рятувальних катерів, які працюють на внутрішніх водах, що забезпечує його ефективність, безпеку та надійність під час виконання призначених завдань.

Ключові слова: рятувальний катер, внутрішні водні шляхи, концептуальне проектування, ефективність, надійність, морехідні характеристики, Maxsurf Engineering.

					25.MP.135.6112м.08	Арк.
						4
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

ABSTRACT

As part of the master's thesis and in accordance with the assignment of the Department of Ship Theory and Design, a study was carried out on the conceptual design of a rescue boat intended for operation on inland waterways, as well as an analysis of its efficiency and reliability. During the development of the conceptual design, the following key tasks were completed:

- models of the operating conditions of the boat on inland waters were developed, and a set of engineering and navigational characteristics necessary for evaluating its functional capabilities during rescue and auxiliary operations was determined;
- models of the boat's functioning in typical scenarios for inland waterways were created, and the corresponding operational tasks were formulated;
- performance, reliability, and operational stability indicators were identified using an adapted mathematical model and computational tools to meet the main optimization criterion — ensuring efficient and safe operation of the vessel.

The conceptual design phase resulted in a rescue boat project optimized for operation in restricted water areas, with refined speed, displacement, and architectural-structural characteristics, including a single-deck configuration, compact superstructure, and rational arrangement of service spaces and the engine room. At the stage of technical refinement, a detailed project was developed that meets the requirements for vessels of this type and incorporates additional criteria necessary to ensure operational reliability on inland waterways.

Based on the conceptual design, a 3D model of the hull was created, and using the Maxsurf Engineering software package, calculations of the main hydrostatic and performance characteristics were conducted, including buoyancy, stability, survivability, and powering. The obtained results confirmed that the proposed design meets the requirements for rescue boats operating on inland waters, ensuring its efficiency, safety, and reliability during assigned missions.

Keywords: rescue boat, inland waterways, conceptual design, efficiency, reliability, seakeeping characteristics, Maxsurf Engineering.

					25.MP.135.6112M.08	Арк.
						5
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ЗМІСТ

1. Вступ. Постановка задачі на проектування.....	8
1.1. Огляд основних тенденцій у розвитку рятувальних та пожежних катерів.....	8
1.2. Класифікація рятувальних та пожежних катерів за конструкцією та за розмірами.....	10
2. Продукто-орієнтоване проектування катера.....	17
2.1. Розширена система структурного підрозділу суднобудівних робіт.....	17
2.2. Формування ЕСЕР для будівництва та визначення вартості проектувальних робіт та побудови катера.....	19
2.3. Географічний простір та погодні умови корабельних операцій.....	22
2.4. Модель інженерно-навігаційних властивостей катера.....	26
2.5. Опис алгоритму вирішення задачі оптимізації.....	28
2.6. Концептуальний проект катера.....	34
3. Визначення морехідних якостей катера, розрахунок характеристик двигуна та рушія.....	42
3.1. Розрахунки елементів теоретичного креслення катера.....	42
3.2. Розрахунок остійності катера при великих кутах крену та, забезпечення вимог класифікаційного товариства його остійності.....	45
3.3. Розрахунок ходовості катера.....	48
3.4. Розрахунок характеристик рушія та двигуна катера в програмі HydroCompPropExpert.....	52
3.5. Проектування гвинта в програмі HydroComp Prop CAD.....	56
Висновки.....	59
Список літератури.....	61
Додаток.....	62

					25.МР.135.6112м.08.ПЗ.01									
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Вступ. Постановка задачі на проектування					Літ.		Арк.	Аркушів	
Студент		Луценко А.М.											5	
Керівник		Кротов О.І.								НУК ім. адм. Макарова				
Консульт.														
Зав. Каф.														

1. Вступ. Постановка задачі на проектування.

1.1. Огляд основних тенденцій у розвитку рятувальних та пожежних катерів

Внутрішні водні шляхи України – річки, озера, водосховища та канали - відіграють важливу роль у транспортній системі та рекреаційному використанні країни. Водночас саме ці водойми часто становлять підвищену небезпеку для маломірних суден через мінливі погодні умови, течії, обмежену глибину, густу навігацію. Це обумовлює необхідність створення сучасних рятувальних катерів, здатних швидко й ефективно діяти в умовах внутрішніх водойм.

На основі аналізу аварійних випадків та статистики загибелі людей на воді можна зробити висновок, що потреба у розвитку рятувального флоту для внутрішніх водойм є надзвичайно актуальною. Рятувальні катери виконують критично важливу функцію забезпечення безпеки на воді, сприяючи зниженню рівня смертності під час надзвичайних ситуацій. Попри складність запобігання аваріям, сучасні технології дозволяють значно зменшити кількість летальних наслідків за рахунок оперативного реагування та технічної оснащеності рятувальних підрозділів.

Ефективність проведення рятувальних робіт безпосередньо залежить від характеристик катера. Судно має бути стійким, маневровим і придатним для експлуатації на мілководді та у вузьких каналах. Конструкція рятувального катера повинна передбачати ергономічний надводний борт для приймання постраждалих, обладнані місця для надання першої медичної допомоги, місткі приміщення для тимчасового розміщення врятованих осіб, а також сучасні системи навігації, зв'язку, освітлення та спостереження. Корпус катера має бути міцним, легким та корозійностійким, що дозволяє забезпечити тривалий термін служби в прісній воді.

					25.MP.135.6112м.08.ПЗ.01	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розробка концептуального проекту рятувального катера для внутрішніх вод має стратегічне значення. Старіння існуючого флоту, збільшення кількості нещасних випадків на водоймах і відсутність достатньої кількості спеціалізованих суден обумовлюють потребу в нових технічно досконалих рішеннях. Створення універсального катера, здатного ефективно працювати на різних типах внутрішніх водойм, сприятиме підвищенню рівня безпеки, розвитку національної суднобудівної галузі та вдосконалення системи водного рятування України.

					25.МР.135.6112м.08.ПЗ.01	Арк.Ар
						9
Змн.Зм	Арк.Ар	№ докум.№ докум.	ПідписПідп	Дата		

1.2 Класифікація сучасних катерів за конструкцією та розмірів [13, 14, 15, 16, 17].

Рятувальні катери, призначені для використання на річках, озерах та водосховищах, відрізняються значним різноманіттям конструктивних рішень і функціонального оснащення. Їхні параметри визначаються особливостями внутрішніх водойм - обмеженою площею акваторії, мінливою глибиною, наявністю течій та високою інтенсивністю руху маломірних суден. Умовно такі катери можна поділити на кілька груп залежно від призначення та конструктивної компоновки.

- Катери універсального призначення з функцією рятування

Це судна, для яких рятувальна роль не є основною, але вони здатні швидко реагувати на нештатні ситуації у внутрішніх водах. Основні їх завдання – це контроль за дотриманням правил судноплавства, допомога маломірним суднам, патрулювання акваторії, транспортування рятувальників або спеціального обладнання.

Такі катери зазвичай мають полегшену конструкцію корпусу, компактні розміри і високу маневровість. Їх часто використовують як інспекторські або чергові катери в умовах інтенсивного руху на річкових каналах і водосховищах.

- Рятувальні катери вузької спеціалізації

Ця група включає катери, призначені для виконання окремих елементів рятувальних операцій. Їхній функціонал може бути обмежений швидким підбиранням людей з води, доставкою постраждалих до берега, буксирування малих суден.

Через компактні розміри такі катери рідко мають повноцінні медичні відсіки або місця для тривалого розміщення врятованих. Вони працюють у парі з іншими засобами – береговими службами, рятувальними станціями, інколи з гелікоптерами екстреної допомоги. Їх цінність полягає у швидкості реакції та можливості діяти у вузьких, мілководних або сильно зарослих ділянках водойм.

					25.MP.135.6112м.08.ПЗ.01	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		

- Багатофункціональні рятувальні катери великої автономності

У категорію входять катери довжиною від 12 до 20 метрів, здатні виконувати широкий спектр завдань у внутрішніх та прибережних водах. Вони мають обладнання для надання першої допомоги, збільшену палубну площу, потужні двигуни для роботи під час течії та хвилювання, приміщення для розміщення від 20 до 40 врятованих, підвищену автономність.

Такі катери є основою оперативного реагування у великих водосховищах, дельтах річок та довгих каналів. Саме цей клас часто використовується як базовий для проектування сучасних рятувальних суден.

- Приклади сучасних рятувальних катерів, які використовуються на внутрішніх водах

1) Lake Assault 30 EMS River Rescue Boat

Це спеціально розроблений річковий рятувальний катер американської компанії Lake Assault Boats для юніту River Rescue у Піттсбургу (Рис. 1.1).



Рис. 1.1. Lake Assault 30 EMS River Rescue Boat

Корпус – катамаран, що забезпечує високу стійкість і хорошу маневреність у вузьких або швидких річках. Оснащений двома потужними підвісними двигунами Yamaha, що дають швидку реакцію під час надзвичайних ситуацій. Є гідравлічні двері на носі (bow door) для швидкого взяття на борт людей чи рятувального спорядження. Також катер має можливість розгортання десантних або медико-евакуаційних операцій, включаючи перевезення рятувальників та обладнання.

2) WaterMog Rescue (Creature Craft)

Надувний рятувальний катер WaterMog від Creature Craft, призначений для швидкої роботи у стрімких і мілких річках. Модель WaterMog 1 має дуже малу осадку, що робить її ідеальною для міських повеней або низьких дам. Корпус самовирівнюється після перекидання (“self-righting”) завдяки спеціальній конструкції — підвищує безпеку в турбулентній воді.

WaterMog 2 - модифікація з мотором: моторно-оприсний варіант для рятувальних підрозділів, яким потрібно швидко реагувати (Рис. 1.2).



Рис. 1.2. WaterMog 2

Цей човен широко використовується службами рятувальників під час паводків і річкових рятувальних операцій.

					25.MP.135.6112м.08.ПЗ.01	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3) RC4000 Rescue Craft

RC4000 - надувний катер із жорстким дном (Rigid Inflatable Boat), розроблений для рятування на річках, під час повеней і в мілководді. Це ~4-метровий човен з двокілевою формою, що дає йому високу стійкість під час течії (Рис. 1.3).



Рис. 1.3. RC4000 Rescue Craft

Працює з короткими підвісними двигунами, що дозволяє ефективно маневрувати в обмеженому просторі і мілководді. Коли човен не використовується, його можна роздути / здути - він легко транспортується й зберігається. Проєкт передбачає мінімальну команду: човен легкий, керування просте - це покращує реакцію рятувальників у кризових ситуаціях.

4) Chaterina D

Це новий 7,5-метровий RIB-човен класу Chaterina D, розроблений спільно з волонтерською рятувальною службою KNRM (Рис. 1.4).

					25.MP.135.6112м.08.ПЗ.01	Арк.
						13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рис. 1.4. Chaterina D

Корпус виготовлений з алюмінію, що зменшує вагу та підвищує екологічність – човен краще піддається переробці. Оснащений двома чотиритактними підвісними двигунами Yamaha по 115 к. с., швидкість - щонайменше 32 вузли. Має механізм самовирівнювання: у разі перекидання спрацьовує мішок (air-bag), який повертає човен у правильне положення.

5) Loch Lomond Rescue Boat (Halmatic Artic 22 RIB)

Loch Lomond Rescue Boat - рятувальний катер (Рис. 1.5), що використовується на озері Лох-Ломонд (Шотландія). Модель - Halmatic Artic 22 (RIB) з жорстким надувним балоном, що забезпечує надійність і плавучість. Корпус катера виконано з алюмінію, що дає хороше співвідношення міцності та ваги, а також економію на обслуговуванні.



Рис. 1.5. Loch Lomond Rescue Boat (Halmatic Artic 22 RIB)

					25.MP.135.6112м.08.ПЗ.01	Арк.
						14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

	Lake Assault 30 EMS River Rescue Boat	WaterMog Rescue (Creature Craft)	RC4000 Rescue Craft	Chaterina D	Loch Lomond Rescue Boat (Halmatic Artic 22 RIB)
Країна	США	США	-	Нідерланди	Великобританія
Верф	Lake Assault Boats	Creature Craft	MFC International	Palfinger Marine	Halmatic
Довжина	9,14 m	4,55 m	4,00 m	7,5 m	6,7 m
Ширина	3,2 m	2,41 m	2,00 m	2,65 m	-
Двигун	2 підвісні мотори	Весла в базовій комплектації, підвісний мотор в WaterMog 2 і 3	Короткий підвісний мотор	2 підвісні мотори	2 підвісні мотори
Потужність	2х425 к.с. Yamaha	До 60 к.с. мотор для WaterMog 2	До 25-30 к.с.	2х115 к.с. Yamaha	2х150 к.с. Mercury
Швидкість	39 вузлів	Понад 64 км/год	-	32 вузлів	>50 вузлів
Вмістимість	-	-	До 10 осіб / вантаж до 800 кг	Може брати до 12 врятованих	-
Особливості	Гідравлічний люк на носі, підігрів носової палуби, системи зв'язку.	10 повітряних відсіків, висока плавучість, страховочні троси.	Може працювати у дуже мілкій воді.	Ергономіка крісел, навігаційне та комунікаційне обладнання.	Дуже міцна конструкція, висока стійкість, висока потужність.

Табл. 1.1. Характеристики рятівних катерів

					25.МР.135.6112м.08.ПЗ.02			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Продукто-орієнтоване проектування катера	Літ.	Арк.	Аркушів
Студент		Лиценко А.М.					16	
Керівник		Кротов О.І.				НУК ім. адм. Макарова		
Консульт.								
Зав. Каф.								

2. Продукто-орієнтоване проектування катера.

2.1 Розширена система структурного підрозділу суднобудівних робіт [3,6].

Для ведення економічних розрахунків оцінки судна та нових проектних рішень необхідно використовувати ESWBS – Extended Ship Work Breakdown Structure (Розширена Структура Розподілу Корабельних Робіт). (табл.2.1.).

Таблиця 2.1. Складові структури судна згідно системи ESWBS

Номер групи	Назва SWBS	Опис групи
Група 100	Конструкції	Включає вагу обшивки, набору, палуб, перегородок, надбудов і фундаментів.
Група 200	Пропульсивна установка	Включає вагу дизелів, турбін, редукторів, валопроводів і рушіїв.
Група 300	Електрична установка	Включає вагу обладнання для вироблення електроенергії, силових кабелів, освітлювальних систем і аварійних систем електропостачання.
Група 400	Управління та моніторинг	Включає вагу навігаційної системи, системи внутрішнього зв'язку, протипожежної системи, системи спостереження, радіолокаторів, гідролокатором, радіо-приймачів та інших систем управління і контролю.
Група 500	Допоміжні системи	Включає вагу систем кондиціонування, вентиляції, охолодження і пожежогасіння, дистилляторів, вантажних трубопроводів і систем рульового управління.
Група 600	Устаткування і фурнітура	Включає вагу слухних речей, ізоляції, фарбування, обладнання та фурнітури житлових приміщень, санітарних приміщень, офісів, медичних приміщень, сходів, комор, пралень і майстерень.

Група 700	Озброєння	Включає вагу систем артилерійського, торпедного та ракетної зброї, боеприпасів, систем зберігання та обробки боеприпасів, стрілецької зброї.
Група F*	Вантаж	Включає ваги всіх змінних вантажів: команди з багажем, води, харчів, палива, мастил і т. д.
Група M	Запаси	Включає вагу додаткових систем, змін та інших доповнень.
Група 800	Інтеграція /Інжиніринг	Невагова категорія. Включає такі елементи, як креслення судна, 3D-моделі, забезпечення якості, сертифікаційні стандарти, обладнання для навчання та навчання.
Група 900	Збірка і сервіси підтримки	Невагова категорія. Включає все, що необхідно для побудови судна, його спуску і випробувань. Сюди входять будівельні ліси, страхування, елементи спуску корабля, здавальних випробувань і ін.

2.2 Формування ECER для будівництва та визначення вартості проектувальних робіт та побудови катера [4].

Система ECER призначена для прогнозування витрат на будівництво та подальшу експлуатацію судна протягом усього його життєвого циклу. Процес проектування в цій системі розпочинається з групи 100 і завершується групою 900, що дозволяє визначити орієнтовний термін спорудження судна. Кожна з груп формує прогнозні значення вартості на основі регресійних рівнянь, тобто емпіричних залежностей, які використовуються для оцінювання витрат.

Таблиця 2.2. Типові регресійні рівняння для даного концептуального проектування катера.

No	SWBS	Витрати на оплату праці, людино-години	Матеріальні витрати, дол.
1	100	$TF * DF * 177 * Weight_{100}^{0.862}$	$800 * Weight_{100}$
2	200	$TF * DF * 365 * Weight_{200}^{0.704}$	$15000 + 15000 * Weight_{200}$
3	300	$682 * Weight_{300}^{1.025}$	$20000 * Weight_{300}$
4	400	$1605 * Weight_{400}^{0.795}$	$20000 * Weight_{400}$
5	500	$TF * 34.8 * Weight_{500}^{1.24}$	$7000 + 10000 * Weight_{500}$
6	600	$310 * Weight_{600}^{0.949}$	$5000 + 7000 * Weight_{600}$

Коефіцієнт TF характеризує тип спроектованого судна й безпосередньо впливає на отриманий результат розрахунків. Натомість коефіцієнт DF відображає рівень продуктивності конкретного суднобудівного підприємства. Докладні значення цих коефіцієнтів наведені в таблицях 2.3 та 2.4.

Таблиця 2.3. Значення коефіцієнта TF для різних суден

No	Тип корабля	Значення TF коефіцієнт
1	2	3
1	Танкер для сирої нафти	0.80
2	Цистерна для перевезення нафтопродуктів	1.13
3	Танкер-хімовоз	1.25
4	Танкер з подвійним корпусом	0.90
5	Балкер	0.85
6	Універсальне вантажне судно	0.95
7	Контейнеровоз	0.96
8	Судно типу ро-ро	0.83

9	Судно для перевезення автомобілів	0.61
10	Пором	1.25
11	Пасажирське судно	3.00
12	Риболовецьке судно	2.20
13	Буксир	0.80
14	Бойовий корабель- крейсер (ядерний)	9.00
15	Бойовий корабель - руйнівник	8.00
16	Бойовий корабель - Фрегат	7.00
17	Десантний корабель - LHA / LHD	7.00
18	Десантний корабель - LSD / LPD	5.00
19	Допоміжний корабель - Танкер	2.50
20	Допоміжне судно - тендер	4.50
21	Дослідницьке судно	1.25
22	Морський буксир, океан	1.00
23	Криголам берегової охорони	4.50
24	Буй берегової охорони тендер	2.00

Таблиця 2.4. Значення коефіцієнтів DF

No	Країна виробник / Тип судна	Значення факторів продуктивності			
		Сталь	Обладнання	Матеріали	Загальні
1	Бойові кораблі (дуже великі)	5.00	-	-	-
2	Бойові кораблі (великі)	2.50	-	1.21	1.56
3	Подвійне використання	1.70	1.24	1.14	-
4	Сучасна комерційна компанія США (велика)	0.90	0.90	1.00	0.90
5	Сучасна комерційна реклама в США (середня)	1.00	1.00	1.00	1.00
6	Середній показник у США	1.20	1.20	1.00	1.20
	Інші країни				
1	Північна Європа (велика)	0.76	-	0.85	0.331
2	Південна Корея (велика)	0.71	-	0.72	0.283
3	Японія (2002)	-	-	-	0.198
4	Китай (2002)	-	-	-	0.992
	Модульне суднобудування				
1	Модуль конкурентного аутсорсингу США	1.00	0.80	-	-
2	Конкурентний модуль світового класу	0.76	0.52	-	-

Вартість проєктних робіт визначається за допомогою спеціального алгоритму, який оцінює витрати та тривалість основних етапів — від проєктування і конструкторських робіт до організації та підготовки виробництва. Початковими даними для роботи цього алгоритму є тип судна, який застосовується через коефіцієнт T_F ; повна водотоннажність M_{full} та розрахункова швидкість, зазначена у технічному завданні [5].

Катер

Характеристики объекта:										Вероят. повреждений:		Время заготов. А		Запасы на проектирование и генерирование повреждений (ПитП)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
Масса	Скорость	Коэф. ТР	Верфь	Ураганы:	Дата:	Компьютерный проект \$	Пределный проект \$	Клиентский проект \$	Ручной проект \$	М.машин \$	Планировочные процедуры \$	Закупка детали, подбора \$	Запасные чертежи \$	Специальные материалы \$	Компьютерный проект \$	Пределный проект \$	Клиентский проект \$	Ручной проект \$	М.машин \$	Планировочные процедуры \$	Закупка детали, подбора \$	Запасные чертежи \$	Специальные материалы \$	Компьютерный проект \$	Пределный проект \$	Клиентский проект \$	Ручной проект \$	М.машин \$	Планировочные процедуры \$	Закупка детали, подбора \$	Запасные чертежи \$	Специальные материалы \$	Компьютерный проект \$	Пределный проект \$	Клиентский проект \$	Ручной проект \$	М.машин \$	Планировочные процедуры \$	Закупка детали, подбора \$	Запасные чертежи \$	Специальные материалы \$	Компьютерный проект \$	Пределный проект \$	Клиентский проект \$	Ручной проект \$	М.машин \$	Планировочные процедуры \$	Закупка детали, подбора \$	Запасные чертежи \$	Специальные материалы \$	Компьютерный проект \$	Пределный проект \$	Клиентский проект \$	Ручной проект \$	М.машин \$	Планировочные процедуры \$	Закупка детали, подбора \$	Запасные чертежи \$	Специальные материалы \$	Компьютерный проект \$	Пределный проект \$	Клиентский проект \$	Ручной проект \$	М.машин \$	Планировочные процедуры \$	Закупка детали, подбора \$	Запасные чертежи \$	Специальные материалы \$	Компьютерный проект \$	Пределный проект \$	Клиентский проект \$	Ручной проект \$	М.машин \$	Планировочные процедуры \$	Закупка детали, подбора \$	Запасные чертежи \$	Специальные материалы \$	Компьютерный проект \$	Пределный проект \$	Клиентский проект \$	Ручной проект \$	М.машин \$	Планировочные процедуры \$	Закупка детали, подбора \$	Запасные чертежи \$	Специальные материалы \$	Компьютерный проект \$	Пределный проект \$	Клиентский проект \$	Ручной проект \$	М.машин \$	Планировочные процедуры \$	Закупка детали, подбора \$	Запасные чертежи \$	Специальные материалы \$	Компьютерный проект \$	Пределный проект \$	Клиентский проект \$	Ручной проект \$	М.машин \$	Планировочные процедуры \$	Закупка детали, подбора \$	Запасные чертежи \$	Специальные материалы \$	Компьютерный проект \$	Пределный проект \$	Клиентский проект \$	Ручной проект \$	М.машин \$	Планировочные процедуры \$	Закупка детали, подбора \$	Запасные чертежи \$	Специальные материалы \$	Компьютерный проект \$	Пределный проект \$	Клиентский проект \$	Ручной проект \$	М.машин \$	Планировочные процедуры \$	Закупка детали, подбора \$	Запасные чертежи \$	Специальные материалы \$	Компьютерный проект \$	Пределный проект \$	Клиентский проект \$	Ручной проект \$	М.машин \$	Планировочные процедуры \$	Закупка детали, подбора \$	Запасные чертежи \$	Специальные материалы \$	Компьютерный проект \$	Пределный проект \$	Клиентский проект \$	Ручной проект \$	М.машин \$	Планировочные процедуры \$	Закупка детали, подбора \$	Запасные чертежи \$	Специальные материалы \$	Компьютерный проект \$	Пределный проект \$	Клиентский проект \$	Ручной проект \$	М.машин \$	Планировочные процедуры \$	Закупка детали, подбора \$	Запасные чертежи \$	Специальные материалы \$	Компьютерный проект \$	Пределный проект \$	Клиентский проект \$	Ручной проект \$	М.машин \$	Планировочные процедуры \$	Закупка детали, подбора \$	Запасные чертежи \$	Специальные материалы \$	Компьютерный проект \$	Пределный проект \$	Клиентский проект \$	Ручной проект \$	М.машин \$	Планировочные процедуры \$	Закупка детали, подбора \$	Запасные чертежи \$	Специальные материалы \$	Компьютерный проект \$	Пределный проект \$	Клиентский проект \$	Ручной проект \$	М.машин \$	Планировочные процедуры \$	Закупка детали, подбора \$	Запасные чертежи \$	Специальные материалы \$	Компьютерный проект \$	Пределный проект \$	Клиентский проект \$	Ручной проект \$	М.машин \$	Планировочные процедуры \$	Закупка детали, подбора \$	Запасные чертежи \$	Специальные материалы \$	Компьютерный проект \$	Пределный проект \$	Клиентский проект \$	Ручной проект \$	М.машин \$	Планировочные процедуры \$	Закупка детали, подбора \$	Запасные чертежи \$	Специальные материалы \$	Компьютерный проект \$	Пределный проект \$	Клиентский проект \$	Ручной проект \$	М.машин \$	Планировочные процедуры \$	Закупка детали, подбора \$	Запасные чертежи \$	Специальные материалы \$	Компьютерный проект \$	Пределный проект \$	Клиентский проект \$	Ручной проект \$	М.машин \$	Планировочные процедуры \$	Закупка детали, подбора \$	Запасные чертежи \$	Специальные материалы \$	Компьютерный проект \$	Пределный проект \$	Клиентский проект \$	Ручной проект \$	М.машин \$	Планировочные процедуры \$	Закупка детали, подбора \$	Запасные чертежи \$	Специальные материалы \$	Компьютерный проект \$	Пределный проект \$	Клиентский проект \$	Ручной проект \$	М.машин \$	Планировочные процедуры \$	Закупка детали, подбора \$	Запасные чертежи \$	Специальные материалы \$	Компьютерный проект \$	Пределный проект \$	Клиентский проект \$	Ручной проект \$	М.машин \$	Планировочные процедуры \$	Закупка детали, подбора \$	Запасные чертежи \$	Специальные материалы \$	Компьютерный проект \$	Пределный проект \$	Клиентский проект \$	Ручной проект \$	М.машин \$	Планировочные процедуры \$	Закупка детали, подбора \$	Запасные чертежи \$	Специальные материалы \$	Компьютерный проект \$	Пределный проект \$	Клиентский проект \$	Ручной проект \$	М.машин \$	Планировочные процедуры \$	Закупка детали, подбора \$	Запасные чертежи \$	Специальные материалы \$	Компьютерный проект \$	Пределный проект \$	Клиентский проект \$	Ручной проект \$	М.машин \$	Планировочные процедуры \$	Закупка детали, подбора \$	Запасные чертежи \$	Специальные материалы \$	Компьютерный проект \$	Пределный проект \$	Клиентский проект \$	Ручной проект \$	М.машин \$	Планировочные процедуры \$	Закупка детали, подбора \$	Запасные чертежи \$	Специальные материалы \$	Компьютерный проект \$	Пределный проект \$	Клиентский проект \$	Ручной проект \$	М.машин \$	Планировочные процедуры \$	Закупка детали, подбора \$	Запасные чертежи \$	Специальные материалы \$	Компьютерный проект \$	Пределный проект \$	Клиентский проект \$	Ручной проект \$	М.машин \$	Планировочные процедуры \$	Закупка детали, подбора \$	Запасные чертежи \$	Специальные материалы \$	Компьютерный проект \$	Пределный проект \$	Клиентский проект \$	Ручной проект \$	М.машин \$	Планировочные процедуры \$	Закупка детали, подбора \$	Запасные чертежи \$	Специальные материалы \$	Компьютерный проект \$	Пределный проект \$	Клиентский проект \$	Ручной проект \$	М.машин \$	Планировочные процедуры \$	Закупка детали, подбора \$	Запасные чертежи \$	Специальные материалы \$	Компьютерный проект \$	Пределный проект \$	Клиентский проект \$	Ручной проект \$	М.машин \$	Планировочные процедуры \$	Закупка детали, подбора \$	Запасные чертежи \$	Специальные материалы \$	Компьютерный проект \$	Пределный проект \$	Клиентский проект \$	Ручной проект \$	М.машин \$	Планировочные процедуры \$	Закупка детали, подбора \$	Запасные чертежи \$	Специальные материалы \$	Компьютерный проект \$	Пределный проект \$	Клиентский проект \$	Ручной проект \$	М.машин \$	Планировочные процедуры \$	Закупка детали, подбора \$	Запасные чертежи \$	Специальные материалы \$	Компьютерный проект \$	Пределный проект \$	Клиентский проект \$	Ручной проект \$	М.машин \$	Планировочные процедуры \$	Закупка детали, подбора \$	Запасные чертежи \$	Специальные материалы \$	Компьютерный проект \$	Пределный проект \$	Клиентский проект \$	Ручной проект \$	М.машин \$	Планировочные процедуры \$	Закупка детали, подбора \$	Запасные чертежи \$	Специальные материалы \$	Компьютерный проект \$	Пределный проект \$	Клиентский проект \$	Ручной проект \$	М.машин \$	Планировочные процедуры \$	Закупка детали, подбора \$	Запасные чертежи \$	Специальные материалы \$	Компьютерный проект \$	Пределный проект \$	Клиентский проект \$	Ручной проект \$	М.машин \$	Планировочные процедуры \$	Закупка детали, подбора \$	Запасные чертежи \$	Специальные материалы \$	Компьютерный проект \$	Пределный проект \$	Клиентский проект \$	Ручной проект \$	М.машин \$	Планировочные процедуры \$	Закупка детали, подбора \$	Запасные чертежи \$	Специальные материалы \$	Компьютерный проект \$	Пределный проект \$	Клиентский проект \$	Ручной проект \$	М.машин \$	Планировочные процедуры \$	Закупка детали, подбора \$	Запасные чертежи \$	Специальные материалы \$	Компьютерный проект \$	Пределный проект \$	Клиентский проект \$	Ручной проект \$	М.машин \$	Планировочные процедуры \$	Закупка детали, подбора \$	Запасные чертежи \$	Специальные материалы \$	Компьютерный проект \$	Пределный проект \$	Клиентский проект \$	Ручной проект \$	М.машин \$	Планировочные процедуры \$	Закупка детали, подбора \$	Запасные чертежи \$	Специальные материалы \$	Компьютерный проект \$	Пределный проект \$	Клиентский проект \$	Ручной проект \$	М.машин \$	Планировочные процедуры \$	Закупка детали, подбора \$	Запасные чертежи \$	Специальные материалы \$	Компьютерный проект \$	Пределный проект \$	Клиентский проект \$	Ручной проект \$	М.машин \$	Планировочные процедуры \$	Закупка детали, подбора \$	Запасные чертежи \$	Специальные материалы \$	Компьютерный проект \$	Пределный проект \$	Клиентский проект \$	Ручной проект \$	М.машин \$	Планировочные процедуры \$	Закупка детали, подбора \$	Запасные чертежи \$	Специальные материалы \$	Компьютерный проект \$	Пределный проект \$	Клиентский проект \$	Ручной проект \$	М.машин \$	Планировочные процедуры \$	Закупка детали, подбора \$	Запасные чертежи \$	Специальные материалы \$	Компьютерный проект \$	Пределный проект \$	Клиентский проект \$	Ручной проект \$	М.машин \$	Планировочные процедуры \$	Закупка детали, подбора \$	Запасные чертежи \$	Специальные материалы \$	Компьютерный проект \$	Пределный проект \$	Клиентский проект \$	Ручной проект \$	М.машин \$	Планировочные процедуры \$	Закупка детали, подбора \$	Запасные чертежи \$	Специальные материалы \$	Компьютерный проект \$	Пределный проект \$	Клиентский проект \$	Ручной проект \$	М.машин \$	Планировочные процедуры \$	Закупка детали, подбора \$	Запасные чертежи \$	Специальные материалы \$	Компьютерный проект \$	Пределный проект \$	Клиентский проект \$	Ручной проект \$	М.машин \$	Планировочные процедуры \$	Закупка детали, подбора \$	Запасные чертежи \$	Специальные материалы \$	Компьютерный проект \$	Пределный проект \$	Клиентский проект \$	Ручной проект \$	М.машин \$	Планировочные процедуры \$	Закупка детали, подбора \$	Запасные чертежи \$	Специальные материалы \$	Компьютерный проект \$	Пределный проект \$	Клиентский проект \$	Ручной проект \$	М.машин \$	Планировочные процедуры \$	Закупка детали, подбора \$	Запасные чертежи \$	Специальные материалы \$	Компьютерный проект \$	Пределный проект \$	Клиентский проект \$	Ручной проект \$	М.машин \$	Планировочные процедуры \$	Закупка детали, подбора \$	Запасные чертежи \$	Специальные материалы \$	Компьютерный проект \$	Пределный проект \$	Клиентский проект \$	Ручной проект \$	М.машин \$	Планировочные процедуры \$	Закупка детали, подбора \$	Запасные чертежи \$	Специальные материалы \$	Компьютерный проект \$	Пределный проект \$	Клиентский проект \$	Ручной проект \$	М.машин \$	Планировочные процедуры \$	Закупка детали, подбора \$	Запасные чертежи \$	Специальные материалы \$	Компьютерный проект \$	Пределный проект \$	Клиентский проект \$	Ручной проект \$	М.машин \$	Планировочные процедуры \$	Закупка детали, подбора \$	Запасные чертежи \$	Специальные материалы \$	Компьютерный проект \$	Пределный проект \$	Клиентский проект \$	Ручной проект \$	М.машин \$	Планировочные процедуры \$	Закупка детали, подбора \$	Запасные чертежи \$	Специальные материалы \$	Компьютерный проект \$	Пределный проект \$	Клиентский проект \$	Ручной проект \$	М.машин \$	Планировочные процедуры \$	Закупка детали, подбора \$	Запасные чертежи \$	Специальные материалы \$	Компьютерный проект \$	Пределный проект \$	Клиентский проект \$	Ручной проект \$	М.машин \$	Планировочные процедуры \$	Закупка детали, подбора \$	Запасные чертежи \$	Специальные материалы \$	Компьютерный проект \$	Пределный проект \$	Клиентский проект \$	Ручной проект \$	М.машин \$	Планировочные процедуры \$	Закупка детали, подбора \$	Запасные чертежи \$	Специальные материалы \$	Компьютерный проект \$	Пределный проект \$	Клиентский проект \$	Ручной проект \$	М.машин \$	Планировочные процедуры \$	Закупка детали, подбора \$	Запасные чертежи \$	Специальные материалы \$	Компьютерный проект \$	Пределный проект \$	Клиентский проект \$	Ручной проект \$	М.машин \$	Планировочные процедуры \$	Закупка детали, подбора \$	Запасные чертежи \$	Специальные материалы \$	Компьютерный проект \$	Пределный проект \$	Клиентский проект \$	Ручной проект \$	М.машин \$	Планировочные процедуры \$	Закупка детали, подбора \$	Запасные чертежи \$	Специальные материалы \$	Компьютерный проект \$	Пределный проект \$	Клиентский проект \$	Ручной проект \$	М.машин \$	Планировочные процедуры \$	Закупка детали, подбора \$	Запасные чертежи \$	Специальные материалы \$	Компьютерный проект \$	Пределный проект \$	Клиентский проект \$	Ручной проект \$	М.машин \$	Планировочные процедуры \$	Закупка детали, подбора \$	Запасные чертежи \$	Специальные материалы \$	Компьютерный проект \$	Пределный проект \$	Клиентский проект \$	Ручной проект \$	М.машин \$	Планировочные процедуры \$	Закупка детали, подбора \$	Запасные чертежи \$	Специальные материалы \$	Компьютерный проект \$	Пределный проект \$	Клиентский проект \$	Ручной проект \$	М.машин \$	Планировочные процедуры \$	Закупка детали, подбора \$	Запасные чертежи \$	Специальные материалы \$	Компьютерный проект \$	Пределный проект \$	Клиентский проект \$	Ручной проект \$	М.машин \$	Планировочные процедуры \$	Закупка детали, подбора \$	Запасные чертежи \$	Специальные материалы \$	Компьютерный проект \$	Пределный проект \$	Клиентский проект \$	Ручной проект \$	М.машин \$	Планировочные процедуры \$	Закупка детали, подбора \$	Запасные чертежи \$	Специальные материалы \$	Компьютерный проект \$	Пределный проект \$	Клиентский проект \$	Ручной проект \$	М.машин \$	Планировочные процедуры \$	Закупка детали, подбора \$	Запасные чертежи \$	Специальные материалы \$	Компьютерный проект \$	Пределный проект \$	Клиентский проект \$	Ручной проект \$	М.машин \$	Планировочные процедуры \$	Закупка детали, подбора \$	Запасные чертежи \$	Специальные материалы \$	Компьютерный проект \$	Пределный проект \$	Клиентский проект \$	Ручной проект \$	М.машин \$	Планировочные процедуры \$	Закупка детали, подбора \$	Запасные чертежи \$	Специальные материалы \$	Компьютерный проект \$	Пределный проект \$	Клиентский проект \$	Ручной проект \$	М.машин \$	Планировочные процедуры \$	Закупка детали, подбора \$	Запасные чертежи \$	Специальные материалы \$	Компьютерный проект \$	Пределный проект \$	Клиентский проект \$	Ручной проект \$	М.машин \$	Планировочные процедуры \$	Закупка детали, подбора \$	Запасные чертежи \$	Специальные материалы \$	Компьютерный проект \$	Пределный проект \$	Клиентский проект \$	Ручной проект \$	М.машин \$	Планировочные процедуры \$	Закупка детали, подбора \$	Запасные чертежи \$	Специальные материалы \$	Компьютерный проект \$	Пределный проект \$	Клиентский проект \$	Ручной проект \$	М.машин \$	Планировочные процедуры \$	Закупка детали, подбора \$	Запасные чертежи \$	Специальные материалы \$	Компьютерный проект \$	Пределный проект \$	Клиентский проект \$	Ручной проект \$	М.машин \$	Планировочные процедуры \$	Закупка детали, подбора \$	Запасные чертежи \$	Специальные материалы \$	Компьютерный проект \$	Пределный проект \$	Клиентский проект \$	Ручной проект \$	М.машин \$	Планировочные процедуры \$	Закупка детали, подбора \$	Запасные чертежи \$	Специальные материалы \$	Компьютерный проект \$	Пределный проект \$	Клиентский проект \$	Ручной проект \$	М.машин \$	Планировочные процедуры \$	Закупка детали, подбора \$	Запасные чертежи \$	Специальные материалы \$	Компьютерный проект \$	Пределный проект \$	Клиентский проект \$	Ручной проект \$	М.машин \$	Планировочные процедуры \$	Закупка детали, подбора \$	Запасные чертежи \$	Специальные материалы \$	Компьютерный проект \$	Пределный проект \$	Клиентский проект \$	Ручной проект \$	М.машин \$	Планировочные процедуры \$	Закупка детали, подбора \$	Запасные чертежи \$	Специальные материалы \$	Компьютерный проект \$	Пределный проект \$	Клиентский проект \$	Ручной проект \$	М.машин \$	Планировочные процедуры \$	Закупка детали, подбора \$	Запасные чертежи \$	Специальные материалы \$	Компьютерный проект \$	Пределный проект \$	Клиентский проект \$	Ручной проект \$	М.машин \$	Планировочные процедуры \$	Закупка детали, подбора \$	Запасные чертежи \$	Специальные материалы \$	Компьютерный проект \$	Пределный проект \$	Клиентский проект \$	Ручной проект \$	М.машин \$	Планировочные процедуры \$	Закупка детали, подбора \$	Запасные чертежи \$	Специальные материалы \$	Компьютерный проект \$	Пределный проект \$	Клиентский проект \$	Ручной проект \$	М.машин \$	Планировочные процедуры \$	Закупка детали, подбора \$	Запасные чертежи \$	Специальные материалы \$	Компьютерный проект \$	Пределный проект \$	Клиентский проект \$	Ручной проект \$	М.машин \$	Планировочные процедуры \$	Закупка детали, подбора \$	Запасные чертежи \$	Специальные материалы \$	Компьютерный проект \$	Пределный проект \$	Клиентский проект \$	Ручной проект \$	М.машин \$	Планировочные процедуры \$	Закупка детали, подбора \$	Запасные чертежи \$	Специальные материалы \$	Компьютерный проект \$	Пределный проект \$	Клиентский проект \$	Ручной проект \$	М.машин \$	Планировочные процедуры \$	Закупка детали, подбора \$	Запасные чертежи \$	Специальные материалы \$	Компьютерный проект \$	Пределный проект \$	Клиентский проект \$	Ручной проект \$	М.машин \$	Планировочные процедуры \$	Закупка детали, подбора \$	Запасные чертежи \$	Специальные материалы \$	Компьютерный проект \$	Пределный проект \$	Клиентский проект \$	Ручной проект \$	М.машин \$	Планировочные процедуры \$	Закупка детали, подбора \$	Запасные чертежи \$	Специальные материалы \$	Компьютерный проект \$	Пределный проект \$	Клиентский проект \$	Ручной проект \$	М.машин \$	Планировочные процедуры \$	Закупка детали, подбора \$	Запасные чертежи \$	Специальные материалы \$	Компьютерный проект \$	Пределный проект \$	Клиентский проект \$	Ручной проект \$	М.машин \$	Планировочные процедуры \$	Закупка детали, подбора \$	Запасные чертежи \$	Специальные материалы \$	Компьютерный проект \$	Пределный проект \$	Клиентский проект \$	Ручной проект \$	М.машин \$	Планировочные процедуры \$	Закупка детали, подбора \$	Запасные чертежи \$	Специальные материалы \$	Компьютерный проект \$	Пределный проект \$	Клиентский проект \$	Ручной проект \$	М.машин \$	Планировочные процедуры \$	Закупка детали, подбора \$	Запасные чертежи \$	Специальные материалы \$	Компьютерный проект \$	Пределный проект \$	Клиентский проект \$	Ручной проект \$	М.машин \$	Планировочные процедуры \$	Закупка детали, подбора \$	Запасные чертежи \$	Специальные материалы \$	Компьютерный проект \$	Пределный проект \$	Клиентский проект \$	Ручной проект \$	М.машин \$	Планировочные процедуры \$	Закупка детали, подбора \$	Запасные чертежи \$	Специальные материалы \$	Компьютерный проект \$	Пределный проект \$	Клиентский проект \$	Ручной проект \$	М.машин \$	Планировочные процедуры \$	Закупка детали, подбора \$	Запасные чертежи \$	Специальные материалы \$	Компьютерный проект \$	Пределный проект \$	Клиентский проект \$	Ручной проект \$	М.машин \$	Планировочные процедуры \$	Закупка детали, подбора \$	Запасные чертежи \$	Специальные материалы \$	Компьютерный проект \$	Пределный проект \$	Клиентский проект \$	Ручной проект \$	М.машин \$	Планировочные процедуры \$	Закупка детали, подбора \$	Запасные чертежи \$	Специальные материалы \$	Компьютерный проект \$	Пределный проект \$	Клиентский проект \$	Ручной проект \$	М.машин \$	Планировочные процедуры \$	Закупка детали, подбора \$	Запасные чертежи \$	Специальные материалы \$	Компьютерный проект \$	Пределный проект \$	Клиентский проект \$	Ручной проект \$	М.машин \$	Планировочные процедуры \$	Закупка детали, подбора \$	Запасные чертежи \$	Специальные материалы \$	Компьютерный проект \$	Пределный проект \$	Клиентский проект \$	Ручной проект \$	М.машин \$	Планировочные процедуры \$	Закупка детали, подбора \$	Запасные чертежи \$	Специальные материалы \$	Компьютерный проект \$	Пределный проект \$	Клиентский проект \$	Ручной проект \$	М.машин \$	Планировочные процедуры \$	Закупка детали, подбора \$	Запасные чертежи \$	Специальные материалы \$	Компьютерный проект \$	Пределный проект \$	Клиентский проект \$	Ручной проект \$	М.машин \$	Планировочные процедуры \$	Закупка детали, подбора \$	Запасные чертежи \$	Специальные материалы \$	Компьютерный проект \$	Пределный проект \$	Клиентский проект \$	Ручной проект \$	М.машин \$	Планировочные процедуры \$	Закупка детали, подбора \$	Запасные чертежи \$	Специальные материалы \$	Компьютерный проект \$	Пределный проект \$	Клиентский проект \$	Ручной проект \$	М.машин \$	Планировочные процедуры \$	Закупка детали, подбора \$	Запасные чертежи \$	Специальные материалы \$	Компьютерный проект \$	Пределный проект \$	Клиентский проект \$	Ручной проект \$	М.машин \$	Планировочные процедуры \$	Закупка детали, подбора \$	Запасные чертежи \$	Специальные материалы \$	Компьютерный проект \$	Пределный проект \$	Клиентский проект \$	Ручной проект \$	М.машин \$	Планировочные процедуры \$	Закупка детали, подбора \$	Запасные чертежи \$	Специальные материалы \$	Компьютерный проект \$	Пределный проект \$	Клиентский проект \$	Ручной проект \$	М.машин \$	Планировочные процедуры \$	Закупка детали, подбора \$	Запасные чертежи \$	Специальные материалы \$	Компьютерный проект \$	Пределный проект \$	Клиентский проект \$	Ручной проект \$	М.машин \$	Планировочные процедуры \$	Закупка детали, подбора \$	Запасные чертежи \$	Специальные материалы \$	Компьютерный проект \$	Пределный проект \$	Клиентский проект \$	Ручной проект \$	М.машин \$	Планировочные процедуры \$	Закупка детали, подбора \$	Запасные чертежи \$	Специальные материалы \$	Компьютерный проект \$	Пределный проект \$	Клиентский проект \$	Ручной проект \$	М.машин \$	Планировочные процедуры \$	Закупка детали, подбора \$	Запасные чертежи \$	Специальные материалы \$	Компьютерный проект \$	Пределный проект \$	Клиентский проект \$	Ручной проект \$	М.машин \$	Планировочные процедуры \$	Закупка детали, подбора \$	Запасные чертежи \$	Специальные материалы \$	Компьютерный проект \$	Пределный проект \$	Клиентский проект \$	Ручной проект \$	М.машин \$	Планировочные процедуры \$	Закупка детали, подбора \$	Запасные чертежи \$	Специальные материалы \$	Компьютерный проект \$	Пределный проект \$	Клиентский проект \$	Ручной проект \$	М.машин \$	Планировочные процедуры \$	Закупка детали, подбора \$	Запасные чертежи \$	Специальные материалы \$	Компьютерный проект \$	Пределный проект \$	Клиентский проект \$	Ручной проект \$	М.машин \$	Планировочные процедуры \$	Закупка детали, подбора \$	Запасные чертежи \$	Специальные материалы \$	Компьютерный проект \$	Пределный проект \$	Клиентский проект \$	Ручной проект \$	М.машин \$</

Рис.2.1. Визначення вартості катера

2.3. Географічний простір та погодні умови корабельних операцій.

Рятувальний катер, розроблений у межах даної роботи, призначений для експлуатації на внутрішніх водах України. До таких належать річки, канали, водосховища, озера та лимани, а також прибережні ділянки великих водойм. Найбільш інтенсивно використовувані водні шляхи зосереджені в басейнах річок Дніпро, Південний Буг, Дністер та на Дніпровському каскаді водосховищ. (Рис. 2.10.1)



Рис. 2.10.1 Карта внутрішніх вод України

Кліматичні умови басейнів річок України формуються під впливом географічного положення країни, різноманітності рельєфу та циркуляції повітряних мас. Більшість території розташована в зоні помірного клімату з вираженою сезонністю, що визначає водний режим річок і озер. Значну роль відіграє надходження циклонів із Атлантики та північних районів Європи, які приносять опади та сприяють формуванню паводків у холодний період.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

25.MP.135.6112м.08.ПЗ.02

Арк.

22

У літній сезон переважають повітряні маси континентального походження, що обумовлюють підвищення температури, зменшення кількості опадів і, як наслідок, літню межень на більшості річок рівнинної частини України.

Суттєва просторово-часова мінливість кліматичних характеристик визначає і гідрологічні особливості різних басейнів. Річки Карпатського регіону мають переважно дощово-снігове живлення, тому їхній режим характеризується значною мінливістю та частими паводками протягом року; у той час як водні об'єкти Лісостепу та Степу більш залежні від танення снігу навесні. Зменшення опадів у південній частині України зумовлює маловодність та підвищену чутливість до посушливих періодів. Важливим чинником є й температура повітря. Зимові морози спричиняють формування льодового покриву на річках і водосховищах, що істотно впливає на умови судноплавства, водоспоживання та екологічний стан. Проте в останні десятиліття спостерігаються загальні тенденції до скорочення тривалості льодоставу й зменшення водності в теплі періоди, що пов'язано зі змінами клімату. Підвищення температури збільшує випаровування, а нерівномірність випадіння опадів посилює ризики маловоддя та гідрологічних екстремальних явищ.

Гідрологічний режим річок України визначається сезонною чергованістю періодів водності, характером живлення та морфологією русла. Найважливішим фактором є весняне водопілля, яке формується внаслідок інтенсивного танення снігу. Для більшості річок воно забезпечує до 60–70 % річного стоку. Літній період переважно характеризується низьким рівнем води, хоча у гірських районах можливі короточасні паводки, зумовлені сильними дощами. Осінній сезон інколи супроводжується підвищенням водності під впливом циклонів і зростанням кількості опадів. Узимку спостерігається льодостав, товщина льоду залежить від температурних умов конкретного року.

					25.МР.135.6112м.08.ПЗ.02	Арк.
						23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

У басейні Дніпра, найбільшої річкової системи України, гідрологічний режим значною мірою трансформований каскадом водосховищ. Згладжування природних піків та регулювання стоку сприяє стабілізації рівнів води, проте також змінює природні умови нересту, формування заплавних екосистем і хід льодових процесів. Річки басейну Дністра та Південного Бугу мають переважно дощово-снігове живлення, що обумовлює їхню нерівномірну водність у різні сезони року. У Карпатському регіоні різкі коливання рівнів води пов'язані з крутим схиловим рельєфом і швидким стоком.

Особливістю річок степової зони є значна залежність гідрологічного режиму від атмосферної посушливості. Невеликі річки влітку іноді міліють або переходять у роз'єднані плеса, тоді як у роки з достатніми опадами можливе короткочасне різке підвищення рівнів. Крім природних чинників, важливу роль відіграє господарська діяльність — водозабір, будівництво гідротехнічних споруд, меліорація, які змінюють перебіг стоку та структуру водного балансу.

Льодові явища у внутрішніх водах України проявляються переважно в холодний період року та включають утворення заберегів, шуги, льодових заторів і суцільного льодоставу. На півночі та в центральних областях тривалість льодового покриву може становити понад два місяці, тоді як на півдні вона значно коротша. Найбільш раннє льодоутворення характерне для дрібних річок та водосховищ із невеликою глибиною. Великі водні об'єкти — зокрема Кременчуцьке або Каховське водосховища — замерзають пізніше через значну теплоємність водної маси.

Сезонні коливання водності пов'язані як із режимом опадів, так і з особливостями рельєфу та водозбору. У весняний період відбувається найбільше підвищення рівнів води внаслідок танення снігу; у цей час формуються найпотужніші водопілля. Літня межень часто супроводжується прогріванням води, зростанням випаровування та зниженням прозорості через розвиток

					25.МР.135.6112м.08.ПЗ.02	Арк.
						24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

фітопланктону. У гірських районах можливі так звані «дощові паводки», які утворюються за короткий час і можуть досягати значної величини.

В осінній період водність річок частково відновлюється завдяки збільшенню кількості опадів. Зимовий сезон, окрім формування льоду, характеризується невеликими коливаннями рівнів через зменшення стоку та переважання підземного живлення. У роки з теплими зимами можливе формування нестійкого льодоставу, часті скресання та повторне замерзання, що ускладнює умови експлуатації гідротехнічних споруд і роботи водного транспорту.

					25.МР.135.6112м.08.ПЗ.02	Арк.
						25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.4. Модель інженерно-навігаційних властивостей катера [4].

Модель інженерно-навігаційних властивостей катера являє собою багатокомпонентну систему, параметри якої визначаються конструктивними особливостями судна — його довжиною L , шириною B , осадкою d , висотою борту D коефіцієнтів повноти C_b, C_w, C_m швидкості ходу v_s і параметрів силової установки, а також від параметрів систем і устаткування судна.

До інженерних характеристик належать міцність і місткість, тоді як до навігаційних (морехідних) відносять такі якості, як плавучість, остійність, непотоплюваність, керованість, ходовість і загальна морехідність.

Під місткістю розуміють необхідний об'єм внутрішніх приміщень і площу палуб, достатні для розміщення обладнання, механізмів, систем та можливого вантажу.

Обов'язкова умова виконання:

наявні обсяги V_c і площі A_c були не менш $|V_c|$ і $|A_c|$, необхідних для розміщення обладнання і вантажів на судні, вважається достатнім, якщо виконуються наступні нерівності:

$$V_c \geq |V_c|$$

$$A_c \geq |A_c|$$

Міцність. Напруження, що виникають у конструкційних елементах корпусу судна під дією експлуатаційних навантажень, не повинні перевищувати допустимих значень.

$$\sigma_c \leq |\sigma_c|$$

Рівновага сил мас. Установлене положення рівноваги судна на спокійній воді досягається тоді, коли маса за ESWBS урівноважується силою плавучості.

$$i=1 \sum 7gW_{i00} + gWF = \rho g L B d C_b$$

Непотоплюваність. Основною умовою є наступна:

$$R > |R|$$

де R — імовірнісний показник розподілу корпусу судна на відсіки,

$|R|$ — допустиме значення показника

					25.MP.135.6112м.08.ПЗ.02	Арк.
						26
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Остійність. За великих кутів крену та диференту судно повинно відповідати вимогам погодних критеріїв і обмеженням, наведеним на діаграмі остійності.

$$h_0 > 0.05m$$

$$\theta_m > 30^\circ$$

$$\theta_v > 60^\circ$$

Ходовість. Рівність буксирувальної потужності ЕНР потужності енергетичної установки судна N_E на пропульсивний коефіцієнт η , що є ККД рушійного комплексу.

$$EHP = \eta NE$$

Керованість. Стійкість курсового руху гарантується використанням відповідних засобів управління та орієнтації судна.

Повна маневреність при умові:

- діаметр сталої циркуляції судна є не більше необхідного

$$D_c = |D_c|$$

Морехідність. Вимоги щодо життєздатності судна та нормальної роботи обладнання під впливом хвиль і вітру в районі плавання виконуються, якщо переміщення s , швидкість $\dot{s}$ та прискорення $\ddot{s}$ під час руху судна не перевищуються встановлення допустимі значення.

$$s < |s| \text{—умова для переміщення}$$

$$\dot{s} < |\dot{s}| \text{—швидкість}$$

$$\ddot{s} < |\ddot{s}| \text{—прискорення}$$

2.5. Опис алгоритму вирішення задачі оптимізації [1].

Для визначення основних характеристик рятувального катера, призначеного для виконання аварійно-рятувальних робіт на внутрішніх водних шляхах України, необхідно врахувати статистику подій, які виникають на річках, каналах та водосховищах. Аналіз даних Державної морської інспекції з безпеки судноплавства свідчить, що за останні п'ять років у внутрішніх водах України траплялася значна кількість інцидентів, значна частина яких має навігаційний характер.

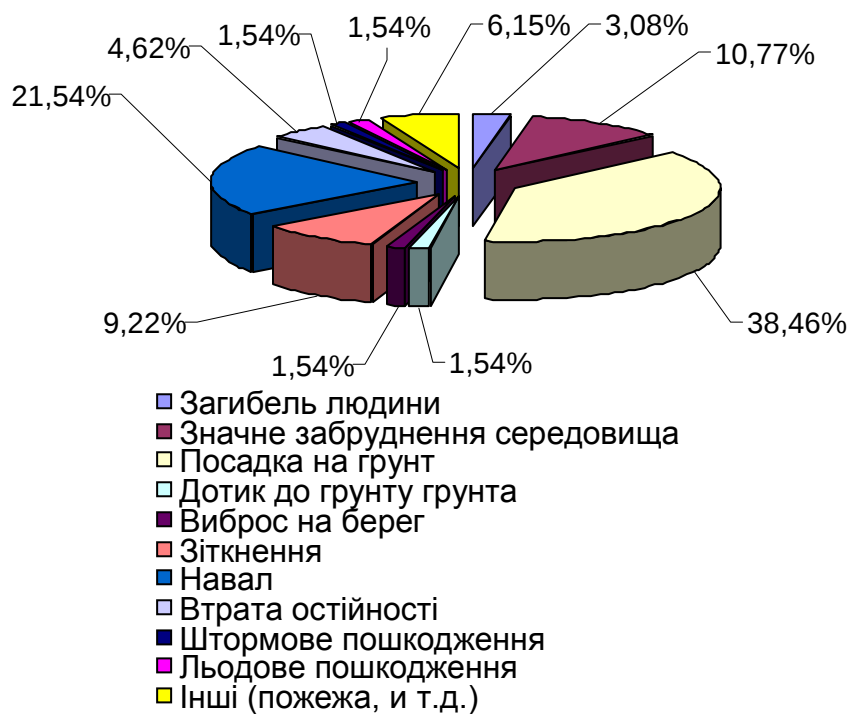
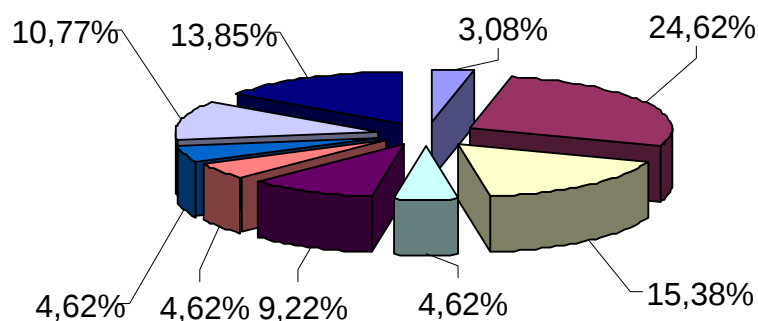


Рис. 2.11. Розподіл морських аварій за типами в економічній зоні України у період 1999–2003.

Статистика показує, що серед основних видів аварійності переважають посадки на мілину — близько 25 серйозних випадків, що складає приблизно 38% від усіх навігаційних подій. Найбільш складними з погляду безпеки визнаються окремі ділянки внутрішніх шляхів, де спостерігається підвищена кількість аварій, пов'язаних із посадками на мілину та зіткненнями з ґрунтом.

У зонах відповідальності навігаційних служб частка таких подій може досягати понад 24%, причому більшість становлять саме посадки на мілину.



- Українська судноплавна ділянка річки Дунай
- Херсонський морський та Бузько-Дніпровсько-Ліманський канал
- Південно – західна частина Чорного моря (район №1)
- Південно – західна частина Чорного моря (район №2)
- Південно – західна частина Чорного моря (район №2)
- Феодосійський район
- Українська частина Керченської протоки
- Українська частина Азовського моря

Рис. 2.12. Розподіл морських навігаційних аварій за регіональним принципом у районах морської економічної зони України.

На основі статистики аварійності у районі майбутнього рятувального обслуговування можна сформулювати вихідні дані для проектування:

- характеристики потоку аварій: тимчасовий потік із розподілом Пуассона та середнім числом аварій на рік $a = 20,6$;
- Імовірність появи типу аварії в районі: тип 1: 41,5%; тип 2: 32,28%; тип 3: 6,15 %.
- габарити району $L_p \times B_p = 150 \times 120$ миль;
- розположення АС у районі обслуговування: щільність ймовірності місць аварій по координаті ξ визначаються значеннями $\mu_{\xi A1} = 5$; $\sigma_{\xi A1} = 25$, по η – зі значеннями $\eta_{A1.0.5} = 15$; $\sigma_{\eta A1}^2 = 2$;

– закон розподілу водотоннажностей аварійних суден: Бета, $\alpha = 1,5$; $\beta = 7,3$;

$$\Delta_{\max}^* = 50000 \text{ т}, \Delta_{\min}^* = 100 \text{ т}.$$

Для вирішення проблеми дослідження, розробки та охорони ресурсів морського басейну Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова розробив комплексний метод вивчення функціонування рухомих морських об'єктів, оцінюючи функціонування за критеріями продуктивності та надійності.

Оптимізаційна задача полягає у застосуванні цього комплексного методу для розробки концептуального проєкту рятувального катера, оцінювання його експлуатаційної ефективності та визначення оптимальних параметрів конструкції й обладнання. Умови експлуатації задаються характеристиками вітру, течій, рівня води, хвилювання у водосховищах та інших специфічних факторів внутрішніх вод.

Аналіз виконується за допомогою оптимізаційного алгоритму, у якому цільова функція базується на обраному критерії ефективності чи надійності. Програмний комплекс дозволяє розрахувати необхідні основні розміри та параметри катера, враховуючи його функціональне призначення. Розглядувані рятувальні катери призначені для роботи на внутрішніх водах, виконання аварійно-рятувальних операцій, допомоги людям у надзвичайних ситуаціях та ліквідації пожеж на суднах і берегових об'єктах.

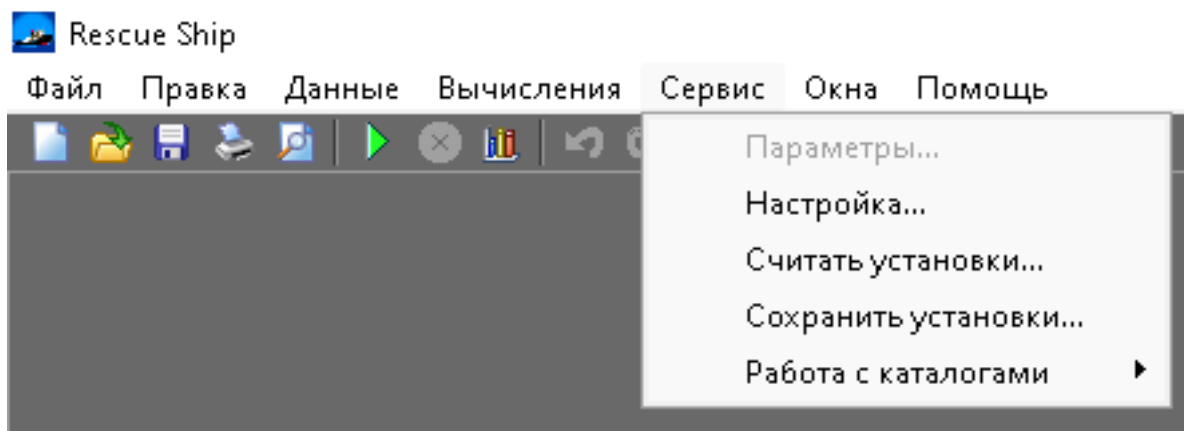


Рис. 2.13. Вікно програми оптимізації

Исходные данные

Задание на проектирование Дополнительные данные

Количество водяных лафетных стволов

Расход воды через пожарные стволы (м3/ч)

Количество пенных лафетных стволов

Расход пены через пожарные стволы (м3/ч)

OK Отмена

Рис. 2.14. Вікно проектного завдання

Данные по зоне спасательного обслуживания

Детерминированные

Длина зоны обслуживания, миль

Ширина зоны обслуживания, миль

Случайные

Число аварийно-спасательных операций в год >>

Водоизмещение аварийного судна, т >>

Распределение места АС типа 1 по длине района >>

Распределение места АС типа 2 по длине района >>

Распределение места АС типа 3 по длине района >>

Распределение места АС типа 1 по ширине района >>

Распределение места АС типа 2 по ширине района >>

Распределение места АС типа 3 по ширине района >>

Параметры долговременного распределения >>

Параметры скорости ветра на высоте 10 м >>

OK Отмена

Рис. 2.15. Вікно даних області експлуатації

Parameters of solution search

Parameters Variables Values

Number of Variables 6 Penalty for non-discreteness 0.01000000

Initial Step 0.10000 Exactness for Integralness 0.00100000

Penalty Coefficient 0.10000000 Parameter for b-function 2.14000

Exactness of Calculation 0.10000000 ☒ Convergence

Search ☐ Maximum ☒ Minimum Discreteness of Variables ☒ No ☐ Yes

Output of Results ☐ Do not ☐ Drawn by Iterations ☒ Results of Iterations and Tolerance Values

Ok Cancel

Рис.2.16. Вікно даних параметрів оптимізації

Выбор ограничений

Выбор ограничений Установка значений

☒ Максимальная дальность плавания, миль
☒ Максимальная длина судна, м
☒ Максимальная ширина судна, м
☒ Максимальная осадка судна, м
☒ Максимальная высота борта судна, м
☒ Максимальное L/B
☒ Максимальное B/T
☒ Максимальное H/T
☒ Максимальное значение коэффициента общей полноты
☒ Максимальная погрешность расчета объема корпуса, %
☒ Максимальная погрешность расчета водоизмещения, %
☒ Максимальная скорость полного хода, уз.
☒ Максимальная мощность двигателей, кВт
☒ Максимальное значения показателя эффективности
☒ Минимальная дальность плавания, миль
☒ Минимальная длина судна, м
☒ Минимальная ширина судна, м
☒ Минимальная осадка судна, м
☒ Минимальная высота борта судна, м
☒ Минимальное L/B
☒ Минимальное B/T
☒ Минимальное H/T
☒ Минимальное значение коэффициента общей полноты
☒ Минимальная скорость полного хода, уз.
☒ Минимальная мощность двигателей, кВт

Очистить Выбрать все

OK Отмена

Рис.2.17. Вікно вибору мінімальних та максимальних значень

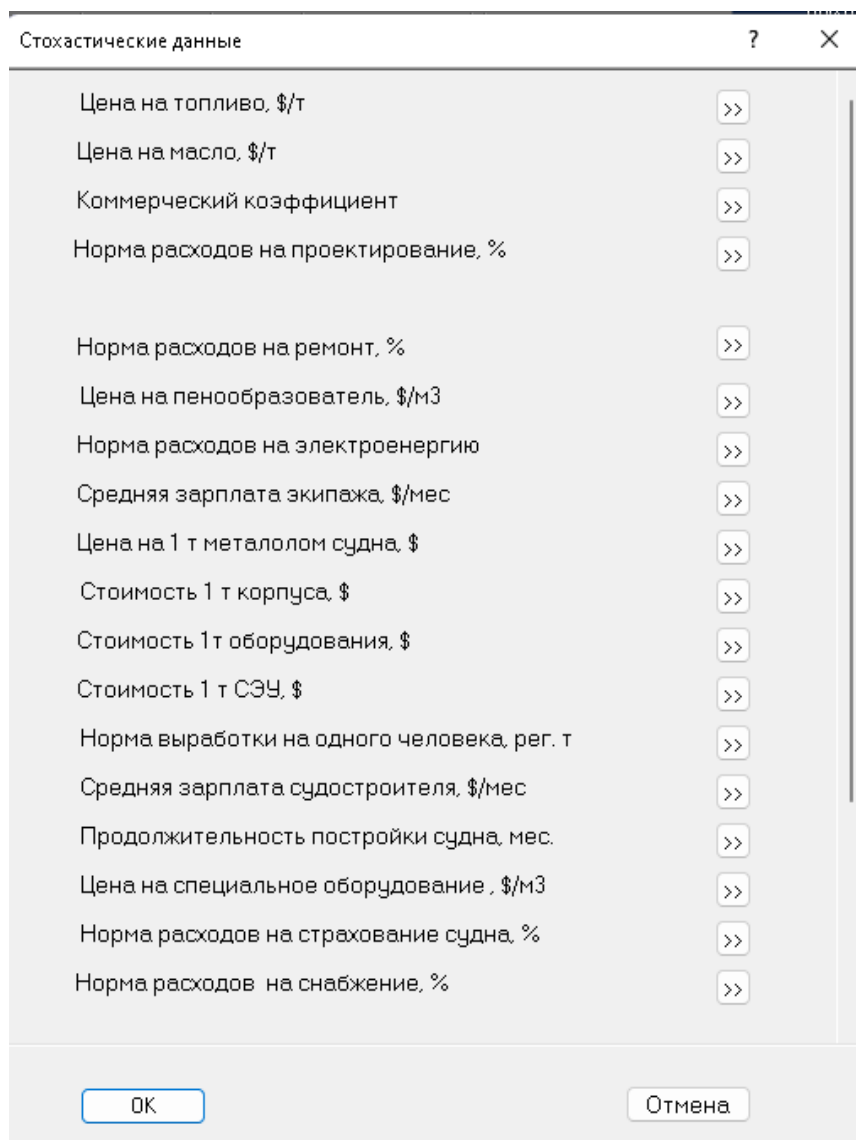


Рис. 2.18. Стохастичні дані економічної частини

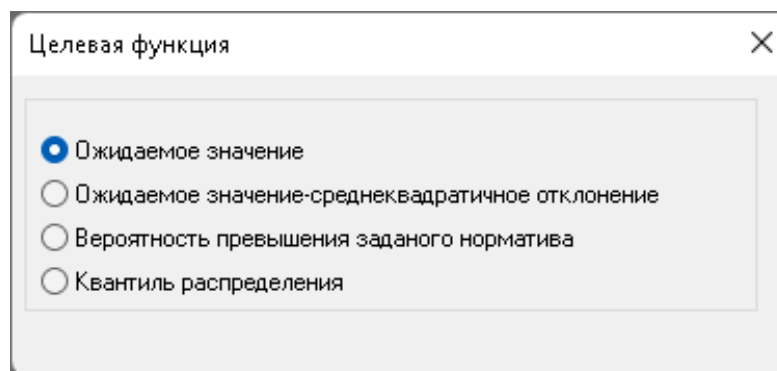


Рис.2.19. Вікно вибору цільової функції

2.6. Концептуальный проект катера [1, 10].

РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТА:	
***** Задание на проектирование *****	
Автономность плавания.....	1 сут
Экипаж.....	3 чел
Мореходность.....	4 баллов
Тип энергетической установки.....	высокооборотный
Количество двигателей.....	2
Количество водяных лафетных стволов.....	1
Расход воды через пожарные стволы.....	750 л/с
Количество пенных лафетных стволов.....	1
Расход пены через пожарные стволы.....	300 л/с

Рис. 2.20. У результаті роботи оптимізаційної програми отримано наступні характеристики концептуального рятувального катера

ЭКСПЛУАТАЦИОННО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ СУДНА:	
Стоимость проектирования судна, млн. \$.....	0.049
Стоимость судна, млн. \$.....	0.390
Годовые эксплуатационные расходы, млн. \$.....	0.155
Эксплуатационные расходы на жизненный цикл судна, млн. \$.....	3.877
Общие затраты на постройку и эксплуатацию судна, млн. \$.....	4.321
Критерий "Затраты-Эффективность"	4.913
Вероятность прибытия СС на место аварии АС (посадка на мель)	0.985
Вероятность прибытия СС на место аварии АС (потеря управления).....	0.932
Вероятность прибытия СС на место аварии АС (пожар)	0.958
Вероятность снятия АС с мели	0.985
Вероятность водотушения	0.443
Вероятность пенотушения	0.454
Вероятность буксировки АС в базу.....	1.000
Эффективность выполнения совокупности спасательных задач.....	0.877

Рис. 2.30. Оптимізовані показники ефективності та надійності проекту

ХАРАКТЕРИСТИКИ СУДНА:

Длина судна, м.....	23.98
Ширина, м.....	5.21
Осадка, м.....	1.04
Высота борта, м.....	2.89
Коэффициент общей полноты C_b	0.460
Коэффициент полноты мидель-шпангоута C_m	0.799
Коэффициент полноты ватерлинии C_w	0.864
Объемное водоизмещение	59.829
Объем корпуса	299.084
Тяга на гаке, кН.....	201.117
Марка ГД.....	3508В НР
Максимальная длительная мощность одного двигателя, кВт.....	1044.00
Максимальная скорость V_s , уз.....	23.00
Экономическая скорость V_p уз.....	21.85
Масса конструкций, т.....	6.71
Масса энергетической установки, т.....	8.52
Масса электрической установки, т.....	3.50
Масса систем управления и навигации, т.....	0.12
Масса вспомогательных систем, т.....	1.10
Масса судового оборудования и фурнитуры, т.....	3.07
Масса специального оборудования для оказания помощи АС, т.....	0.55
Водоизмещение порожнем, т.....	23.572
Масса экипажа, провизии и снабжения, т.....	2.890
Масса запасов пресной воды, т.....	0.45
Масса запасов пенообразователя, т.....	4.95
Масса запасов топлива, масла, т.....	10.28
Масса команды и снаряжения лоцманов, т.....	19.000
Дедвейт, т.....	37.565
Водоизмещение полное, т.....	61.138
Апplikата ЦТ судна, м.....	1.844
Апplikата ЦВ судна, м.....	0.686
Поперечный метацентрический радиус, м.....	3.708
Начальная метацентрическая высота.....	2.550
Угол заката ДСО, град.....	90.301
Максимальное плечо ДСО, м.....	0.682
Угол, соответствующий максимальному плечу, град.....	25.000
Критерий остойчивости.....	7.035
Период свободных бортовых колебаний, с.....	3.704

Рис. 2.31. Характеристики концептуального проекту рятувального катера

ОГРАНИЧЕНИЯ:

Наименование	Расчетное	Допустимое
1 Максимальная дальность плавания, миль.....	524.400	700.000
2 Максимальная длина судна, м.....	23.979	35.000
3 Максимальная ширина судна, м.....	5.214	6.500
4 Максимальная осадка судна, м.....	1.041	1.700
5 Максимальная высота борта судна, м.....	2.887	4.500
6 Максимальное L/B.....	4.599	7.500
7 Максимальное В/Т.....	5.011	8.000
8 Максимальное Н/Т.....	2.774	6.000
9 Максимальное значение коэффициента общей полноты.....	0.460	0.500
10 Максимальная погрешность расчета объема корпуса, %.....	15.032	15.000
11 Максимальная погрешность расчета водоизмещения, %.....	0.307	1.000
12 Максимальная скорость полного хода, уз.....	23.000	25.000
13 Максимальная мощность двигателей, кВт.....	2059.379	8000.000
14 Максимальное значения показателя эффективности.....	0.877	1.000
15 Минимальная дальность плавания, миль.....	524.400	150.000
16 Минимальная длина судна, м.....	23.979	25.000
17 Минимальная ширина судна, м.....	5.214	5.000
18 Минимальная осадка судна, м.....	1.041	0.600
19 Минимальная высота борта судна, м.....	2.887	3.000
20 Минимальное L/B.....	4.599	4.000
21 Минимальное В/Т.....	5.011	2.000
22 Минимальное Н/Т.....	2.774	2.300
23 Минимальное значение коэффициента общей полноты.....	0.460	0.350
24 Минимальная скорость полного хода, уз.....	23.000	23.000
25 Минимальная мощность двигателей, кВт.....	2059.379	500.000
26 Минимальное значения показателя эффективности.....	0.877	0.500
27 Минимальная метацентрическая высота, м.....	2.550	0.150
28 Минимальное плечо максимума ДСО, м.....	0.682	0.250
29 Минимальный угол максимума ДСО, град.....	25.000	35.000
30 Минимальный угол заката ДСО, град.....	90.301	60.000
31 Минимальное значение критерия остойчивости > 1.....	7.035	1.000
32 Минимальный период качки, с.....	3.704	4.000

Рис. 2.32. Розрахункові значення та обмеження оптимізованих показників ефективності проекту

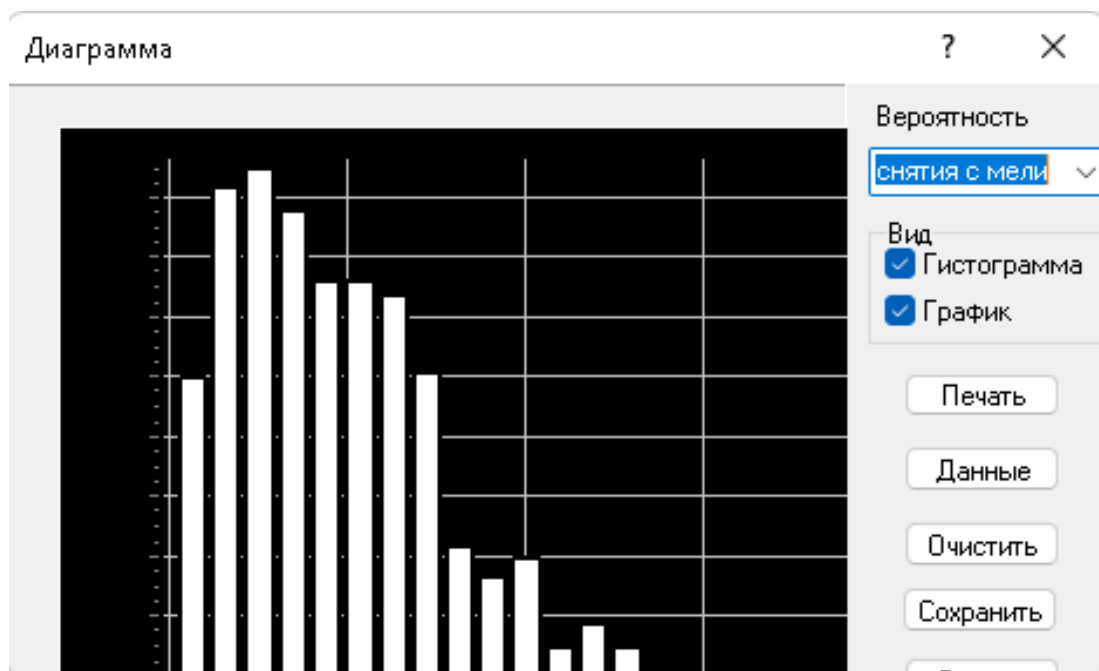


Рис. 2.33. Диаграмма розподілу випадкових значень зняття з мілини

Статистические характеристики	
Выборочные характеристики	
Среднее Average	-135.21601
Дисперсия Variance	2261.1
3-й центральный момент CenterMoment3	122308.9
4-й центральный момент CenterMoment4	20190573.9
Среднеквадратическое отклонение StdDev	47.55084
Коэффициент асимметрии Skewness	1.13929
Коэффициент эксцесса Excess	0.95717
Коэффициент вариации CoefVariat	-0.35167

Рис. 2.34. Дані вибірових значень зняття з мілини

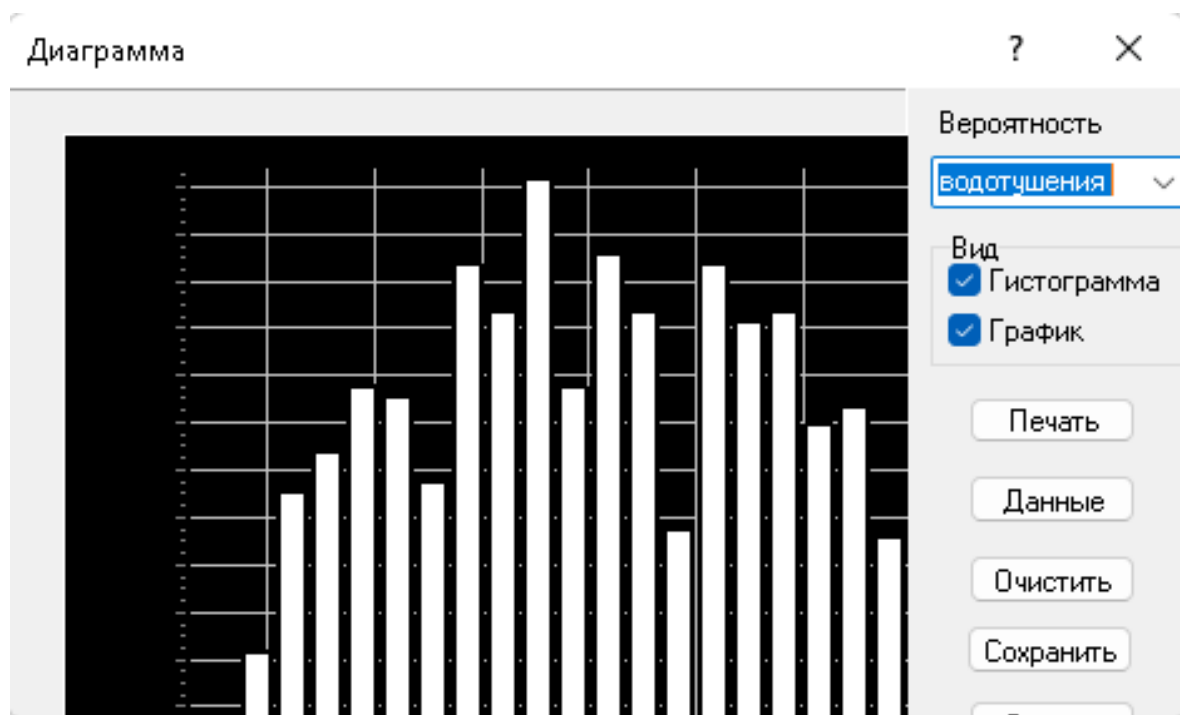


Рис. 2.35. Диаграмма розподілу випадкових значень водогасіння

Статистические характеристики

Выборочные характеристики

Таблица частот

Среднее Average	8.42205
Дисперсия Variance	8391.3
3-й центральный момент CenterMoment3	61192.9
4-й центральный момент CenterMoment4	147567684.1
Среднеквадратическое отклонение StdDev	91.60425
Коэффициент асимметрии Skewness	0.07973
Коэффициент эксцесса Excess	-0.90010
Коэффициент вариации CoefVariat	10.87672

OK

Отмена

Печать

Рис. 2.36. Дані вибірових значень водогасіння

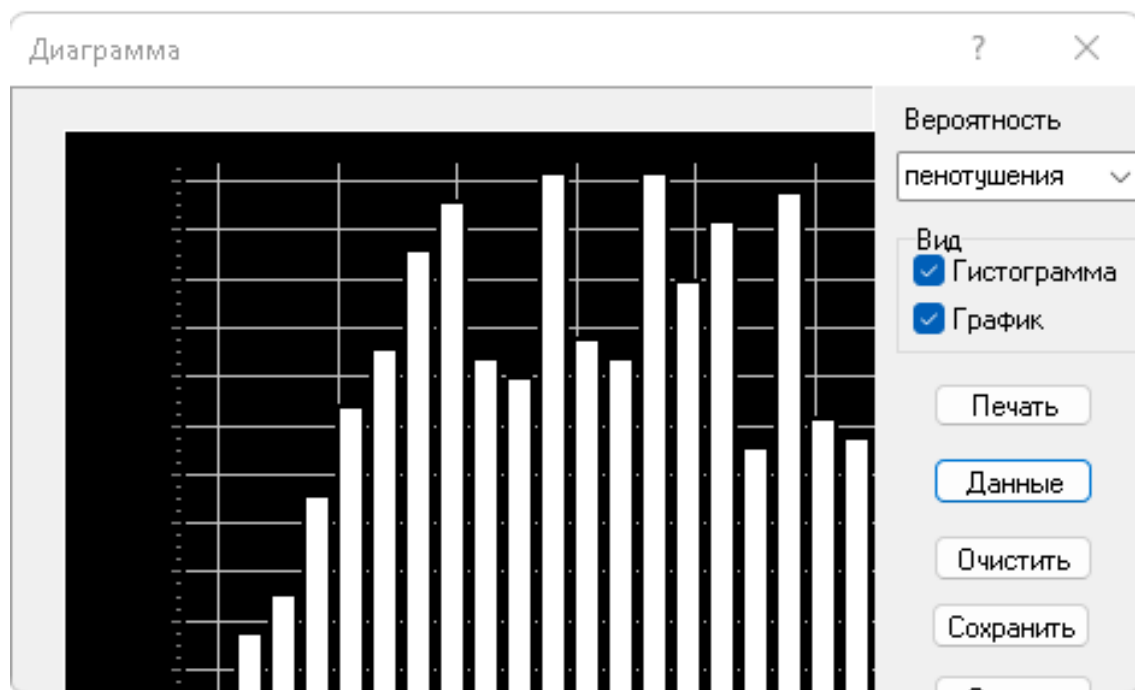


Рис. 2.37. Діаграма розподілу випадкових значень піногасіння

Статистические характеристики		✕
Выборочные характеристики		Таблица частот
Среднее Average	13.10144	
Дисперсия Variance	6534.2	
3-й центральный момент CenterMoment3	37596.4	
4-й центральный момент CenterMoment4	89806823.4	
Среднеквадратическое отклонение StdDev	80.83456	
Коэффициент асимметрии Skewness	0.07129	
Коэффициент эксцесса Excess	-0.89239	
Коэффициент вариации CoefVariat	6.16990	
OK		Отмена Печать

Рис. 2.38. Дані вибірових значень піногасіння

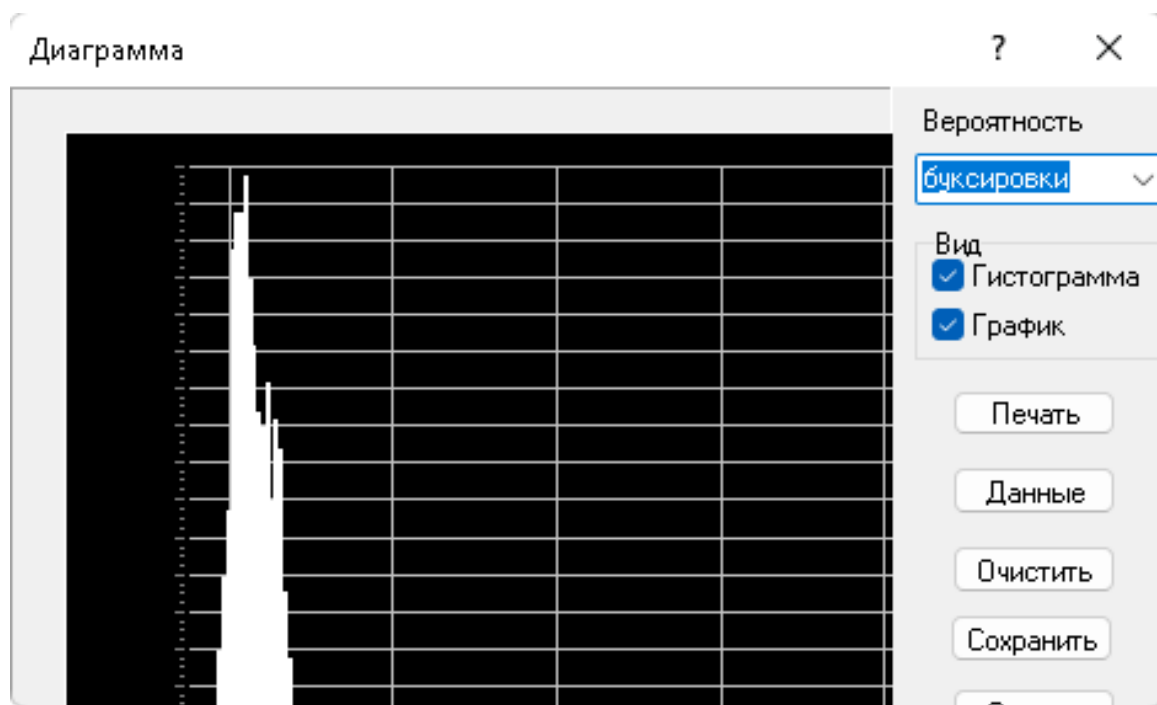
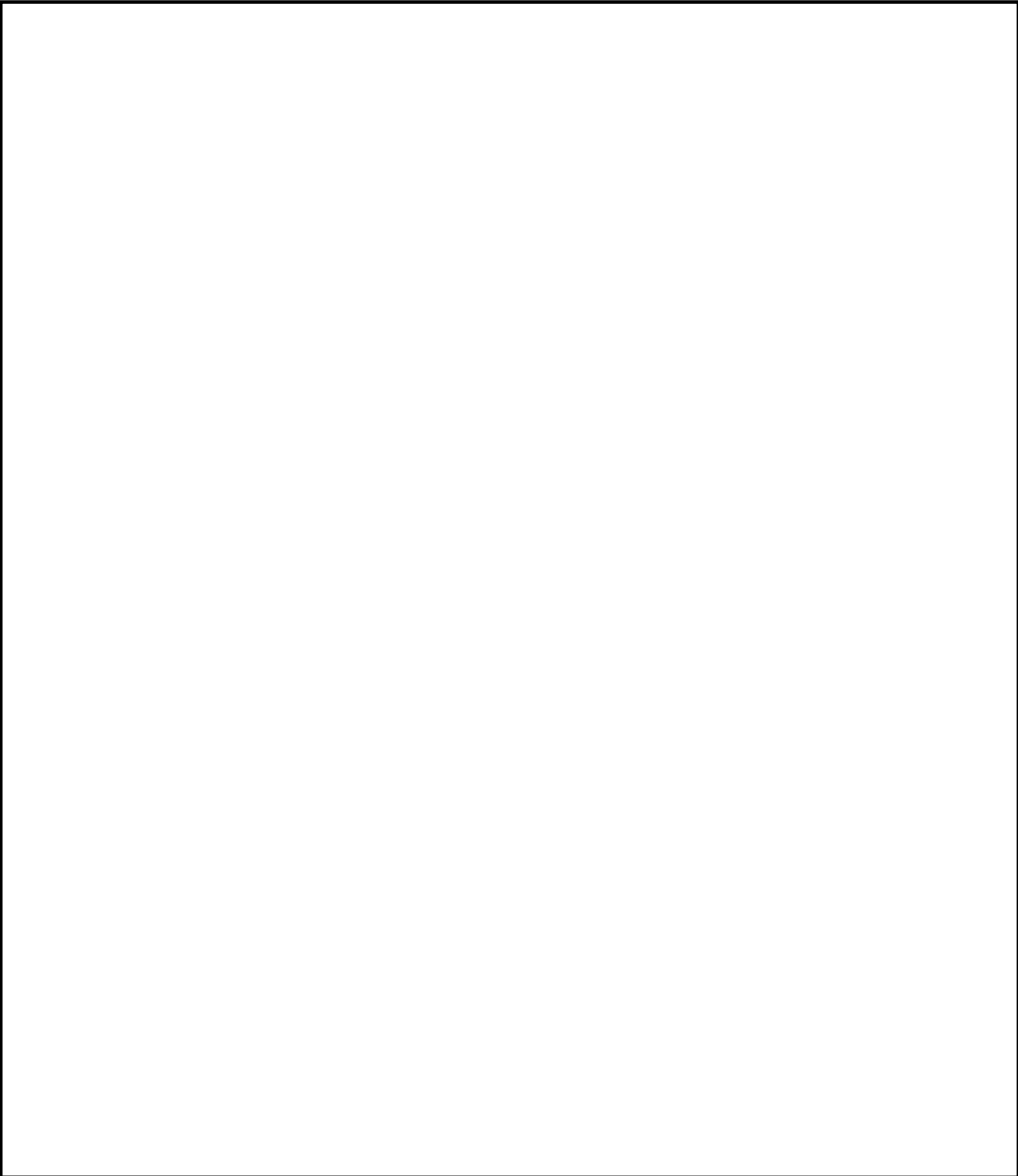


Рис. 2.39. Діаграма розподілу випадкових значень буксирування

Выборочные характеристики	
Среднее Average	-95.10535
Дисперсия Variance	6.0
3-й центральный момент CenterMoment3	3.7
4-й центральный момент CenterMoment4	81.7
Среднеквадратическое отклонение StdDev	2.44409
Коэффициент асимметрии Skewness	0.25189
Коэффициент эксцесса Excess	-0.70562
Коэффициент вариации CoefVariat	-0.02570

Рис. 2.40. Дані вибірових значень буксирування



					25.МР.135.6112м.08.ПЗ.03			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Студент		Луценко А.М.			Визначення морехідних якостей катера, та забезпечення вимог класифікаційного товариства до його надійності.	Літ.	Арк.	Аркушів
							41	
Керівник		Кротов О.І.				НУК ім. адм. Макарова		
Консульт.								
Зав. Каф.								

3. Визначення морехідних якостей катера, та забезпечення вимог класифікаційного товариства до його надійності.

3.1. Розрахунки елементів теоретичного креслення катера [2].

Розрахунки виконані в середовищі MaxSurf Stability Enterprise x64. На рис. 3.1. зазначені навантаження мас катера.

	Item Name	Qu	Unit Mass tonne	Total Mass tonne	Unit Volume m ³	Total Volume m ³	Long. Arm m	Trans. Arm m	Vert. Arm m	Total FSM tonne. m	FSM Type
1	HULL	1	14,900	14,900			-1,614	0,000	1,089	0,000	User Specifie
2	SYS	1	2,000	2,000			3,000	1,000	1,890	0,000	User Specifie
3	A/C	1	0,500	0,500			3,000	0,400	2,090	0,000	User Specifie
4	EXHAUST	1	0,300	0,300			-5,114	0,600	2,090	0,000	User Specifie
5	SYS_FIRE	1	2,000	2,000			1,200	0,100	1,990	0,000	User Specifie
6	Cab	1	3,000	3,000			-1,764	0,000	4,500	0,000	User Specifie
7	DASH	1	0,800	0,800			3,056	0,000	3,489	0,000	User Specifie
8	STAIRS	1	0,100	0,100			2,846	-0,493	2,200	0,000	User Specifie
9	Anchor	1	0,700	0,700			9,386	0,000	3,770	0,000	User Specifie
10	CHAIN	1	1,200	1,200			9,386	0,000	1,890	0,000	User Specifie
11	Antenna	1	0,080	0,080			-2,554	0,000	6,390	0,000	User Specifie
12	ARM	1	1,000	1,000			-6,614	-1,300	3,440	0,000	User Specifie
13	parts	0	0,100	0,000			7,386	0,000	1,390	0,000	User Specifie
14	TOOLS	1	0,500	0,500			7,386	0,000	1,390	0,000	User Specifie
15	engine_1	1	2,000	2,000			-7,540	1,080	1,120	0,000	User Specifie
16	generator_1	1	0,900	0,900			-7,540	1,080	1,120	0,000	User Specifie
17	transmission_1	1	0,300	0,300			-4,080	1,277	0,680	0,000	User Specifie
18	Shaft_1	1	0,300	0,300			-5,566	1,080	0,815	0,000	User Specifie
19	Shaft_1_L	1	0,500	0,500			-6,250	1,395	0,194	0,000	User Specifie
20	Steering_1	1	0,400	0,400			-11,00	0,000	-0,500	0,000	User Specifie
21	Steeringssystem_1	1	0,250	0,250			-11,00	1,400	0,567	0,000	User Specifie
22	Steeringssystem_2	1	0,250	0,250			-11,00	-1,400	0,567	0,000	User Specifie
23	engine_2	1	2,000	2,000			-7,540	-1,080	1,120	0,000	User Specifie
24	generator_2	2	0,900	1,800			-7,540	-1,080	1,120	0,000	User Specifie
25	transmission_2	1	0,300	0,300			-4,080	-1,277	0,680	0,000	User Specifie
26	Shaft_2	1	0,300	0,300			-5,566	-1,080	0,815	0,000	User Specifie
27	Shaft_2_L	1	0,500	0,500			-6,250	-1,395	0,195	0,000	User Specifie
28	Steering_2	0	0,200	0,000			-9,630	-1,395	-0,500	0,000	User Specifie
29	boat	1	0,060	0,060			-0,614	0,000	5,089	0,000	User Specifie
30	driv1	1	0,100	0,100			1,586	0,410	3,940	0,000	User Specifie
31	driv2	1	0,100	0,100			0,386	1,260	3,940	0,000	User Specifie
32	driv0	1	0,100	0,100			1,386	-1,000	4,220	1,000	User Specifie
33	driv3	1	0,100	0,100			0,386	0,410	3,940	0,000	User Specifie
34	driv4	1	0,100	0,100			1,586	1,260	3,940	0,000	User Specifie
35	guy4	1	0,100	0,100			-2,244	1,000	4,090	0,000	User Specifie
36	guy5	1	0,090	0,090			-1,014	0,000	4,090	0,000	User Specifie
37	guy6	1	0,090	0,090			-1,014	0,000	4,090	0,000	User Specifie
38	ped0	1	0,090	0,090			2,386	-0,800	3,690	0,000	User Specifie
39	ped1	1	0,090	0,090			-2,234	-1,400	1,405	0,000	User Specifie
40	ped2	1	0,090	0,090			-1,674	-1,300	1,405	0,000	User Specifie
41	ped3	1	0,090	0,090			-1,114	-1,200	1,405	0,000	User Specifie
42	ped4	1	0,090	0,090			-0,564	-1,100	1,405	0,000	User Specifie
43	ped5	1	0,090	0,090			-0,004	-1,000	1,405	0,000	User Specifie
44	ped7	0	0,090	0,000			2,386	0,800	1,405	0,000	User Specifie

Рис. 3.1. Навантаження мас катера

На рисунку 3.2. наведені результати розрахунку посадки катера. На рисунку 3.3. наведені результати розрахунку кривих елементів теоретичного креслення, а на рисунку 3.4. зображені гідростатичні криві.

1	Draft Amidships m	1,039
2	Displacement t	61,18
3	Heel deg	0,0
4	Draft at FP m	1,038
5	Draft at AP m	1,040
6	Draft at LCF m	1,039
7	Trim (+ve by stern) m	0,003
8	WL Length m	23,976
9	Beam max extents on WL m	5,209
10	Wetted Area m ²	115,765
11	Waterpl. Area m ²	101,509
12	Prismatic coeff. (Cp)	0,775
13	Block coeff. (Cb)	0,460
14	Max Sect. area coeff. (Cm)	0,593
15	Waterpl. area coeff. (Cwp)	0,813
16	LCB from zero pt. (+ve fwd) m	-2,475
17	LCF from zero pt. (+ve fwd) m	-2,041
18	KB m	0,683
19	KG fluid m	1,432
20	BMT m	3,374
21	BML m	59,776
22	GMT corrected m	2,625
23	GML m	59,027
24	KMT m	4,058
25	KML m	60,459
26	Immersion (TPC) tonne/cm	1,040
27	MTc tonne.m	1,504
28	RM at 1deg = GMT.Disp.sin(1) t	2,803
29	Max deck inclination deg	0,0061
30	Trim angle (+ve by stern) deg	0,0061
◀ ▶ Equilibrium Specified		

Рис. 3.2. Результати розрахунку елементів статки катера

	Draft Amidships m	0,040	0,151	0,262	0,373	0,484	0,596	0,707	0,818	0,929	1,040
1	Displacement t	0,0901	1,311	3,976	8,099	13,69	20,76	29,54	39,29	49,91	61,27
2	Heel deg	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
3	Draft at FP m	0,040	0,151	0,262	0,373	0,484	0,596	0,707	0,818	0,929	1,040
4	Draft at AP m	0,040	0,151	0,262	0,373	0,484	0,596	0,707	0,818	0,929	1,040
5	Draft at LCF m	0,040	0,151	0,262	0,373	0,484	0,596	0,707	0,818	0,929	1,040
6	Trim (+ve by stern) m	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
7	WL Length m	20,032	20,950	21,512	21,991	22,426	22,841	23,234	23,546	23,763	23,981
8	Beam max extents on	0,251	0,948	1,645	2,341	3,038	3,737	4,412	4,741	5,071	5,209
9	Wetted Area m ²	4,718	18,235	32,048	46,091	60,342	74,815	89,518	99,097	108,316	115,831
10	Waterpl. Area m ²	4,433	17,031	29,783	42,635	55,568	68,597	81,624	89,497	96,930	101,546
11	Prismatic coeff. (Cp)	0,875	0,852	0,836	0,822	0,809	0,797	0,784	0,779	0,778	0,777
12	Block coeff. (Cb)	0,437	0,426	0,418	0,411	0,405	0,398	0,398	0,420	0,435	0,460
13	Max Sect. area coeff. (C)	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500	0,509	0,539	0,560	0,593
14	Waterpl. area coeff. (C)	0,882	0,858	0,842	0,828	0,816	0,804	0,796	0,802	0,804	0,813
15	LCB from zero pt. (+ve	-2,960	-2,885	-2,823	-2,774	-2,732	-2,696	-2,681	-2,619	-2,545	-2,468
16	LCF from zero pt. (+ve	-2,956	-2,838	-2,760	-2,700	-2,649	-2,606	-2,529	-2,344	-2,210	-2,038
17	KB m	0,027	0,101	0,175	0,249	0,324	0,398	0,474	0,545	0,615	0,684
18	KG m	1,040	1,040	1,040	1,040	1,040	1,040	1,040	1,040	1,040	1,040
19	BMT m	0,232	0,874	1,509	2,141	2,769	3,399	3,976	3,808	3,708	3,371
20	BML m	1436,15	396,098	233,917	167,437	131,129	108,230	91,691	77,920	68,149	59,742
21	GMT m	-0,781	-0,065	0,644	1,350	2,053	2,757	3,410	3,313	3,283	3,015
22	GML m	1435,13	395,159	233,053	166,846	130,413	107,588	91,125	77,425	67,724	59,386
23	KMt m	0,259	0,975	1,684	2,390	3,093	3,797	4,450	4,353	4,323	4,055
24	KML m	1436,17	396,199	234,093	167,686	131,453	108,628	92,165	78,465	68,764	60,426
25	Immersion (TPc) tonne/	0,045	0,175	0,305	0,437	0,570	0,703	0,837	0,917	0,994	1,041
26	MTc tonne.m	0,054	0,216	0,386	0,562	0,744	0,930	1,121	1,267	1,408	1,515
27	RM at 1deg = GMT.Disp.	-0,001	-0,001	0,045	0,191	0,490	0,999	1,758	2,272	2,860	3,224
28	Max deck inclination de	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
29	Trim angle (+ve by ster	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

Рис. 3.3. Результати розрахунку кривих елементів теоретичного креслення

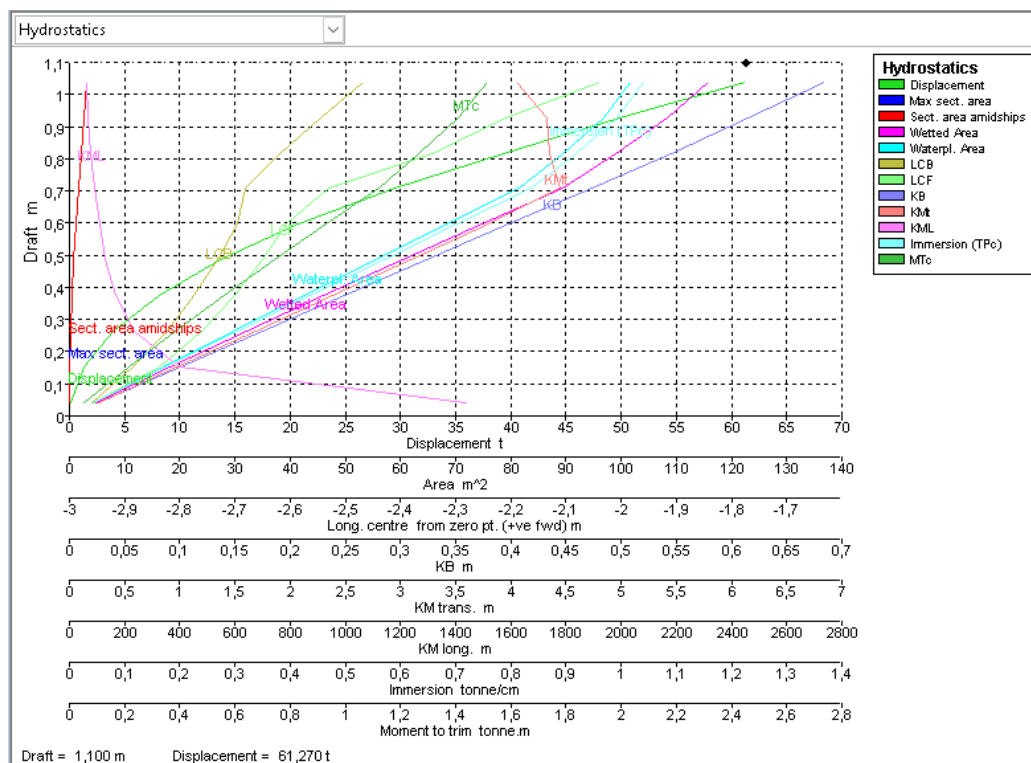


Рис.3.4. Криві елементів теоретичного креслення

3.2. Розрахунок остійності катера при великих кутах крену та, забезпечення вимог класифікаційного товариства до його остійності.

	Heel to Port deg	-30,0	-20,0	-10,0	0,0	10,0	20,0	30,0	40,0	50,0	60,0
1	GZ m	-0,790	-0,642	-0,398	0,002	0,401	0,645	0,793	0,901	0,981	0,950
2	Area under GZ curve from zero heel m.deg	14,5944	7,3940	2,0690	0,0028	2,1007	7,4523	14,6937	23,1777	32,6444	42,4057
3	Displacement t	61,18	61,18	61,18	61,18	61,18	61,18	61,18	61,18	61,18	61,18
4	Draft at FP m	0,767	0,911	1,003	1,038	1,003	0,911	0,767	0,543	0,183	-0,442
5	Draft at AP m	0,774	0,941	1,025	1,040	1,025	0,941	0,773	0,503	0,088	-0,522
6	VWL Length m	23,446	23,730	23,910	23,976	23,909	23,730	23,447	22,647	21,917	22,308
7	Beam max extents on VWL m	4,004	4,239	4,800	5,209	4,801	4,239	4,004	3,987	3,747	3,211
8	Wetted Area m^2	103,396	105,795	112,037	115,766	112,036	105,796	103,398	103,010	104,183	101,514
9	Waterpl. Area m^2	82,465	85,651	94,565	101,509	94,564	85,651	82,467	82,907	79,378	67,611
10	Prismatic coeff. (Cp)	0,795	0,779	0,773	0,775	0,773	0,779	0,795	0,826	0,848	0,839
11	Block coeff. (Cb)	0,542	0,582	0,516	0,460	0,516	0,582	0,542	0,504	0,508	0,555
12	LCB from zero pt. (+ve fwd) m	-2,475	-2,478	-2,475	-2,475	-2,476	-2,478	-2,474	-2,472	-2,471	-2,471
13	LCF from zero pt. (+ve fwd) m	-1,589	-1,722	-1,943	-2,041	-1,943	-1,722	-1,588	-1,515	-1,382	-1,416
14	Max deck inclination deg	30,0000	20,0001	10,0001	0,0061	10,0001	20,0001	30,0000	40,0001	50,0002	60,0000
15	Trim angle (+ve by stern) deg	0,0168	0,0720	0,0504	0,0061	0,0510	0,0719	0,0153	-0,0962	-0,2272	-0,1900

Рис 3.5. Результати розрахунку остійності для повної водотоннажності

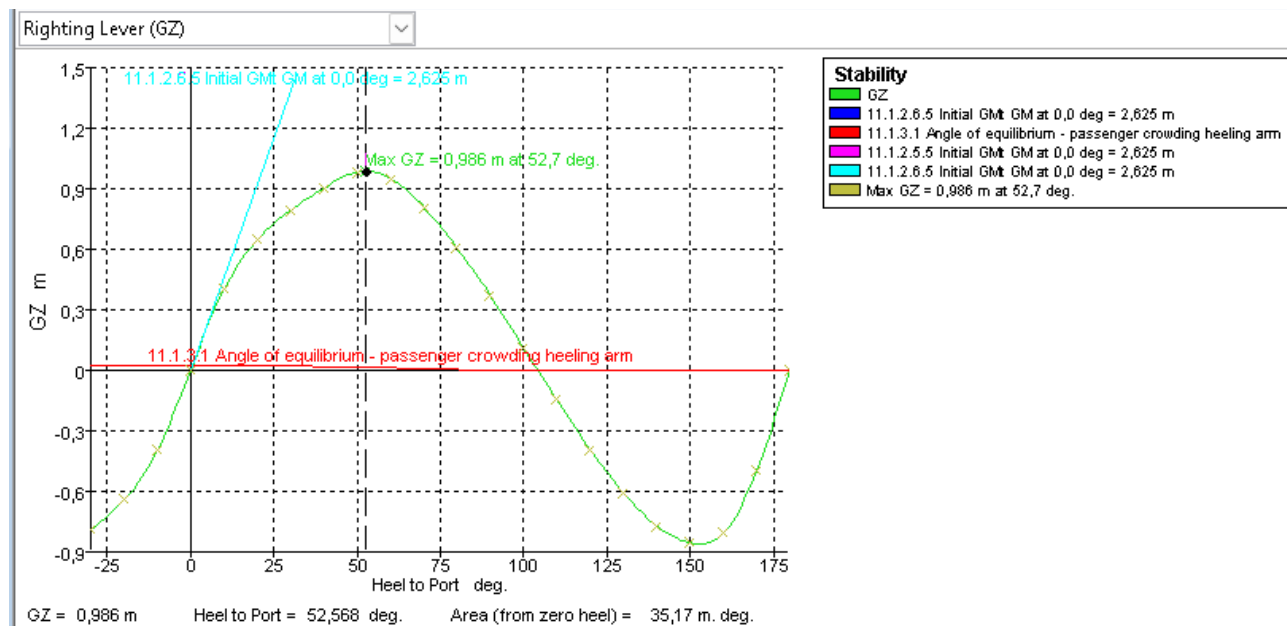


Рис. 3.6. Діаграма статичної остійності для повної водотоннажності

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

25.МР.135.6112м.08.ПЗ.03

Арк.

45

Перевірка вимог згідно остійності

Рис. 3.10. HSC mono IntactMaritime and Coastguard Agency (UK); MCA Guidelines, Small commercial motor vessels; 11.1.3 15m or more in length, or carrying 15 or more persons, or cat. 0, 1.

	Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status	Margin %
1	11.1.2 15m or more in length, or carrying 15 or more persons, or cat. 0, 1	11.1.2.6.1a Area 0 to 30				Pass	
2		from the greater of					
3		spec. heel angle	0,0	deg	0,0		
4		to the lesser of					
5		spec. heel angle	30,0	deg	30,0		
6		angle of vanishing stability	104,4	deg			
7		shall not be less than ($\geq$)	3,151	m.deg	14,693	Pass	+366,28
8							
9	11.1.2 15m or more in length, or carrying 15 or more persons, or cat. 0, 1	11.1.2.6.1b Area 0 to 40				Pass	
10		from the greater of					
11		spec. heel angle	0,0	deg	0,0		
12		to the lesser of					
13		spec. heel angle	40,0	deg	40,0		
14		first downflooding angle	n/a	deg			
15		angle of vanishing stability	104,4	deg			
16		shall be greater than ($>$)	5,156	m.deg	23,177	Pass	+349,48
17							
18	11.1.2 15m or more in length, or carrying 15 or more persons, or cat. 0, 1	11.1.2.6.2 Area 30 to 40				Pass	
19		from the greater of					
20		spec. heel angle	30,0	deg	30,0		
21		to the lesser of					
22		spec. heel angle	40,0	deg	40,0		
23		first downflooding angle	n/a	deg			
24		angle of vanishing stability	104,4	deg			
25		shall be greater than ($>$)	1,718	m.deg	8,4839	Pass	+393,57
26							
27	11.1.2 15m or more in length, or carrying 15 or more persons, or cat. 0, 1	11.1.2.6.3 Max GZ at 30 or greater				Pass	
28		in the range from the greater of					
29		spec. heel angle	30,0	deg	30,0		
30		to the lesser of					
31		spec. heel angle	180,0	deg			
32		angle of max. GZ	52,7	deg	52,7		
33		shall be greater than ($>$)	0,200	m	0,986	Pass	+393,00
34		intermediate values					
35		angle at which this GZ occurs		deg	52,7		
36							
37	11.1.2 15m or more in length, or carrying 15 or more persons, or cat. 0, 1	11.1.2.6.4 Angle of maximum GZ				Pass	
38		shall not be less than ($\geq$)	15,0	deg	52,7	Pass	+251,51
39							
40	11.1.2 15m or more in length, or carrying 15 or more persons, or cat. 0, 1	11.1.2.6.5 Initial GMT				Pass	
41		spec. heel angle	0,0	deg			
42		shall not be less than ($\geq$)	0,350	m	2,625	Pass	+650,00
43							
44	11.1.3 Less than 15m in length, carrying 14 or less persons, and cat. 2, 3, 4	11.1.3.1 Angle of equilibrium - passenger crowding heeling arm				Pass	
45		Pass. crowding arm = $nPass \cdot M / disp. D \cdot \cos^n(\phi)$					
46		number of passengers: $nPass =$	10				
47		passenger mass: $M =$	0,075	tonne			
48		distance from centre line: $D =$	2,000	m			
49		cosine power: $n =$	1				
50		shall be less than ($<$)	7,0	deg	0,5	Pass	+92,46
51		intermediate values					
52		Heel arm amplitude		m	0,025		
53							
54	11.1.2.5 Monohulls	11.1.2.5.1a Area 0 to 30				Pass	
55		from the greater of					
56		spec. heel angle	0,0	deg	0,0		
57		to the lesser of					

58		spec. heel angle	30,0	deg	30,0		
59		angle of vanishing stability	104,4	deg			
60		shall not be less than (>=)	3,151	m.deg	14,693	Pass	+366,28
61							
62	11.1.2.5 Monohulls	11.1.2.5.1b Area 0 to 40				Pass	
63		<i>from the greater of</i>					
64		spec. heel angle	0,0	deg	0,0		
65		<i>to the lesser of</i>					
66		spec. heel angle	40,0	deg	40,0		
67		first downflooding angle	n/a	deg			
68		angle of vanishing stability	104,4	deg			
69		shall be greater than (>)	5,156	m.deg	23,177	Pass	+349,48
70							
71	11.1.2.5 Monohulls	11.1.2.5.2 Area 30 to 40				Pass	
72		<i>from the greater of</i>					
73		spec. heel angle	30,0	deg	30,0		
74		<i>to the lesser of</i>					
75		spec. heel angle	40,0	deg	40,0		
76		first downflooding angle	n/a	deg			
77		angle of vanishing stability	104,4	deg			
78		shall be greater than (>)	1,718	m.deg	8,4839	Pass	+393,57
79							
80	11.1.2.5 Monohulls	11.1.2.5.3 Max GZ at 30 or greater				Pass	
81		<i>in the range from the greater of</i>					
82		spec. heel angle	30,0	deg	30,0		
83		<i>to the lesser of</i>					
84		spec. heel angle	180,0	deg			
85		angle of max. GZ	52,7	deg	52,7		

Рис. 3.11. 11.1.3 15m or more in length, or carrying 15 or more persons, or cat. 0, 1

85		angle of max. GZ	52,7	deg	52,7		
86		shall be greater than (>)	0,200	m	0,986	Pass	+393,00
87		<i>Intermediate values</i>					
88		angle at which this GZ occurs		deg	52,7		
89							
90	11.1.2.5 Monohulls	11.1.2.5.4 Angle of maximum GZ				Pass	
91		shall not be less than (>=)	25,0	deg	52,7	Pass	+110,91
92							
93	11.1.2.5 Monohulls	11.1.2.5.5 Initial GMT				Pass	
94		spec. heel angle	0,0	deg			
95		shall not be less than (>=)	0,350	m	2,625	Pass	+650,00
96							
97	11.1.2.6 Multihulls not complying with 11.1.2.5	11.1.2.6.1 Area 0 to GZmax between limits				Pass	
98		<i>from the greater of</i>					
99		spec. heel angle	0,0	deg	0,0		
100		angle of equilibrium	0,0	deg			
101		<i>to the lesser of</i>					
102		spec. heel angle	30,0	deg	30,0		
103		angle of first GZ peak	52,7	deg			
104		angle of max. GZ	52,7	deg			
105		first downflooding angle	n/a	deg			
106		lower heel angle	15,0	deg			
107		required GZ area at lower heel angle	4,870	m.deg			
108		higher heel angle	30,0	deg			
109		required GZ area at higher heel angle	3,151	m.deg			
110		shall be greater than (>)	3,151	m.deg	14,693	Pass	+366,28
111							
112	11.1.2.6 Multihulls not complying with 11.1.2.5	11.1.2.6.2 Area 30 to 40				Pass	
113		<i>from the greater of</i>					
114		spec. heel angle	30,0	deg	30,0		
115		<i>to the lesser of</i>					
116		spec. heel angle	40,0	deg	40,0		
117		first downflooding angle	n/a	deg			
118		angle of vanishing stability	104,4	deg			
119		shall not be less than (>=)	1,718	m.deg	8,4839	Pass	+393,57
120							
121	11.1.2.6 Multihulls not complying with 11.1.2.5	11.1.2.6.3 Max GZ at 30 or greater				Pass	
122		<i>in the range from the greater of</i>					
123		spec. heel angle	30,0	deg	30,0		
124		<i>to the lesser of</i>					
125		spec. heel angle	180,0	deg			
126		angle of max. GZ	52,7	deg	52,7		
127		shall not be less than (>=)	0,200	m	0,986	Pass	+393,00
128		<i>Intermediate values</i>					
129		angle at which this GZ occurs		deg	52,7		
130							
131	11.1.2.6 Multihulls not complying with 11.1.2.5	11.1.2.6.4 Angle of maximum GZ				Pass	
132		shall not be less than (>=)	15,0	deg	52,7	Pass	+251,51
133							
134	11.1.2.6 Multihulls not complying with 11.1.2.5	11.1.2.6.5 Initial GMT				Pass	
135		spec. heel angle	0,0	deg			
136		shall not be less than (>=)	0,350	m	2,625	Pass	+650,00

Рис. 3.12. 11.1.3 15m or more in length, or carrying 15 or more persons, or cat. 0, 1

3.3. Розрахунок ходовості катера.

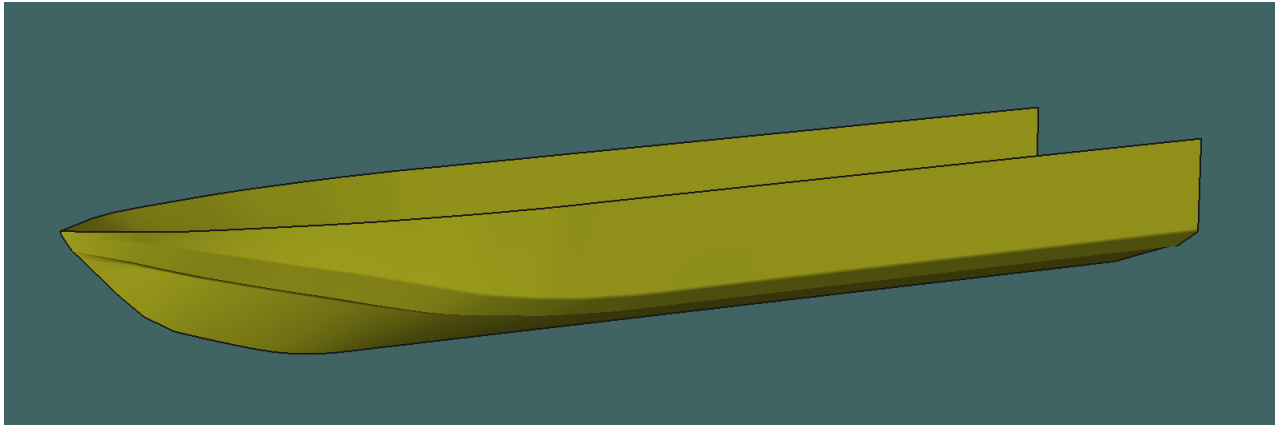


Рис. 3.13. Зображення поверхні катера в Maxsurf Resistance

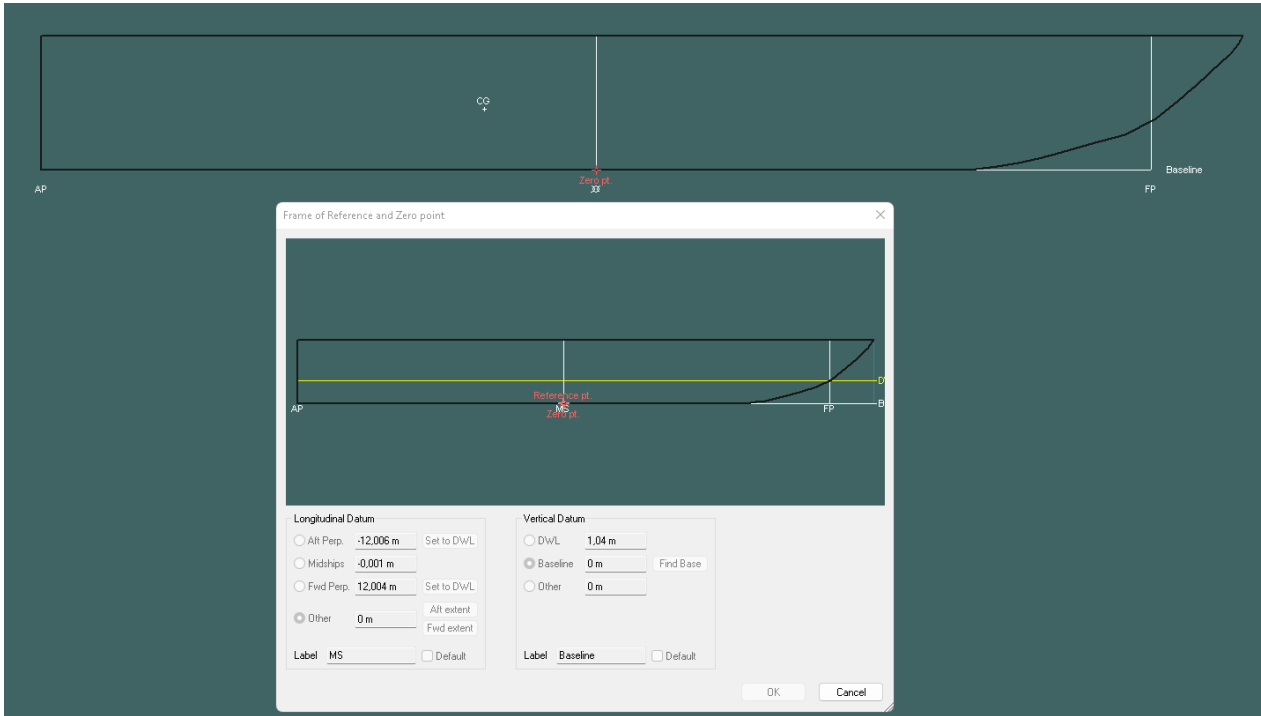


Рис. 3.14. Встановлення необхідної осадки катера

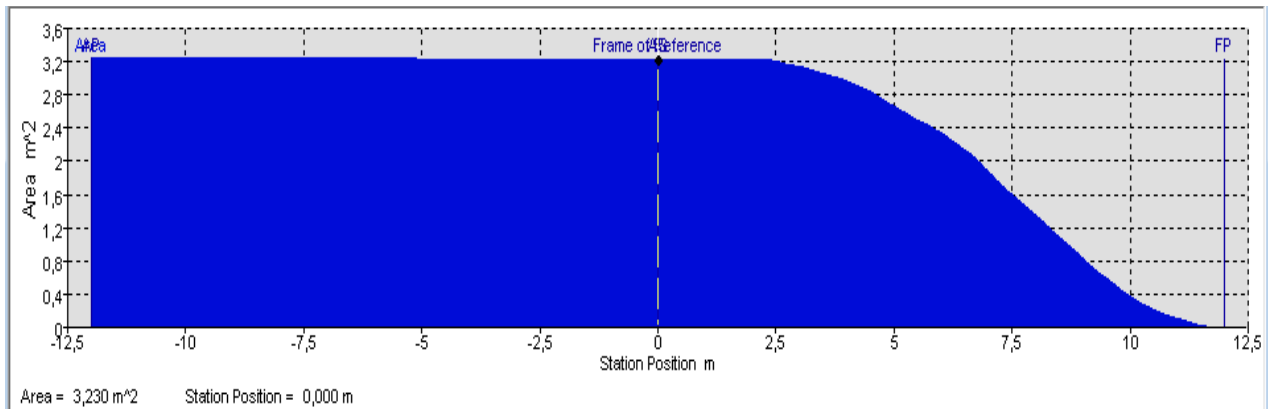


Рис. 3.15. Крива занурених площ шпангоутів

	Measurement	Value	Units
1	Displacement	64,11	t
2	Volume (displaced)	62,542	m ³
3	Draft Amidships	1,040	m
4	Immersed depth	1,040	m
5	WL Length	23,981	m
6	Beam max extents on WL	5,263	m
7	Wetted Area	118,339	m ²
8	Max sect. area	3,242	m ²
9	Waterpl. Area	105,232	m ²
10	Prismatic coeff. (Cp)	0,804	
11	Block coeff. (Cb)	0,476	
12	Max Sect. area coeff. (Cm)	0,593	
13	Waterpl. area coeff. (Cwp)	0,834	
14	LCB length	-2,213	from z
15	LCF length	-1,845	from z
16	LCB %	-9,229	from z
17	LCF %	-7,694	from z
18	KB	0,683	m
19	KG fluid	0,000	m
20	BMT	3,498	m
21	BML	60,437	m
22	Gmt corrected	4,180	m
23	GML	61,120	m
24	KMt	4,180	m
25	KML	61,120	m
26	Immersion (TPc)	1,079	tonne/c
27	MTc	1,632	tonne.
28	RM at 1 deg = Gmt.Disp.sin(1	4,677	tonne.
29	Length:Beam ratio	4,557	
30	Beam:Draft ratio	5,060	
31	Length:Vol ^{0.333} ratio	6,041	
32	Precision	Medium	66 stati

Density (water)	1,025 tonne/m ³
Std. densities	1,025 tonne/m ³ - Std. Metric sea water (1025.0 kg/m ³)
VCG	0 m
Recalculate	

Рис. 3.16. Крива занурених площ шпангоутів

Для побудови залежностей буксирувального опору та буксирувальної потужності була використана програма Maxsurf Resistance. Результати розрахунків, представлені на рис. 3.17, отримано за допомогою таких методів:

Метод Slender Body, що базується на працях Така (1999) та Коузера (1996) і реалізований у Maxsurf Resistance. Він спирається на підхід Мітчелла (1898) для визначення хвильового опору однокорпусних суден із симетричними бортами. Цей підхід може бути застосований також до різноманітних багатокорпусних конфігурацій, якщо кожен корпус є тонким і симетричним

відносно власної осі. Оскільки глісуючі сили не враховуються, метод обмежено застосовується на високих швидкостях. Проте він забезпечує достатню точність для широкого спектра одно- і багатокорпусних суден у діапазоні звичайних чисел Фруда. Алгоритм Savitsky Pre-planning використовується для оцінки опору корпусу в режимі передглісування, тобто до переходу судна в повноцінний глісуючий режим. Алгоритм Wyman є універсальним і дозволяє виконувати розрахунок опору корпусів як у водотоннажному, так і в глісуючому режимах руху.

	Speed (kn)	Froude No. LWL	Froude No. Vol.	Savitsky Pre-planning	Savitsky Pre-planning Power (kW)	Slender body Resistance	Slender body Power (kW)	Wyman Resist. (kN)	Wyman Power (kW)
1	0,000	0,000	0,000	--	--	--	--	--	--
2	0,550	0,018	0,046	--	--	0,0	0,007	0,1	0,025
3	1,100	0,037	0,091	--	--	0,1	0,051	0,3	0,202
4	1,650	0,055	0,137	--	--	0,1	0,164	0,6	0,682
5	2,200	0,074	0,183	--	--	0,2	0,379	1,0	1,617
6	2,750	0,092	0,228	--	--	0,4	0,727	1,6	3,158
7	3,300	0,111	0,274	--	--	0,5	1,259	2,3	5,457
8	3,850	0,129	0,320	--	--	0,7	1,951	3,1	8,666
9	4,400	0,148	0,366	--	--	0,9	2,884	4,0	12,936
10	4,950	0,166	0,411	--	--	1,1	4,066	5,1	18,418
11	5,500	0,184	0,457	--	--	1,3	5,444	6,3	25,265
12	6,050	0,203	0,503	--	--	1,6	7,240	7,6	33,628
13	6,600	0,221	0,548	--	--	2,1	9,967	9,0	43,658
14	7,150	0,240	0,594	--	--	2,4	12,685	10,6	55,507
15	7,700	0,258	0,640	--	--	2,9	16,406	12,3	69,327
16	8,250	0,277	0,685	--	--	3,5	21,236	14,1	85,270
17	8,800	0,295	0,731	--	--	4,2	27,063	16,0	103,486
18	9,350	0,313	0,777	--	--	5,8	39,616	18,1	124,127
19	9,900	0,332	0,822	--	--	6,7	48,746	20,3	147,346
20	10,450	0,350	0,868	--	--	8,0	61,256	22,6	173,293
21	11,000	0,369	0,914	--	--	10,0	80,873	25,0	202,121
22	11,550	0,387	0,959	--	--	11,8	100,030	27,6	233,980
23	12,100	0,406	1,005	20,5	182,600	12,7	112,731	30,3	269,023
24	12,650	0,424	1,051	24,3	226,104	12,9	120,074	33,1	307,400
25	13,200	0,443	1,097	28,1	272,704	13,1	126,965	36,0	349,265
26	13,750	0,461	1,142	31,4	317,612	13,7	137,995	39,1	394,767
27	14,300	0,479	1,188	34,7	364,833	14,8	155,524	42,3	444,059
28	14,850	0,498	1,234	37,3	406,635	16,5	179,897	45,6	497,293
29	15,400	0,516	1,279	39,5	447,509	18,6	210,035	49,0	554,619
30	15,950	0,535	1,325	41,5	486,606	20,9	244,481	52,6	616,190
31	16,500	0,553	1,371	43,2	524,200	23,2	281,802	56,3	682,157
32	17,050	0,572	1,416	44,9	562,350	25,6	320,746	60,1	752,672
33	17,600	0,590	1,462	46,4	600,261	27,9	360,597	64,0	827,886
34	18,150	0,608	1,508	47,9	638,853	30,0	400,689	68,4	885,107
35	18,700	0,627	1,553	49,2	675,661	32,1	440,670	68,0	934,908
36	19,250	0,645	1,599	50,4	713,544	34,0	480,749	69,6	985,344
37	19,800	0,664	1,645	51,7	751,893	35,8	520,644	71,2	1036,364
38	20,350	0,682	1,690	52,9	791,281	37,5	560,660	72,7	1087,920
39	20,900	0,701	1,736	54,0	830,102	39,1	600,761	74,2	1139,965
40	21,450	0,719	1,782	55,2	869,461	40,7	641,308	75,6	1192,456
41	22,000	0,738	1,828	56,5	912,850	42,2	682,276	77,0	1245,349

Рис. 3.17. Опір буксируванню та потужність буксирування катера при різних швидкостях

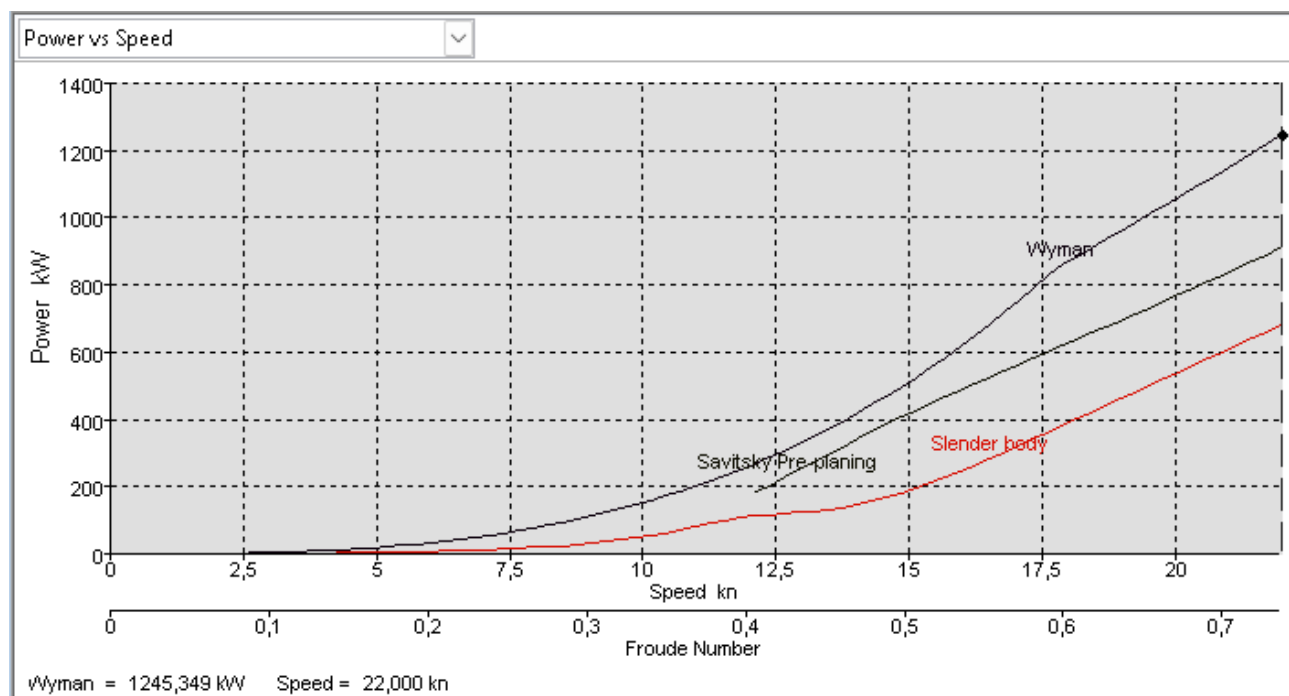


Рис. 3.18. Буксировальний опір катера при різних швидкостях

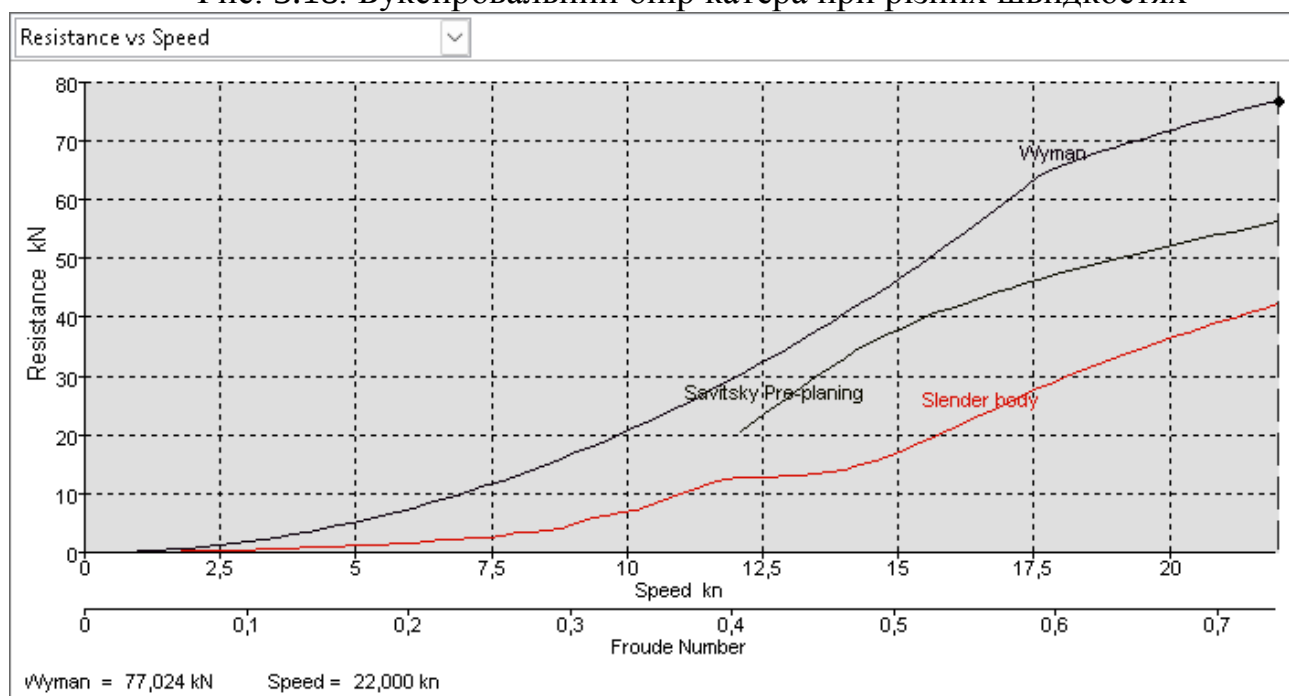


Рис. 3.19. Буксирувальна потужність катера при різних швидкостях

Отримані значення буксировального опору та буксирувальної потужності катера при отриманій оптимальній швидкості 22 вузлів склали:

- 42,2 кН та 955,19 кВт згідно розрахунку Maxsurf «Slender Body»;
- 52,5 кН та 1189,44 кВт згідно розрахунку методом Savitsky Pre-planning;
- 77,0 кН та 1245,349 кВт згідно розрахунку методом Wyman.

3.4. Розрахунок характеристик рушія та двигуна в програмі HydroComp PropExpert [11].

Початкові дані катера, його головного двигуна та обраного гвинта для програми представлені на рис. 4.18 - 4.27.

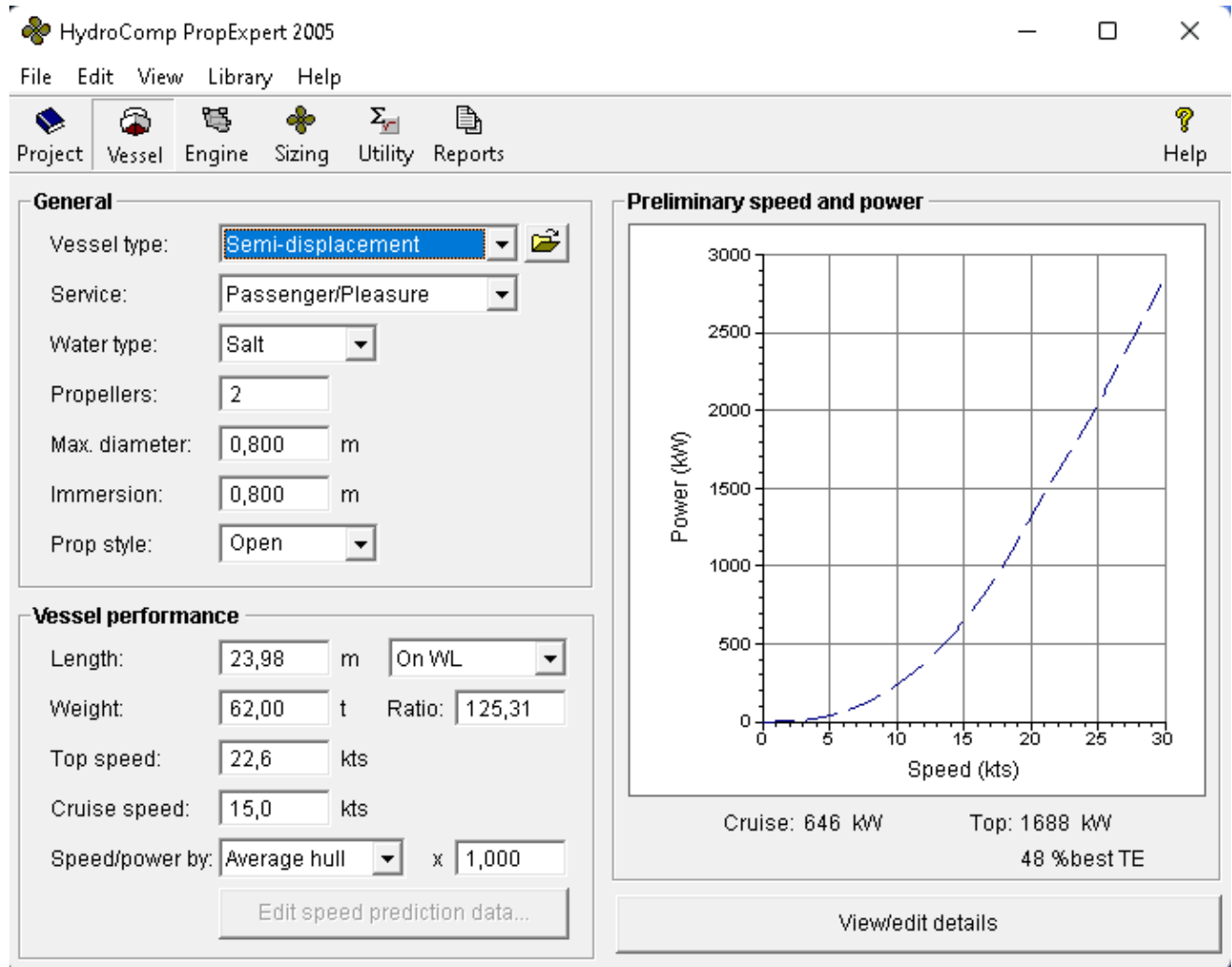


Рис. 3.20. Початкові дані катера

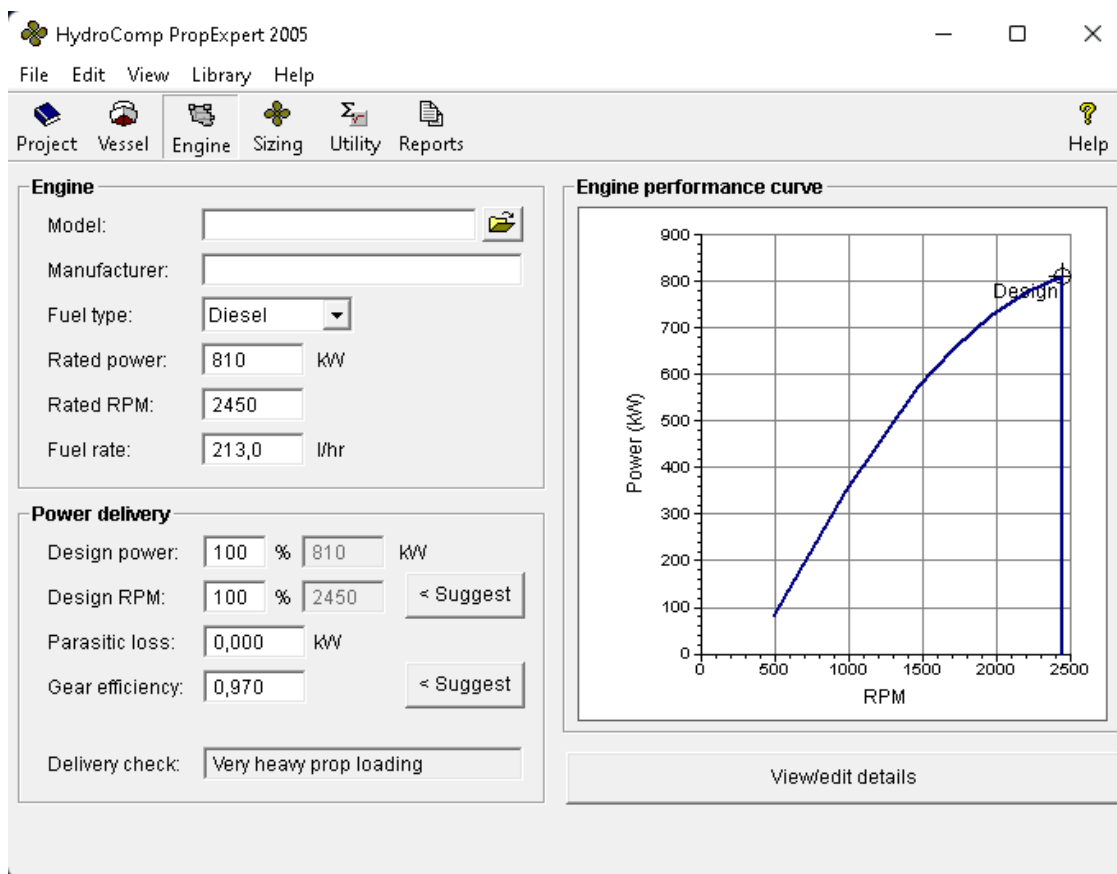


Рис. 3.21. Параметри двигуна

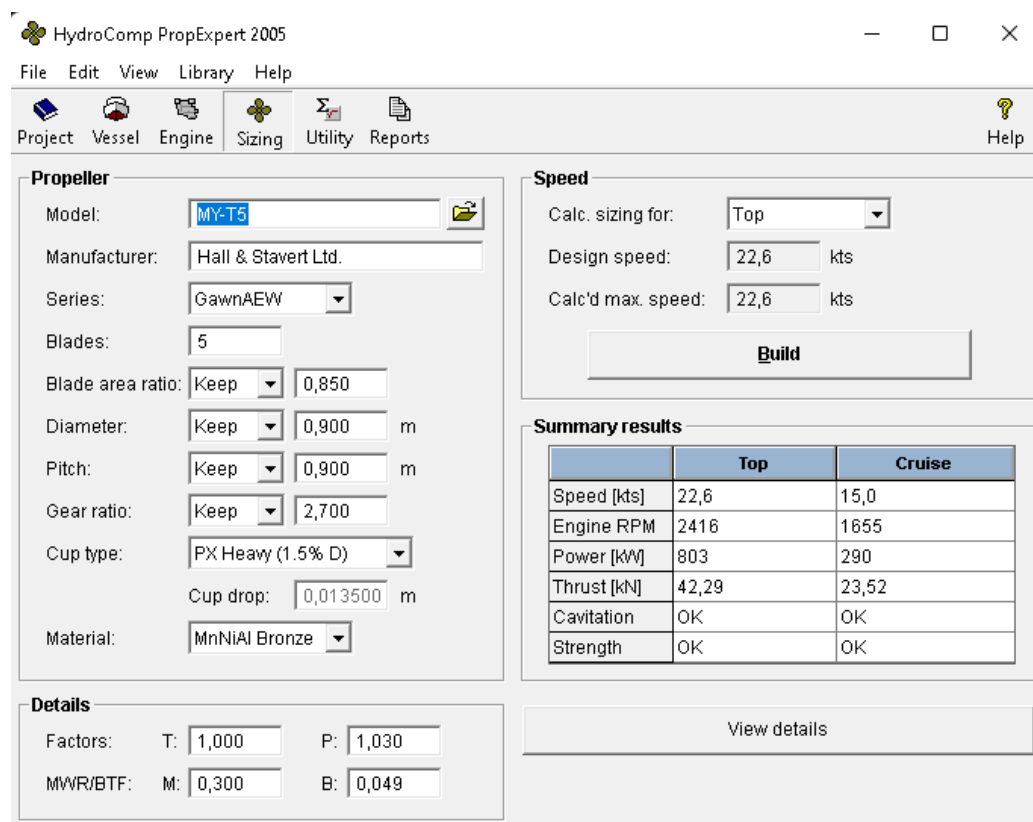


Рис. 3.22. Параметри обраного гвинта

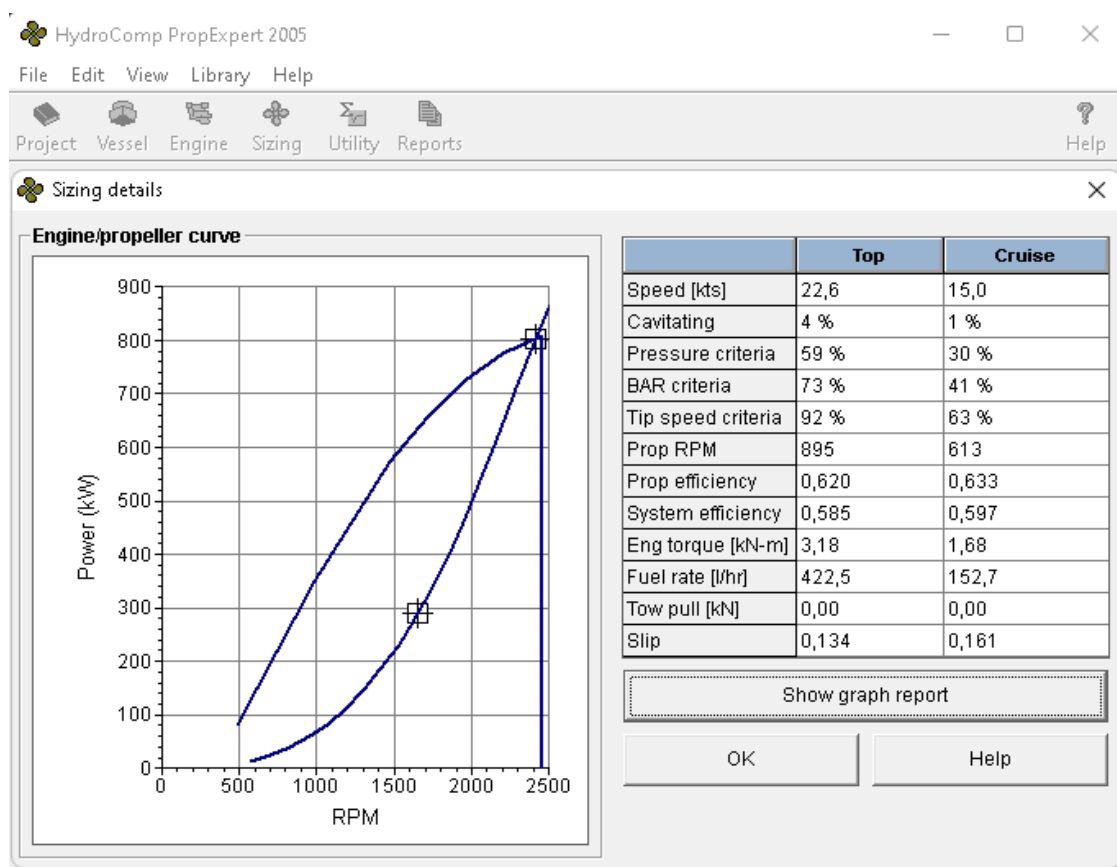


Рис. 3.23. Характеристика силового рушійного комплексу

Shafter

Material: Aquamet 17

Shear strength: 482633,0 kPa

Safety factor: 5 <Suggest

Calc power: 786 kW

Calc shaft RPM: 907

Req'd min diam: 0,0762 m

SF Top: 5,0

SF Cruise: 9,6

Engine/propeller resonance

Cylinders: 8

Firing frequency: 9800 1/min

Blade frequency: 4537 1/min

Phase check: OK

Duty cycle

Time at Top: 100 % <Suggest
at 22,6 kts

Time at Cruise: 0 % <Suggest
at 15,0 kts

Hours/year: 0

Total annual fuel: 0 liter

Рис. 3.24. Необхідні параметри вала

За результатами проведених розрахунків, для забезпечення проєктної швидкості катера 22 вузли необхідно встановити пропульсивну установку потужністю 1687 кВт. Найоптимальнішим варіантом є застосування двох дизельних двигунів MTU 8V 2000 M84L із сумарною потужністю 1790 кВт. Докладні характеристики двигуна наведено в додатку до дипломної роботи.

					25.MP.135.6112м.08.ПЗ.03	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

3.5. Проектування гвинта в програмі HydroComp PropCAD [12].

За допомогою HydroComp PropCAD (2005) виконується проектування гвинта, який забезпечить катеру досягнення максимальної швидкості 30 вузлів. Вибір типу та параметрів рушійної системи, а також її раціональне компонування з корпусом істотно впливають на ходові якості судна. Для катерів зазвичай застосовують п'ятилопатеві гребні гвинти з валами, нахиленими під певним кутом до ватерлінії. Така кількість лопатей дозволяє отримати необхідні високі швидкості. Визначення оптимальних геометричних елементів і характеристик гвинта (необхідної потужності та швидкості) виконується з урахуванням параметрів головного двигуна. Розрахунки здійснюються у програмі PropCAD, а їх результати наведено на рис. 3.20-3.23.

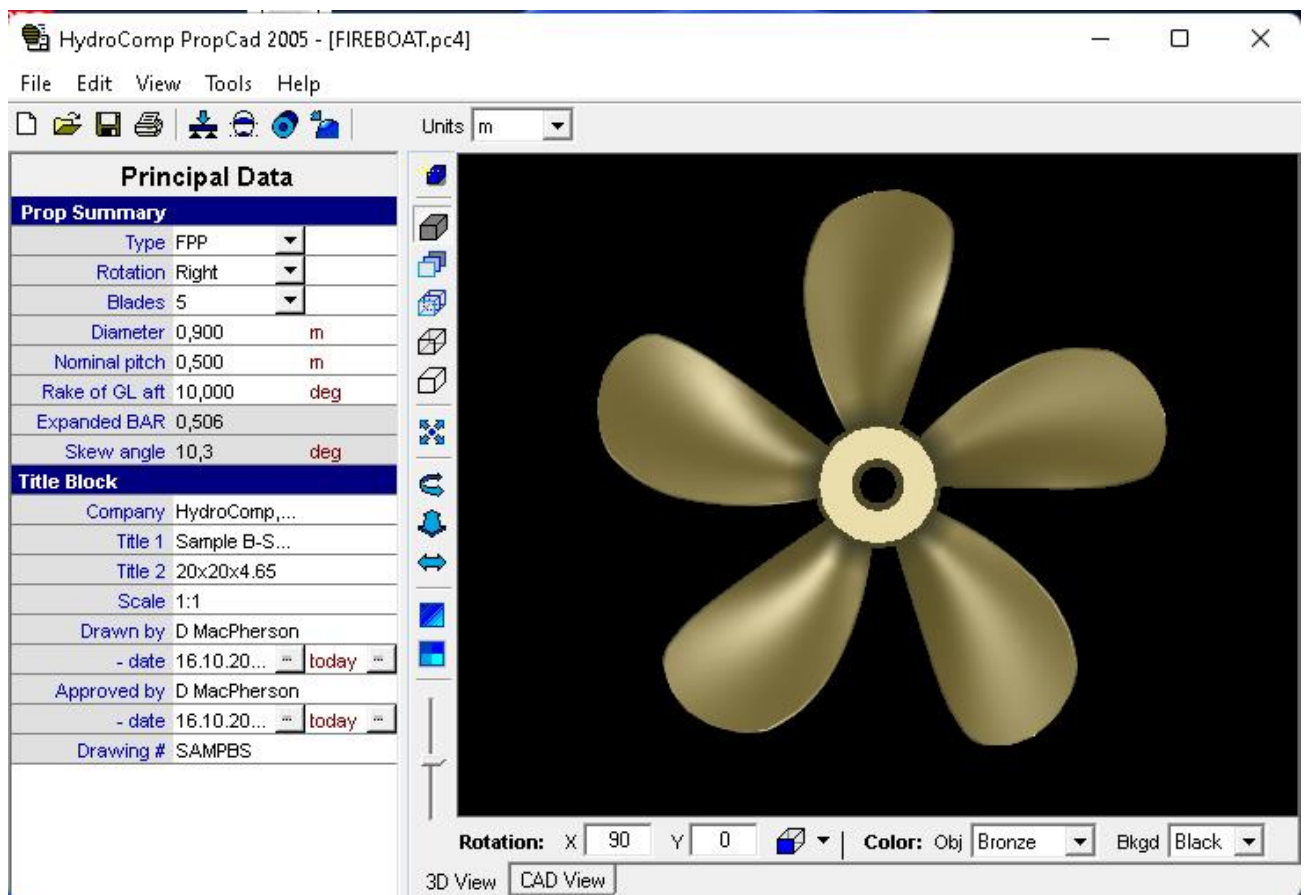


Рис. 3.25. Модель гвинта в HydroComp PropCAD

Principal characteristics

Show	Text	Value	Units
☒	Propeller type	FPP	
☒	Rotation	Right	
☒	Number of blades	5	
☒	Diameter	0,90000	m
☒	Pitch (nominal)	0,50000	m
☒	Expanded area ratio	0,506	
☒	Rake aft	10	Deg
☒	Skew	10,3	Deg
☒	Material type	Mn-Ni-Al bronz	
☒	Density	7,5	g/cm3
☒	Design power	810	kW
☒	Design RPM	2450	
☒	Thickness rule	ABS Small	
☒	Required t @ 0,25	0,25616	m
☒	Weight	61,1	kg
☒	Mass moment of inertia	1,95	kg-m2
☒	Blade finish tolerance		

Insert
Delete
Copy
Paste
OK
Cancel
Help

Рис. 3.26. Основні характеристики гвинта

Material/strength properties

Classification Society: ABS

Rule parameters

Thickness rule: ABS Steel Vessels Under 90 Me

Material type: Mn-Ni-Al bronze [5]

Loading: Free-run

Design condirions

Material density: 7,5 g/cm3

Design power: 810 kW

Design RPM: 2450

OK Cancel Help

Рис. 3.27. Властивості матеріалу та міцності гвинта

Prop Builder

Blade geometry

Sections and r/R: Gawn

Pitch distribution: 80% hub

Expanded BAR: 0,506

Outline: Gawn

Rake aft: 10 deg

Rake distribution: Linear

Exp skew at tip/D: 0

Skew distribution: BB-series

Hub diam/D: 0,2111111

Hub/shafting

Shaft diameter: 0,0762 m

Hub rule: [User]

Shaft taper: 1 / 10

Hub length: 0,2 m

Thickness

Thickness rule: B-series

Tip/edge thickness: 0,00270 m

Root thickness: 0,02601 m

@ r/R: 0,30

Thickness distribution: Linear

☐ Camber

Camber/chord (f/c): 0

Peak chord-wise position: 0

Camber shape: C-shape (arc)

Radial f/c distribution: Constant

Peak r/R position: 0

☐ Cupping

Drop: 0 m

Root fairing: 0 to 0

Tip fairing: 0 to 0

Build Cancel Help

Рис. 3.28. Дані конструктора гвинта

ВИСНОВКИ

У рамках дипломного проєкту було виконано комплексне дослідження процесу проектування рятувального катера для експлуатації на внутрішніх водних шляхах, що включало етапи концептуального (дослідницько-оптимізаційного) опрацювання та формування технічного рішення катера, здатного забезпечувати проведення рятувальних операцій і протипожежних заходів у специфічних умовах внутрішніх водойм.

Під час розробки концептуального проєкту були визначені моделі майбутніх умов експлуатації катера, а також сформовано комплекс інженерно-навігаційних характеристик, необхідних для аналізу всіх функціональних процесів судна в умовах роботи на річках, каналах та водосховищах. Встановлено ключові показники ефективності та надійності виконання рятувальних і супутніх операцій на основі сучасних методів системного аналізу та моделей функціонування суден на внутрішніх водах.

На етапі технічного опрацювання виконано моделювання корпусу та елементів катера у програмному середовищі Maxsurf, сформовано масову відомість і навантажувальну схему судна. Проведено розрахунки остійності на великих кутах крену та перевірено відповідність вимогам щодо стійкості суден внутрішнього плавання. Отримано результати ходових характеристик, визначено залежності буксирувального опору та необхідної потужності головної енергетичної установки. Виконано розрахунок рушійно-рульового комплексу та параметрів гвинта за допомогою програмного забезпечення Hydrocomp PropCAD 2005.

					25.MP.135.6112м.08.ПЗ.03	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		59

Основні розмірення катера було отримано з використанням адаптованої оптимізаційної програми кафедри Теорії та Проектування Суден, де критерієм оптимізації прийнято показник надійності виконання рятувальних та аварійно-пожежних робіт у внутрішніх водних акваторіях. Результатом концептуального етапу стало формування варіанта рятувального катера водотоннажністю близько 61 т, архітектурно-конструктивний тип якого представлено як однопалубний катер із транцевою кормою, центральним машинним відділенням та надбудовою.

Перевірка технічного рішення на відповідність вимогам до суден внутрішнього плавання показала, що сформована конструкція забезпечує необхідну надійність, остійність, плавучість і ходові якості, що є визначальними для експлуатації рятувального катера в умовах внутрішніх вод.

Отже, проведене дослідження концептуального та технічного проектування повністю відповідає поставленому завданню та підтверджує ефективність запропонованого рятувального катера, а також його здатність задовольняти нормативні та експлуатаційні вимоги щодо надійності та морехідних якостей у внутрішніх водних акваторіях.

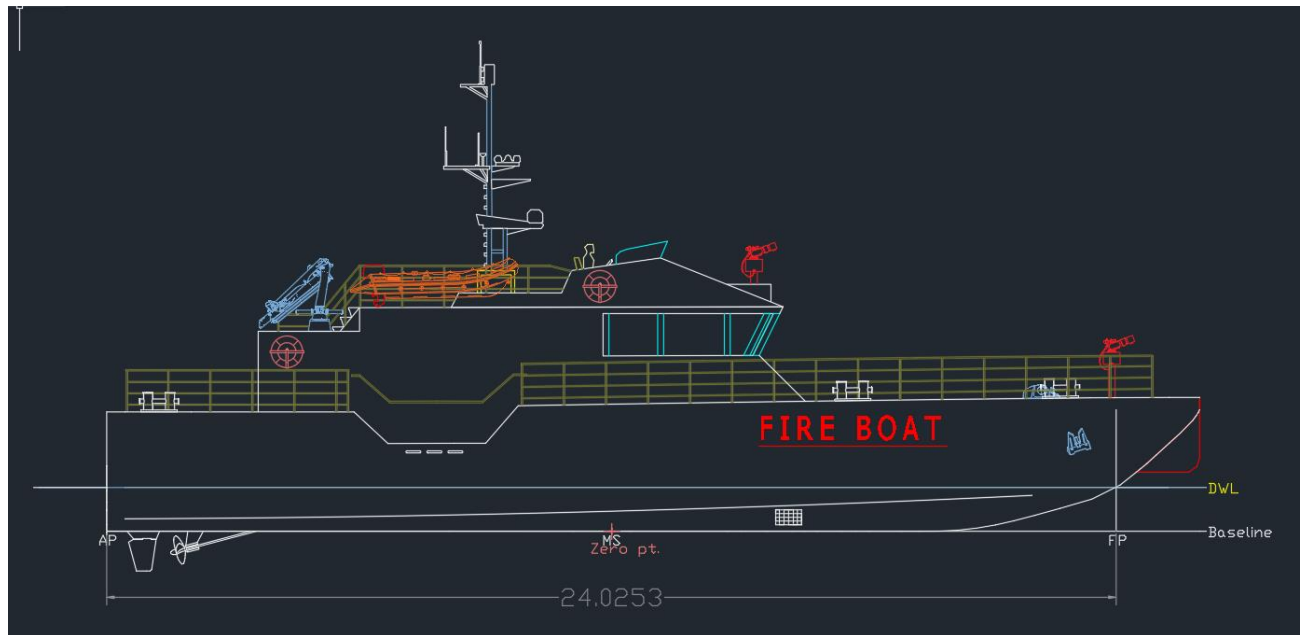
					25.MP.135.6112м.08.ПЗ.03	Арк.
						60
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

СПИСОК ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ

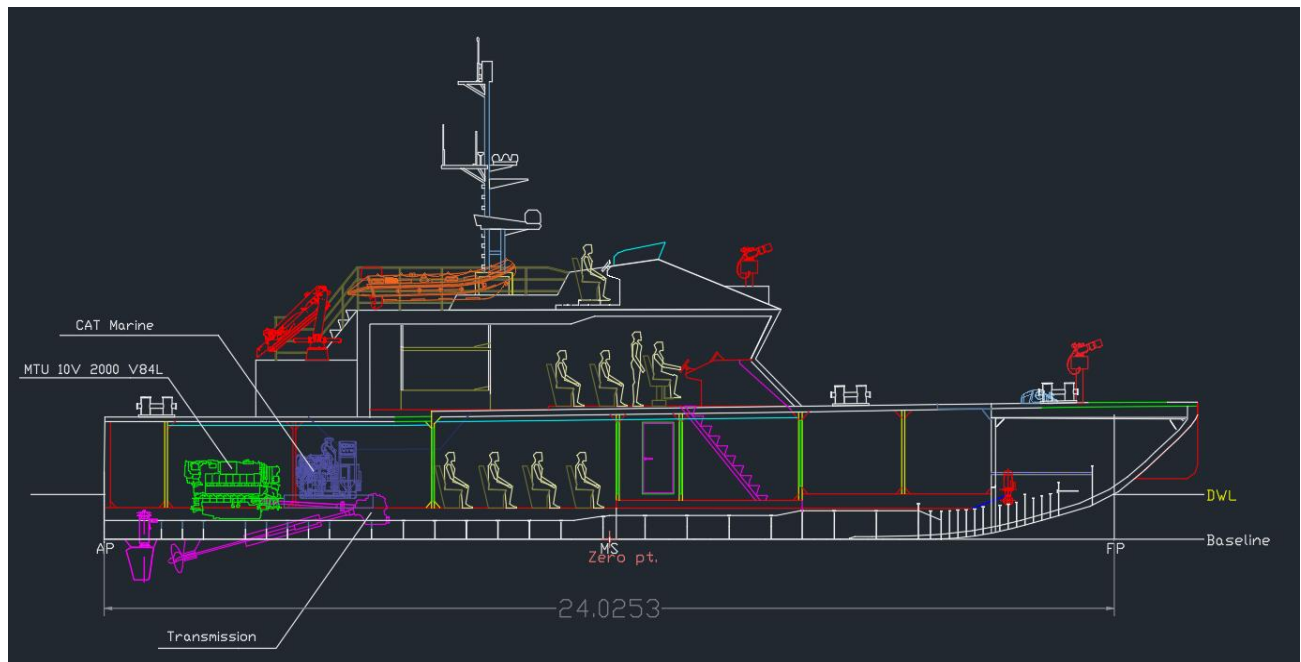
- [1] Nekrasov, V. Conceptual Designing of Ships: monograph / Valeriy Nekrasov. – Kyiv-Kherson: Oldi-Plus, 2019. – 112 p. (in English).
- [2] Maxsurf Enterprise V8i, Bentley Engineering, 2013.
- [3] Work Breakdown Structures for Defense Material Items [Text]: Handbook. – USA: Department of Defence, MIL-HDBK-881A, 2005. – 128 p.
- [4] Classification for Weight Groups for Surface Ships [Text]. – UK: Ministry of Defense, UK Defense Standard 02-163, Issue 2, Publication Date: 19, March 2010. – 127p.
- [5] Deschamps, L. Integrating Cost Estimating with the Ship Design Process [Text] / L. Deschamps, C. Greenwell. – USA: SPAR Associates, Inc., 2009. – 24 p.
- [6] Product-Oriented Design and Construction Cost Model [Text] / K. J. Ennis, J. J. Dougherty, T. Lamb, C. R. Greenwell, R. Zimmermann // SNAME : Ship Production Symposium. – New Orleans, Louisiana, April 21–23, 1997. – 17 p.
- [9] Marine & Offshore Solution Guide | Edition 2/22.
- [10] Rescue Ship, Le Quang Hung, Admiral Makarov National University Of Shipbuilding.
- [11] HydroComp PropExpert, 2005.
- [12] HydroComp PropCAD, 2005.
- [13] https://lakeassault.com/boat/30-landing-craft-fire-rescue-boat/?utm_source=chatgpt.com
- [14] https://www.creaturecraft.com/watermog-rescue-series?utm_source=chatgpt.com
- [15] https://www.mfc-international.com/home/products/water-rescue/rescue-craft?utm_source=chatgpt.com
- [16] https://www.bairdmaritime.com/work-boat-world/ribs-and-rhibs/vessel-review-chaterina-d-fast-self-righting-rib-for-dutch-volunteer-rescue-service?utm_source=chatgpt.com
- [17] https://en.wikipedia.org/wiki/Loch_Lomond_Rescue_Boat?utm_source=chatgpt.com

ДОДАТОК

1. Креслення катера



2. Загальне розташування катера

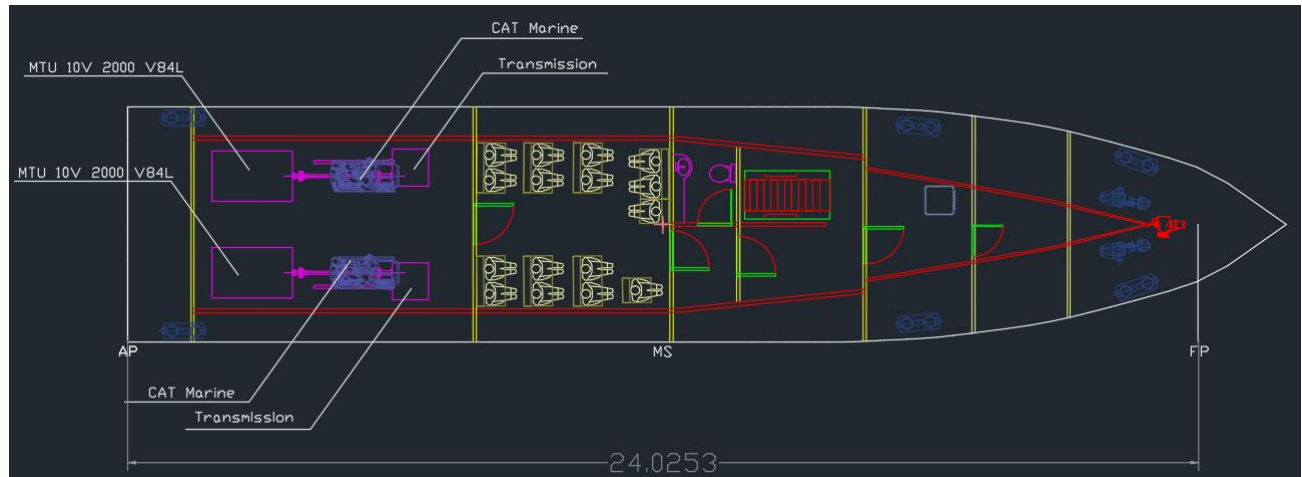


25.MP.135.6112м.08.ПЗ.03

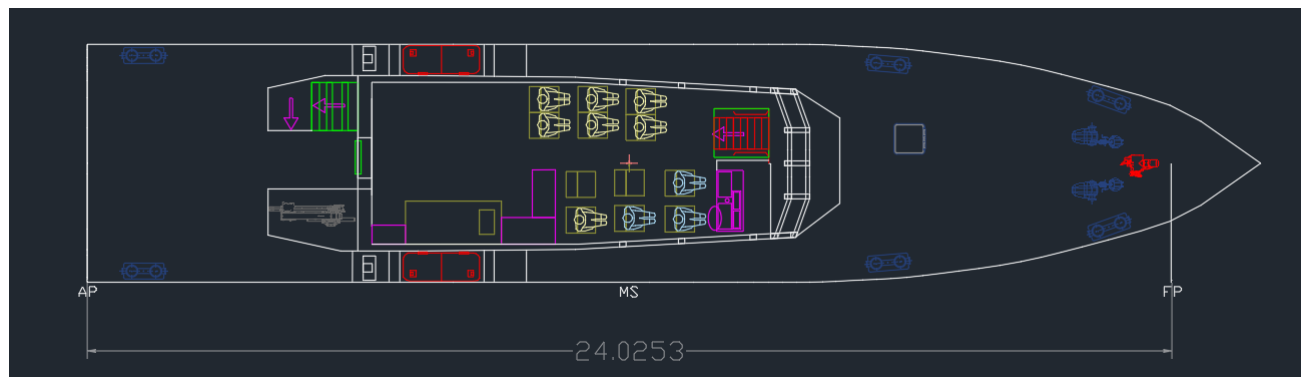
Арк.

62

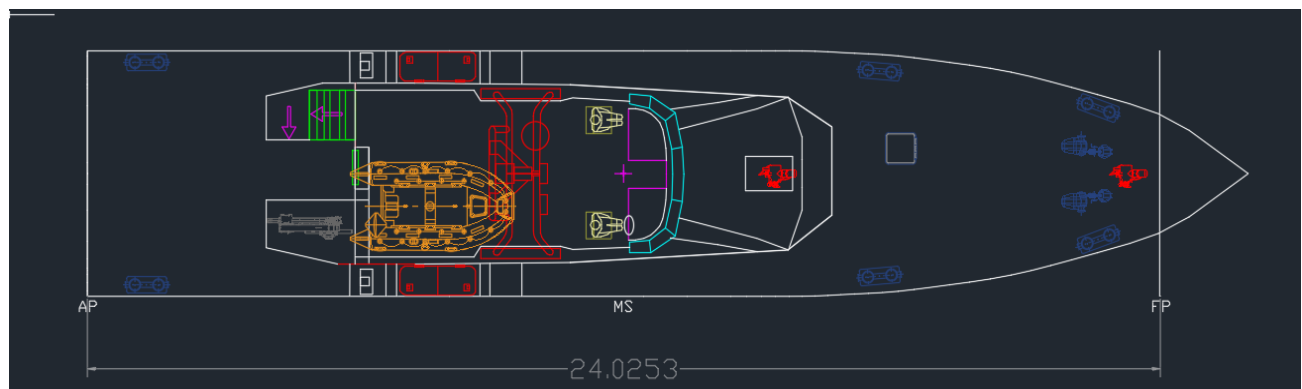
3. Вид зверху (нижня палуба)



4. Вид зверху (креслення надбудови)



5. Вид зверху



					25.МР.135.6112м.08.ПЗ.03	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		63

1. Креслення гвинта

