

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова

**Кораблебудівний навчально науковий інститут
Кафедра теорії та проектування суден**

«Допущений до захисту»

Завідувач кафедри, д.т.н. професор

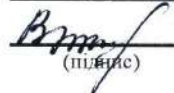
 В.О. Некрасов
«20» 12 2024 р.

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

Концептуальне проектування рятувального катера
для Бугсько-Дніпровського лиманського каналу
та дослідження його ефективності і надійності

Виконав:

студент 6112м групи

 Вихопень Микола Васильович
(підпис)

Керівник роботи:

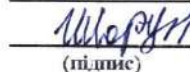
доктор техн. наук, професор

(посада, науковий ступень вчене звання)

 Некрасов В.О.

Рецензент:

канд. техн. наук, професор

 Шарун Г.В.
(підпис)

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



к.т.н., професор Бондаренко В.О.

« 12 » 09 2024 року

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

Студенту Вихопень Миколі Васильовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Концептуальне проектування рятувального катера для Бугсько-Дніпровського лиманського каналу та дослідження його ефективності і надійності

Керівник роботи Некрасов В.О.

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

Затверджені наказом ректора № від « » 2024 року

2. Термін подання роботи: 20.12.2024 р.

3. Вихідні дані по роботі:

3.1 Вантаж 20 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	12.09.2024			
4.2	Пашенко Ю.М., доцент	12.09.2024			

7. Дата видачі завдання 12.09.2024

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	17.09.2024	
4.1.2.	Аналіз методів вибору основних елементів катера	24.09.2024	
4.1.3.	Продукт-орієнтоване проектування катера	30.09.2024	
4.1.4.	Систем-орієнтоване проектування катера	07.10.2024	
4.1.5.	Постановка задачі оптимізаційного вибору основних розмірів	14.10.2024	
4.1.6.	Опис алгоритму вирішення задачі оптимізації	21.10.2024	
4.1.7.	Програмний комплекс для вирішення проблеми оптимізації	28.10.2024	
4.1.8.	Дослідницький проект катера	05.11.2024	
4.2.	Дослідження морехідних якостей судна, забезпечення вимог класифікаційного товариства до його надійності		
4.2.1.	Формування теоретичної поверхні катера	07.11.2024	
4.2.2.	Розрахунки статички (елементів теоретичного креслення)	12.11.2024	
4.2.3.	Розрахунок стійкості при великих кутах нахилу	15.11.2024	
4.2.4.	Розрахунок ходовості катера	17.11.2024	
4.2.5.	Технічний проект катера	08.12.2024	
4.2.6.	Пояснювальна записка	14.12.2024	
4.2.7.	Презентація	20.12.2024	

Студент  Вихопень Микола Васильович
(підпис) (ПІБ)

Керівник роботи  Некрасов Валерій Олександрович
(підпис) (ПІБ)

АНОТАЦІЯ

Згідно з завданням кафедри теорії та проектування суден в магістерській дипломній роботі було реалізовано дослідження процесу концептуального і технічного проектування катера для проведення рятувальних робіт та пожежогасіння в акваторії Чорного моря.

При розробці концептуального проекту були реалізовані:

- формування моделей експлуатації катера та його інженерно-навігаційних властивостей, необхідних для аналізу всього комплексу функціональних операцій цього судна в умовах його експлуатації в Чорному морі.
- створення моделей експлуатації катера в заданих умовах і постановка задач їх функціонування.
- визначення показників ефективності та надійності функціональних операцій на основі на основі адаптованої програми до дійсного завдання для досягнення головного критерію оптимізації – визначення ефективності та надійності.

Результатом концептуального проекту став катер швидкістю 15 вуз, водотоннажністю 55 т ознаками архітектурно-конструктивного типу якого стали: катер з однією палубою та з подовженою надбудовою, транцевой кормою та, а також машинним відділенням розташованим в задній частині корпусу. На етапі технічного проектування катера був розроблений проект, який задовольнив основні вимоги катерів даного класу та доповнив отримане концептуальне рішення задоволенням вимог до експлуатаційної надійності катера. За результатами концептуального проектування була побудована 3D-модель корпусу катера і за допомогою програмного продукту Maxsurf Engineering були виконані розрахунки плавучості, остійності, непотоплюваності і ходовості, а також морехідності катера. Таким чином, розробка концептуального і технічного проекту катера, призначеного для рятувальних робіт в районі Чорного моря відповідає завданню на проектування та вимогам до катерів його типу, що забезпечує його ефективність і надійність та задовольняє морехідним якостям.

Ключові слова: проектування, дослідження морехідних якостей, концептуальний проект судна.

					24.MP.8.135.6112м.03	Арк.
						3
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ABSTRACT

According to the task of the Department of Theory and Design of Ships in the master's thesis, a study of the process of conceptual and technical design of a boat for carrying out rescue operations and firefighting in the Black Sea area was implemented.

When developing the conceptual project, the following were implemented:

- formation of models of operation of the boat and its engineering and navigational properties, necessary for analyzing the entire complex of functional operations of this vessel under the conditions of its operation in the Black Sea.
- creation of models of operation of the boat in given conditions and formulation of tasks for their functioning.
- determination of indicators of efficiency and reliability of functional operations based on the adapted program to the actual task to achieve the main optimization criterion - determination of efficiency and reliability.

The result of the conceptual design was a boat with a speed of 15 knots, a displacement of 55 tons, the features of the architectural and structural type of which were: a boat with one deck and an extended superstructure, a transom stern and, as well as an engine room located in the rear of the hull. At the stage of technical design of the boat, a project was developed that satisfied the basic requirements of boats of this class and supplemented the received conceptual solution by satisfying the requirements for the operational reliability of the boat. Based on the results of the conceptual design, a 3D model of the boat hull was built and calculations of buoyancy, stability, unsinkability and maneuverability, as well as seaworthiness of the boat were performed using the Maxsurf Engineering software product. Thus, the development of a conceptual and technical design of a boat intended for rescue operations in the Black Sea area meets the design task and requirements for boats of its type, which ensures its efficiency and reliability and satisfies seaworthiness.

Keywords: Design, research of seaworthiness qualities, conceptual design of the vessel.

					24.MP.8.135.6112M.03	Арк.
						4
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ЗМІСТ

1. Вступ. Постановка задачі на проектування.....	7
1.1. Огляд основних тенденцій розвитку рятувальних та пожежних катерів.....	7
1.2. Класифікація рятувальних та пожежних катерів за конструкцією та за розмірами.....	8
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.....	18
2.3. Географічний простір та погодні умови корабельних операцій.....	22
2.4. Модель інженерно-навігаційних властивостей катера.....	27
2.5. Опис алгоритму вирішення задачі оптимізації.....	29
2.6. Концептуальний проект катера.....	29
3. Визначення морехідних якостей катера, розрахунок характеристик двигуна та рушія.....	43
3.1. Розрахунки елементів теоретичного креслення катера.....	43
3.2. Розрахунок остійності катера при великих кутах крену та, забезпечення вимог класифікаційного товариства його остійності.....	46
3.3. Розрахунок ходовості катера	49
3.4. Розрахунок характеристик рушія та двигуна катера в програмі HydroCompPropExpert.....	53
3.5. Проектування гвинта в програмі HydroComp Prop CAD.....	57
Висновки.....	60
Список літератури.....	62
Додаток.....	63

					24.MP.8.135.6112м.03	Арк.
						5
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

					24.МР.8.135.6112м.03.ПЗ.01								
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата									
Студент		Вихопень М. В.			Вступ. Постановка задачі на проектування			Літ.		Арк.	Аркушів		
										7		9	
Керівник		Некрасов В. О.						НУК ім. адм. Макарова					
Консульт.		Некрасов В. О.											
Зав. Каф.		Некрасов В. О.											

1. Вступ. Постановка задачі на проектування

1.1. Огляд основних тенденцій розвитку рятувальних та пожежних катерів

Різкі зміни вітрів, а також висока бальність морських хвиль наводить на те, що акваторія Чорного моря є небезбечною зоною для суднів, а особливо для малих суднів, чий технічний стан зазвичай незадовольняє вимогам до безпеки.

Виходячи з даних нещасних випадків та загибелі людей на морі можна зробити висновок про необхідність рятувальних катерів чий характеристики дозволяють оперативно розпочати пошуково-рятувальну роботу.

Рятувальні катери відіграють ключову роль інструменту, що сприяє забезпеченню безпеки та зниженню рівня смертності на морі. Важливо наголосити, що знизити кількість нещасних випадків на морі дуже важко, але знизити кількість летальних наслідків цілком можливо.

Успіх та ефективність роботи рятувальників залежить не тільки від їхньої кваліфікації та професіоналізму, а й від плавзасобів, якими вони будуть забезпечені. Для успішного виконання рятувальних операцій на морі катер повинен мати ергономічну конструкцію надводного борту для прийняття шлюпки, місцем для висадки врятованих, пристроями для підйому та спуску шлюпки, місткими каютами для врятованих, а також що найважливіше місцями для надання першої допомоги тим людям чий травми загрожують їхньому життю. Катер має бути обладнаний прожекторами, засобами зв'язком, радарами. Надбудова повинна мати хорошу оглядовість, а також бути водонепроникною. Корпус повинен мати міцну конструкцію.

Офіційні дані кількості аварій на морі, старіння флоту та підвищення їх аварійності наводять на те що задача побудови флоту рятувальних катерів є актуальною для України. Це підтверджується закупкою рятувальних катерів із інших країн.

					24.MP.8.135.6112м.03.ПЗ.01	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.2 Класифікація сучасних катерів за конструкцією, та розмірів [16, 17, 18, 19].

Кількість типів рятувальних катерів є необсяжною. Вони є різні за розмірами та завданнями, їх можна поділити на кілька умовних категорій:

- катери чия роль рятувального судна є другорядною. Їхнім основним призначенням є спостереження за обстановкою в акваторії. Вони поєднують у собі завдання роботи в порту та завдання порятунку людей, або постановки бонових загороджень. Подібні судна часто грають роль лоцманського судна.
- рятувальні катери вузького призначення. Деякі рятувальні катери можуть реалізувати свій потенціал лише у складі інших судів чи інших рятувальних засобів, як-от вертоліт. Такі катери можуть забезпечити лише порятунок і доставку людей на сушу, але в їх конструкції немає місць для потерпілих, а також немає можливості для надання першої допомоги.
- Великі катери від 25 до 30 метрів які здатні виконувати спектр різноманітних завдань та проводити рятувальні роботи. Ці катери здатні вести патрулювання біля морської зони на відстані від 200 до 500 морських миль. Автономність таких катерів варюється від 5 днів до тижня. Таким є радянський проект катера 1458 (тип – «Метель») (Рис. 1.1).



Рис. 1.1. Всепогодний рятувальний катер 1458 «Метель»

Спроектований спеціалістами Санкт-Петербурзького ЦПКБ катер проекту 1458 являє собою однопалубне тризальне судно з дизельною установкою і одноярусною рубкою. Катер призначений для надання допомоги екіпажам і пасажиром суден і літаків, що зазнають лиха в морі, за будь-яких метеорологічних умов. Район плавання - у всіх водах, що омивають береги

					24.МР.8.135.6112м.03.ПЗ.01	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

миль та допустимою відстанню між двома місцями притулку до 400 миль, а також у закритих морях.

Енергетична установка живить енергією всі суднові пристрої та системи. Головна силова установка складається з одного двигуна ЗД12А потужністю 300 л. при частоті обертання 1350 об/хв, що працює на середній гребний гвинт через реверс-редуктор, та двох форсажних двигунів М401-В потужністю по 1000 к.с. при частоті обертання 1550 об/хв, що працюють на бортові гвинти через реверс-редуктори. Управління двигунами здійснюється з кермової рубки або з ходового містка за допомогою системи дистанційного автоматичного керування. Утримання катера на курсі здійснюється балансірним кермом, що обтікається, що приводиться в дію електрогідравлічною рульовою машиною Р01.

Електроустаткування катера одержує живлення від двох допоміжних дизель-генераторів марки ДГА-25-9М потужністю 25 кВт. Для зв'язку з берегом та іншими суднами катер оснащений приймальними радіостанціями “Ластівка” та “Рейд”. А безпека плавання забезпечується сучасним навігаційним обладнанням, що складається з станції радіолокації “Лощія”, радіопеленгатора “Рибка”, електромеханічного лага “ЛЗМ”, дистанційного магнітного компасу “Сектор”.

На катері є спеціальні рятувальні засоби, що складаються з двох надувних плотів ПСН-10М, з гідростатичним роз'єднувальним механізмом, та пристосувань. У їх числі — траловий пристрій, що включає два постріли (по одному з кожного борту), направляючий блок, капроновий канат довжиною 300 м з поплавцями через 5 м і надувний рятувальний пліт ПСНЧ-3 (вибір і тралення каната здійснюється швартівним барабаном шпиля).

Для прийому людей з судна, що гине, призначена гасувальна сітка (кріплення сітки проводиться до стаціонарних бортових стійк, а натяг - ручними талями)

					24.МР.8.135.6112м.03.ПЗ.01	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для підбору людей з поверхні води - відкидний майданчик з самовстановлюваним леєром, який забирається "по-похідному" в кормову нішу. Загалом на катері можливе розміщення до 40 врятованих.

Можливості малих катерів обмежені дією у прибережній зоні до 100 морських миль. А їх автономність обмежена 24 годинами, це означає, що вони мають поповнювати запаси палива та провізії після зміни.



Рис. 1.2. Portland Fireboat - Marine 1

Portland Fireboat – Marine (Рис. 1.2.) побудований А. F. Theriault & Sons у Метеган, Нова Шотландія влітку 2009 року для пожежного департаменту Портленда, штат Мен. Система набору води здатна закачувати 3500 галлонів на хвилину. Катер має два носових пожежних стволи, два кормових, та один великий ствол на надбудові.

Човен оснащений відсіком «швидкої допомоги», який налаштовується подібно до машин швидкої допомоги Портленда.

Marine One (Рис.1.3.) це пожежний катер Пожежна Департаменту Сіетла (SFD). Катер був закладений у 2006 році і введений в експлуатацію того ж року. Це один із трьох пожежних катерів, що експлуатуються SFD.

					24.MP.8.135.6112м.03.ПЗ.01	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рис. 1.3. Marine One Seattle Fire Department

Судно довжиною 15 метрів, класифікується як "швидкий ударний катер", має швидкість близько 30 вузлів. Це пожежний катер моделі FireStorm 50, побудований компанією MetalCraft Marine Кінгстон, Онтаріо. Корабель має вбудований резервуар з пінопласту ємністю 760 літрів для використання проти пожеж на хімічному паливі.

Катер може перекачувати воду для гасіння пожеж на суші, проводити рятувальні та рятувальні операції у забрудненому середовищі, розміщувати служби невідкладної медичної допомоги та виявляти людей у воді та інших гарячих точках за допомогою тепловізійної камери.



Рис. 1.4. Arun Lifeboat

					24.MP.8.135.6112м.03.ПЗ.01	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

Одним із найвідоміших є англійські Arun LifeBoat, Рятувальна шлюпка класу Arun була швидкохідною всепогодною рятувальною шлюпкою, розробленою

для обслуговування на своїх станціях уздовж узбережжя Сполученого Королівства та Ірландії. Вони експлуатувалися RNLI з 1971 до 2008 року. Багато з них було продано для подальшої служби у рятувальних шлюпках та службах берегової охорони інших країн.

Велика водонепроникна кабіна давала їй можливість самовідновлюватись. Дві каюти для тих, хто вижив, розташовані під палубою, де зберігається обладнання для надання першої допомоги та аварійно-рятувальне обладнання. Корпус поділено на 26 водонепроникних відсіків для захисту від затоплення у разі пробою. Над головною кабіною також є флайбридж із допоміжним кермовим постом, який можна використовувати, коли під час операції потрібна додаткова висота чи видимість. Човен отримав нагороду Design Council у 1982 році.

Розроблені в Британському Королівському національному інституті рятувальних шлюпок із синім корпусом та помаранчевою надбудовою. Одні розроблені в інституті з метою зробити порятунок людей ефективнішим. Катер побудований з урахуванням найсуворіших вимог до стійкості і є непотоплюваним.

Після проекту Arun був розроблений проект Severn LifeBoat. Клас Severn - найбільша рятувальна шлюпка, яку експлуатує Королівський національний інститут рятувальних шлюпок (RNLI). Клас довжиною 17,3 метра (56 футів 9 дюймів) було введено в експлуатацію у 1996 році. Він названий на честь річки Северн, найдовшої річки у Великій Британії. Рятувальні шлюпки розміщені в 35 місцях по всьому узбережжю Сполученого Королівства та Ірландії та можуть забезпечити покриття до 125 морських миль (232 км). в открытом море.

					24.MP.8.135.6112м.03.ПЗ.01	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рис. 1.5. Severn Lifeboat

Severn виготовлені з армованого волокном композитного матеріалу, а їх корпус напівводовипромінюючого типу з жорсткою вилицею сконструйований таким чином, що він залишиться на плаву, якщо затоплені два з п'яти відсіків. Для додаткової маневреності, на додаток до двох двигунів, Severn також оснащений носовим пристроєм, що підрулює. Надувний човен Y-класу може бути розгорнутий бортовим краном для використання на мілководді або в замкнутих просторах.

Канадські рятувальні катери Severn LifeBoat засновані на англійських, проте вони відрізняються від них катерів дещо іншою формою надбудови, і внутрішнім облаштуванням кают — тут передбачені місця для 12 врятованих і 2 важко постраждалих, яким може бути надано першу допомогу. Допомогу надають лікарі, які є у складі екіпажу катера. Надводний борт катера дуже низький, що дозволяє легко вивантажувати постраждалих зі шлюпки на палубу.

					24.MP.8.135.6112м.03.ПЗ.01	Арк.
						13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рис. 1.6. Severn Lifeboat (Canada)

Новий проект є роботою канадської морської архітектурної фірми Robert Allan Ltd. і є модифікацією рятувальної шлюпки класу Severn, що робить судна більш пристосованими до екстремальних погодних умов, які можна зустріти біля берегів Ньюфаундленду і Нової Шотландії. Нові судна, здатні розвивати швидкість 23,5 вузла (43,5 км/год; 27,0 миль/год), будуть швидше ранніх судів класу Arun зі швидкістю 18,5 вузлів. виготовлені з алюмінію, а не FRC (армованого волокном композиту), як в оригінальному проекті Severn.

					24.МР.8.135.6112м.03.ПЗ.01	Арк.
						14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

					
COUNTRY	Russia	Canada	Great Britain	Great Britain	Great Britain/Canada
Builder			52-01/2, 54-03 Уильям Осборн, Литлхэмптон	Berthon Boat Co , Green Marine	Robert Allan Ltd.
NAME	1458 METEL	Cape	Arun	Severn	Severn
Displacement	90	21 тонн	33 т	40	62,5 т (69 коротких тонн)
Length	27,07	14,6 м	16 м	17,3	19 метров (62 фута)
Beam	6,64	4,27 м	5,2 м	5,9	6,3 метра (21 фут)
Draft	1,5	1,37 м	1,5 м	1,78	1,67 метра (5,5 футов)
Type of propulsion					
Propulsion	одного двигателя ЗД12А мощностью 300 л.с. при частоте вращения 1350 об/мин, работающего на средний гребной винт через реверс-редуктор, и двух форсажных двигателей М401-В мощностью по 1000 л.с. при частоте вращения 1550 об/мин, работающих на бортовые винты также через реверс-редукторы	два дизеля Caterpillar C12 по 435 л.с.	52-02 по 52-14: 2 x 460 л.с. (340 кВт) Caterpillar D343 6-цилиндровый 52-15 по 52-46: 2 x 485 л.с. (362 кВт) Caterpillar 3408TA V-8	2 x дизельных двигателя Caterpillar 3412 TA мощностью 1250 л.с. (932 кВт) каждый или 2 двигателя MTU 10V2000 M94; 1600 л.с. (1193 кВт) (после переоборудования) Редуктор UBW 195 V с реверсом, передаточное отношение 2,03:1 Емкость топливного бака 5500 литров (1200 имперских галлонов)	2 двигателя Wajax MTU 10V2000 M94; 1600 л.с. (1193 кВт)
kW/shp		2*340/2*435		2*932	2*1193
Weight					
Speed	10,2; 18	22 25	18,5 узлов (34,3 км/ч; 21,3 миль/ч)	25 узлов (29 миль/ч; 46 км/ч)	23,5 узла (27,0 миль/ч; 43,5 км/ч)
Range	250	200 морских миль	250 морских миль (460 км; 290 миль)	250 морских миль (460 км)	100 морских миль (190 км)
Complement	5+40	9+5	6	6	4+2 Двое (2) выживших на носилках и до двенадцати (12) выживших в сидячем положении
Endurance	2				10 часов
Systems	Для связи с берегом и другими судами катер оснащен приемопередающими радиостанциями "Ласточка" и "Рейд". А безопасность плавания обеспечивается современным навигационным оборудованием, состоящим из радиолокационной станции "Лощия", радиопеленгатора "Рыбка", электромеханического лага "ЛЗМ", дистанционного магнитного компаса "Сектор".			Надувная лодка Y-класса, полное MF и VHF DSC радиооборудование, дифференциальный GPS-навигатор, электронную картографическую систему, VHF радиопеленгатор, радар и датчики погоды. Обеспечение для выживших включает в себя комплексное оборудование для оказания первой помощи, включая носилки, кислород и Entonox .	

Табл. 1.1. Характеристики рятівних катерів

					24.МР.8.135.6112м.03.ПЗ.02		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Продукто-орієнтоване проектування катера Літ. Арк. Акрушів 17 24 НУК ім. адм. Макарова		
Студент		Вихопень М. В.					
		.					
Реценз.		Некрасов В. О.					
Н. Контр.		Некрасов В. О.					
Затверд.		Некрасов В. О.					

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, радіоприймачів 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, боєприпасів, систем зберігання та обробки боєприпасів, 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]

ECER – це система, яка виконує певні прогнози вартості будівництва та експлуатації судна впродовж всього життя судна.

Проектування з допомогою цієї системи починається з групи 100 та закінчується групою 900, тим самим служить основою для визначення кінцевого терміну будівництва судна. Вищезазначені групи розраховують значення прогнозів вартості будівництва та експлуатації нового судна за допомогою рівнянь регресії, а саме емпіричного співвідношення для оцінки 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 залежить від типу проектного судна, та впливає на остаточний результат. Коефіцієнт DF залежить від продуктивності суднобудівного заводу. Значення коефіцієнтів розглянуті 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
	США				
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 робіт з проектування визначається за допомогою алгоритму визначення вартості та тривалості робіт з основних етапів проектування, побудови та планування подальшого виробництва. Основними даними для роботи алгоритму є

тип судна, який застосовується через коефіцієнт T_F ; повна водотоннажність M_{full} та обрану швидкість згідно технічного завдання [5].

Текущий год

2020

Расходы по программе

15,00

Непредвиденные обстоятельства

15,00

Расчеты:

Подъем/Падение экономики судостроения

Зарплата плата. Техника, ф/час

Зарплата плата. Производсто, ф/час

% Накладные расходы

% Работа администрации (АУП)

% Материалы для администрации

% Прибыль

Среднее число работающих, занятых в ПП верфи:

3

Среднее число работающих, занятых в производстве:

11

Производство верфи:

Коэффициент производительности верфи

1,0000

Коэффициент производительности (сталь)

1,0000

Коэффициент производительности(оборудование)

1,0000

Общий коэффициент производительности

1,0000

Дополнительная оплата материалов

Коэффициент стоимости материалов верфи

1,00

Объединенный коэф. стоимости материалов

1,00

Группа

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Масса тонн

Чел-час

Рис.2.1. Визначення вартості катера

2.3. Географічний простір та погодні умови корабельних операцій [7, 8]

Географічний простір експлуатації катера акваторія Чорного моря, від Миколаєва до Очакова (Рис.2.1). Даний маршрут пролягає через район №1 Чорного моря (Рис.2.2.).

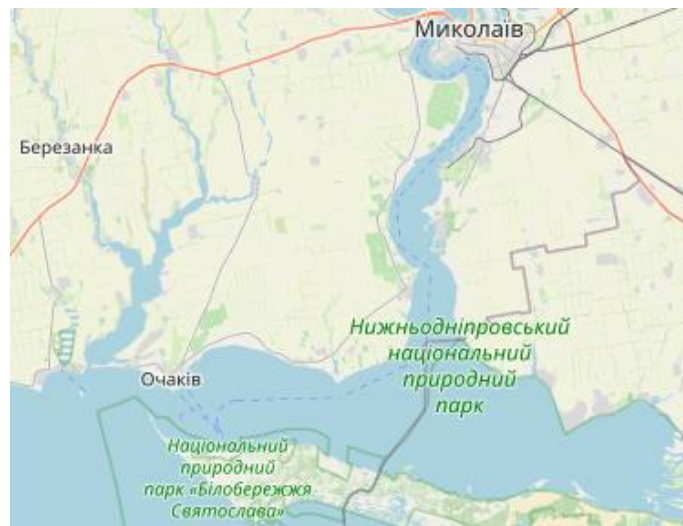


Рис.2.2. Район експлуатації (Aquaplot Explorer)

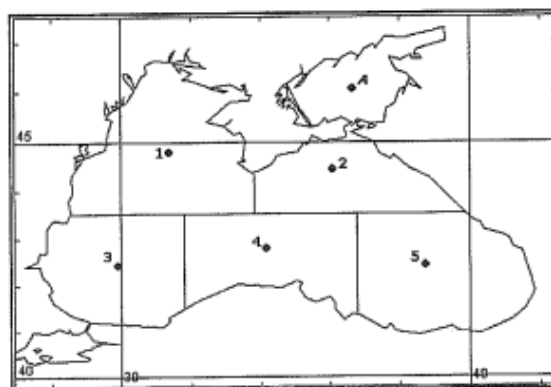


Рис. Ч.1 Районирование Черного и Азовского морей

Рис.2.3. Районування Чорного та Азовського моря

Чорне море вважається частиною басейну Атлантичного океану і з'єднується з океаном через Мармурове та Середземне моря протоками Босфор, Дарданелли та Гібралтар. По рельєфу дна море поділяється на дві частини: мілководну північно-західну (з глибинами трохи більше 100 м) та іншу, глибоководну частина моря. Береги басейну надзвичайно поглиблені. Ізобат 50 метрів може проходити на відстані не більше 2 миль від берега, а 100 метрів 4-5 миль. Середня глибина моря дорівнює 1282 м-коду. максимальна 2245 м-коду. Значні розміри моря, великі

					24.МР.8.135.6112м.03.ПЗ.02	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

повторюваність сильних вітрів, розвитку штормового хвилювання. При цьому в прибережній зоні режим хвилювання дуже мінливий і залежить від особливостей конкретного району.

Загальний характер вітровохвильових процесів Чорного моря залежить від сезонної та просторової мінливості атмосферних полів. У зимовий період над морем панівними вітрами є північні та північно-східні; влітку переважають вітри змінних напрямів. На узбережжі Чорного моря повторюваність вітрів пов'язана також із місцевими географічними особливостями. В окремих прибережних районах моря спостерігаються сильні місцеві вітри для них характерна також бризова циркуляція.

Взимку у Чорному морі зазвичай замерзають лише окремі райони вздовж північного та північно-західного узбережжя. У суворі зими лід (припай) може поширюватися вздовж західного узбережжя на південь; У м'які зими льодом можуть покриватися лише лимани, затоки та окремі бухти біля північно-західного узбережжя моря. Непоодинокі зими, коли лід (припай) не утворюється зовсім.

Т, лет	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ	Общее
Интервал осреднения – 1 час									
1	21,1	21,8	18,0	14,4	16,1	19,5	19,8	19,2	21,8
5	22,1	23,5	19,5	15,3	17,0	20,6	20,5	19,6	23,5
10	22,5	24,2	20,1	15,7	17,4	21,1	20,9	19,9	24,2
25	23,1	25,2	20,9	16,2	17,9	21,8	21,4	20,2	25,2
50	23,6	25,9	21,6	16,6	18,3	22,3	21,8	20,5	25,9
100	24,1	26,6	22,2	17,0	18,8	22,8	22,2	20,8	26,6
Интервал осреднения – 10 мин									
1	22,9	23,7	19,4	15,4	17,3	21,1	21,4	20,7	23,7
5	24,0	25,6	21,0	16,4	18,3	22,4	22,2	21,2	25,6
10	24,5	26,4	21,8	16,8	18,7	22,9	22,6	21,5	26,4
25	25,2	27,5	22,7	17,4	19,3	23,7	23,2	21,9	27,5
50	25,7	28,3	23,4	17,9	19,8	24,2	23,6	22,2	28,3
100	26,2	29,1	24,1	18,3	20,3	24,8	24,1	22,5	29,1
Интервал осреднения – 5 с (порывы)									
1	27,6	28,7	23,2	18,1	20,5	25,3	25,7	24,8	28,7
5	29,0	31,1	25,3	19,4	21,7	26,9	26,8	25,5	31,1
10	29,7	32,2	26,2	19,9	22,3	27,7	27,3	25,8	32,2
25	30,6	33,6	27,4	20,7	23,1	28,6	28,0	26,3	33,6
50	31,3	34,7	28,3	21,2	23,7	29,4	28,6	26,7	34,7
100	32,0	35,8	29,2	21,8	24,3	30,2	29,2	27,1	35,8

Рис.2.4. Найбільші швидкості вітру, можливі 1 раз на рік 5, 10, 25, 50, 100 років, без урахування напрямків, та по восьми румбах, з інтервалами 1 годину, 10 хвилин та 5 с (пориви)

V (м/с)	C	CB	B	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ	f(V)	F(V)
0-4	4,3	3,8	2,7	2,6	3,2	3,6	3,6	3,8	27,6	100,0
4-8	6,1	5,8	3,5	3,1	4,0	4,9	5,0	5,2	37,6	72,4
8-12	4,2	4,6	2,1	1,5	2,0	3,2	3,2	3,4	24,3	34,8
12-16	1,5	2,1	0,7	0,3	0,4	1,1	1,1	1,2	8,5	10,6
16-20	0,3	0,6	0,12	0,02	0,05	0,2	0,2	0,2	1,8	2,0
20-24	0,04	0,10	0,01	-	+	0,02	0,02	0,03	0,2	0,2
≥24	+	+	-	-	-	+	-	+	0,02	0,02
f(φ)	16,5	17,0	9,2	7,6	9,7	13,1	13,1	13,9	100,0	
M _v (φ)	7,0	7,7	6,5	5,8	5,9	6,8	6,8	6,9		

Рис.2.5. Повторюваність (%) швидкостей вітру (V, м/с) за місяцями та напрямками φ, повторюваність f(V)% та забезпеченість F(V)% швидкостей вітру, повторюваність напрямків вітру (φ)% та середня швидкість за напрямками M_v(φ) (М/с). ВЕСЬ РІК

T	1	5	10	25	50	100
ВИСОТЫ ВОЛН (м)						
$\bar{h}$	2,4	2,9	3,1	3,3	3,5	3,7
50%	2,3	2,7	2,9	3,1	3,3	3,5
13%	3,9	4,6	4,9	5,3	5,6	5,9
3%	5,2	6,1	6,5	7,0	7,4	7,8
1%	5,9	7,0	7,4	8,0	8,5	9,0
0,1%	7,3	8,6	9,1	9,9	10,4	11,0
ПЕРИОДЫ ВОЛН (с)						
$\bar{T}$	7,5	8,2	8,4	8,7	9,0	9,2
50%	7,1	7,7	8,0	8,3	8,5	8,8
13%	7,9	8,6	8,8	9,2	9,4	9,7
3%	8,3	9,0	9,3	9,6	9,9	10,2
1%	8,4	9,1	9,4	9,8	10,1	10,3
0,1%	8,6	9,4	9,7	10,1	10,3	10,6
ДЛИНЫ ВОЛН (м)						
$\bar{\lambda}$	88	104	110	119	126	133
50%	79	94	100	108	114	120
13%	97	114	122	132	139	147
3%	107	126	134	144	153	161
1%	110	130	139	150	158	167
0,1%	116	137	146	158	167	176
ВИСОТЫ ГРЕБНЕЙ (м)						
0,1%	3,9	4,6	4,9	5,3	5,6	5,9

Рис.2.6. Висоти, періоди, довжини хвиль (середні, 13%, 3%, 1%, 0.1% забезпеченості), та висоти гребенів 0.1% забезпеченості, можливі 1 раз на рік, 5, 10, 25, 50, 100 років

h _{3%} , м	C	CB	B	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ	f(h)	F(h)
0-1	7,8	6,1	5,4	7,6	6,0	6,3	5,5	4,6	49,4	100,0
1-2	5,3	5,1	3,9	4,1	3,6	5,3	4,1	3,6	35,1	50,6
2-3	1,6	2,3	1,4	0,7	0,8	2,2	1,5	1,3	11,8	15,5
3-4	0,3	0,7	0,4	0,05	0,12	0,7	0,4	0,3	2,9	3,7
4-5	0,06	0,2	0,10	+	0,02	0,2	0,07	0,05	0,7	0,9
≥5	0,01	0,06	0,03	-	+	0,04	0,01	+	0,2	0,2
f(θ)	15,1	14,5	11,3	12,5	10,7	14,7	11,6	9,8	100,0	
M _s (θ)	1,1	1,4	1,2	1,0	1,0	1,4	1,2	1,2		

Рис.2.7. Повторюваність (%) висот хвиль 3% забезпеченості (13%, м) за місяцями та напрямками 0, повторюваність $f(h)\%$ та забезпеченість $F(h)\%$ висот волі, та повторюваність напрямків волі $f(0)\%$ та регресія $M.(0)$ м. ВЕСЬ РІК

$h_{3\%}$ (м)	Средний период τ (с)					Характеристики		
	0-2	2-4	4-6	6-8	≥ 8	$f(h)$	$F(h)$	$m_r(h)$
0-1	0.04	30.7	18.4	0.2	+	49.4	100.0	3.8
1-2	0.02	14.1	20.1	1.0	+	35.1	50.6	4.3
2-3	+	1.4	8.6	1.8	0.01	11.8	15.5	5.1
3-4	-	0.03	1.4	1.4	0.03	2.9	3.7	6.0
4-5	-	-	0.09	0.5	0.06	0.7	0.9	6.9
≥ 5	-	-	+	0.10	0.06	0.2	0.2	7.7
$f(\tau)$	0.1	46.2	48.5	5.0	0.2	100.0		
$F(\tau)$	100.0	99.9	53.7	5.2	0.2			
$m_h(\tau)$	0.9	0.9	1.4	2.8	4.4			

Рис.2.8. Спільна повторюваність (%) висот хвиль 3% забезпеченості (13%, м) та середніх періодів τ (с), повторюваність $f(\%)$ та забезпеченість $F\%$ висот та періодів хвиль, та криві регресії $m_a(t)$, $m.(h)$. ВЕСЬ РІК

Клас	Переходные вероятности из класса в класс (%)					Повторяемость по классам (%)
	I	II	III	IV	V	
I	69	3	28	-	-	28
II	1	67	27	4	1	8
III	15	3	74	2	6	52
IV	13	1	32	42	12	3
V	9	1	27	4	59	9

Рис.2.9. Ймовірнісні характеристики (%) перемежування кліматичних спектрів морського хвилювання. ВЕСЬ РІК

Розподіл хвиль по висотам у басейні Чорного моря зображено на графіку нижче (рисунк 1.4.1.2.1). P – це ймовірність появи хвилі певної висоти; $h_{3\%}$ – висота хвилі трьохпроцентної забезпеченості (ймовірність перевищення якої дорівнює 3%).

Для вираховування середньої втрати швидкості на від інтенсивності хвилювання використовується емпірична формула, що запропонована Регістром Ллойду.

$$\Delta v / v_{\text{т.в.}} = 50 \left(\frac{h_{1/3}}{L} \right)^2 \left[Fr^{-1} - 3 \left(\frac{h_{1/3}}{L} \right)^{\frac{1}{4}} \right],$$

де $h_{1/3} = 0,75h_{3\%}$.

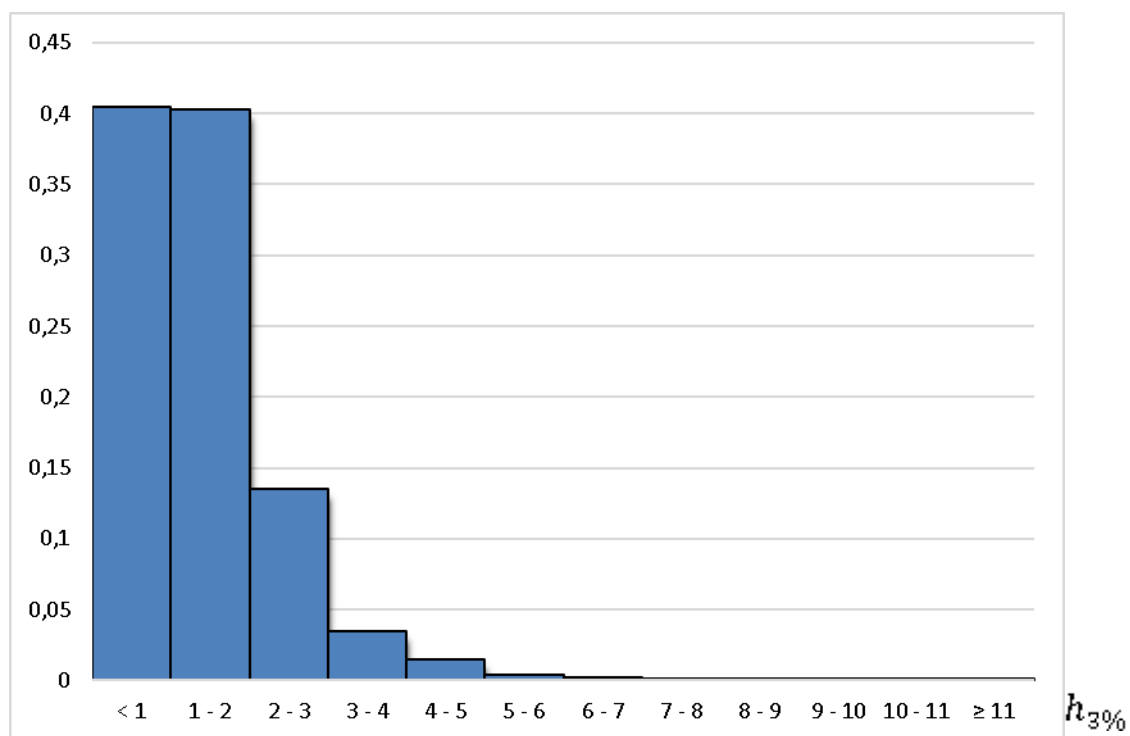


Рисунок 2.10. – Розподіл хвиль по висотам у басейні Чорного моря

2.4. Модель інженерно-навігаційних властивостей катера [4]

Модель інженерно-навігаційних властивостей катера представляє собою складну систему, властивості якої залежать від конструктивних характеристик судна – довжини L , ширини B , осадки d , висоти 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.

Інженерні характеристики це місткість та міцність, в той час навігаційні або морехідні якості як плавучість, остійність, непотоплюваність, ходовість, керованість, морехідність.

Місткість – необхідні обсяги суднових приміщень і площі палуби для розміщення механізмів, устаткування, систем, вантажу тощо.

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:

$$V_c \geq |V_c| \quad (2.1)$$

$$A_c \geq |A_c| \quad (2.2)$$

Міцність. Напруження в з'єднаннях корпусу судна, які викликані діючими навантаженнями під час експлуатації, були не більше допустимого значення

$$\sigma_c \leq |\sigma_c| \quad (2.3)$$

Рівність сили мас, яка визначається масами ESWBS і сил плавучості в положенні рівноваги судна на тихій воді:

$$\sum_{i=1}^7 gW_{i00} + gW_F = \rho g L B d C_b \quad (2.4)$$

Непотоплюваність. Основною умовою є наступна:

$$R > |R| \quad (2.5)$$

де R – імовірнісний показник розподілу корпусу судна на відсіки,
 $|R|$ – допустиме значення показника (2.6)

Остійність. При великих кутах крену та диференту забезпечується дотриманням критерій умов погоди та обмежень на діаграмі остійності

					24.MP.8.135.6112м.03.ПЗ.02	Арк.
						25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$h_0 > 0.05\text{m}; \quad (2.7)$$

$$\theta_m > 30\text{deg}; \quad (2.8)$$

$$\theta_v > 60\text{deg}; \quad (2.9)$$

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

$$\text{ЕНР} = \eta N_E \quad (2.10)$$

Керованість. Стійкість на курсі забезпечена за допомогою апаратних засобів управління рухом судна.

Повна маневреність при умові:

- діаметр сталої циркуляції судна є не більше необхідного

$$D_c = |D_c| \quad (2.11)$$

Морехідність. Задоволення вимог до життєпридатності і експлуатації устаткування під час впливу вітрохвильових режимів району експлуатації:

якщо переміщення s , швидкість $\dot{s}$ та прискорення $\ddot{s}$ під час руху судна не перевищуються встановлення допустимі значення.

$$s < |s| \text{ — умова для переміщення} \quad (2.12)$$

$$\dot{s} < |\dot{s}| \text{ — швидкість} \quad (2.13)$$

$$\ddot{s} < |\ddot{s}| \text{ — прискорення} \quad (2.14)$$

					24.МР.8.135.6112м.03.ПЗ.02	Арк.
						26
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.5. Опис алгоритму вирішення задачі оптимізації. [1]

Необхідно визначити характеристики рятувального судна, призначенням якого є виконання рятувальних операцій на північно-західній частині чорноморської економічної зони України.

Огляд стану морських навігаційних аварій та подій у морській економічній зоні України, складений фахівцями Державної морської інспекції з безпеки судноплавства Головної державної інспекції України з безпеки судноплавства Міністерства транспорту України, показує, що протягом останніх п'яти років у морській економічній зоні України відбулося 103 морські аварії та події, з них 65 – навігаційні.

На рис.5.3 показано загальний вигляд розподілу морських аварій та подій за типами за період 1999-2003 років в економічній зоні України.

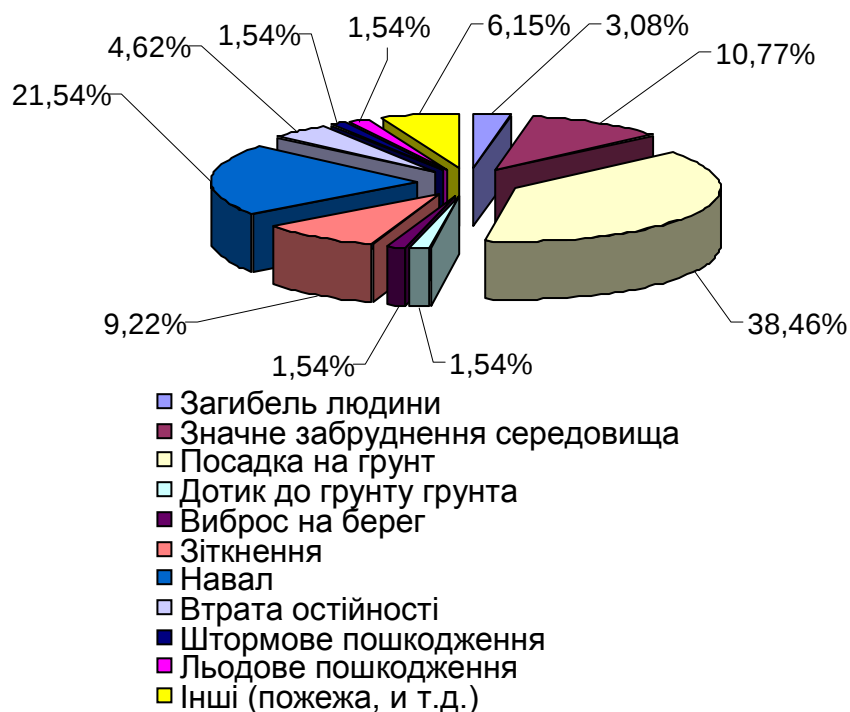


Рис.2.11. Розподіл морських аварій за типами в економічній зоні України у період 1999–2003

З цього розподілу видно, що переважаючими видами аварійності є посадки на мілину, які становлять по абсолютній величині - 25 великих аварій, що у відсотковому відношенні дорівнює 38,46% загальної кількості морських навігаційних аварій. Той самий аналіз показує, що найбільш несприятливим є район 1 (рис.2.12.). У зазначений період Херсонським морським і Бузько-

					24.MP.8.135.6112м.03.ПЗ.02	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

аварій, 12 з них з'явилися посадками на мілину і зіткненням з ґрунтом. За зоною відповідальності за навігаційне забезпечення державного підприємства "Дельта-лоцман" припало 24,62% навігаційних аварій та подій, з яких посадки на мілину становлять – 75%.

Як вихідні дані щодо погодних умов району обслуговування використовувалися довідкові дані Реєстру СРСР про вітро-хвильові режими, що мають місце в районі 1 Чорного моря.

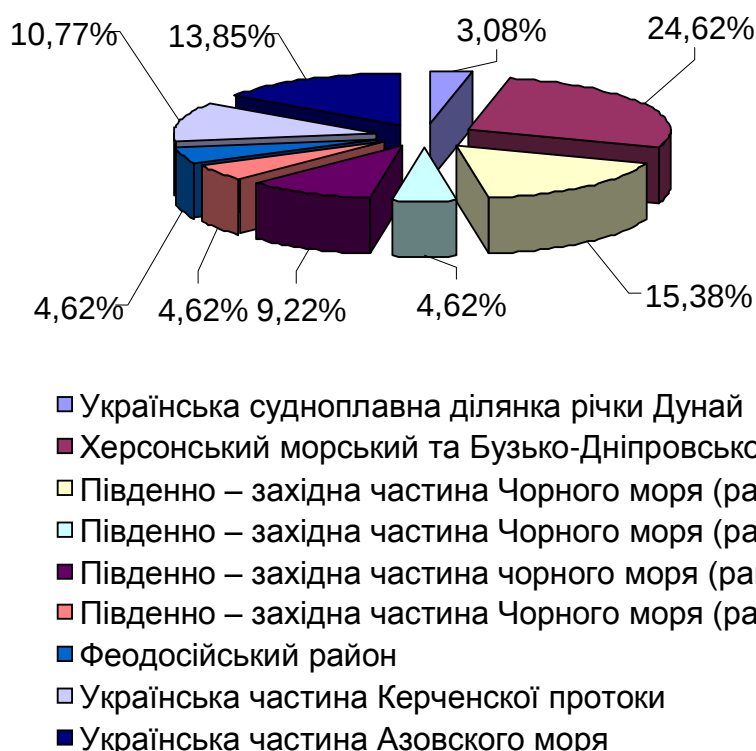


Рис. 2.12. Розподіл морських навігаційних аварій за регіональним принципом у районах морської економічної зони України.

На основі наведених даних району аварійно-рятувального обслуговування можна скласти такі вихідні дані для вирішення поставленого завдання:

- 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 законом (3.9) зі значеннями $\mu_{\xi A1} = 5$; $\sigma_{\xi A1} = 25$, по η – законом (3.10) зі значеннями $\eta_{A1.0.5} = 15$; $\sigma_{\eta A1}^2 = 2$;
- закон розподілу водотоннажностей аварійних суден: Бета, $\alpha = 1,5$; $\beta = 7,3$;
 $\Delta_{\max}^* = 50000$ т, $\Delta_{\min}^* = 100$ 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.

Задача оптимізації полягає у комплексному методі дослідження функціонування рятувального катера, оцінки ефективної експлуатації на базі критеріїв продуктивності та надійності та поєднання оптимальних рішень які призначенні для реалізації на практиці. Погодні умови визначаються розподілом характеристик вітру, хвиль і течій.

Аналіз проводиться за допомогою алгоритму оптимізації, цільовою функцією якої є обраний критерій. Програмний комплекс розраховує основні розміри судна будь-якого типу та призначення.

Катери, які розглядаються в цій роботі розроблені для проведення в акваторії Чорного моря рятувальних робіт, рятування людей, та гасіння пожеж які виникли на судні, або на березу.

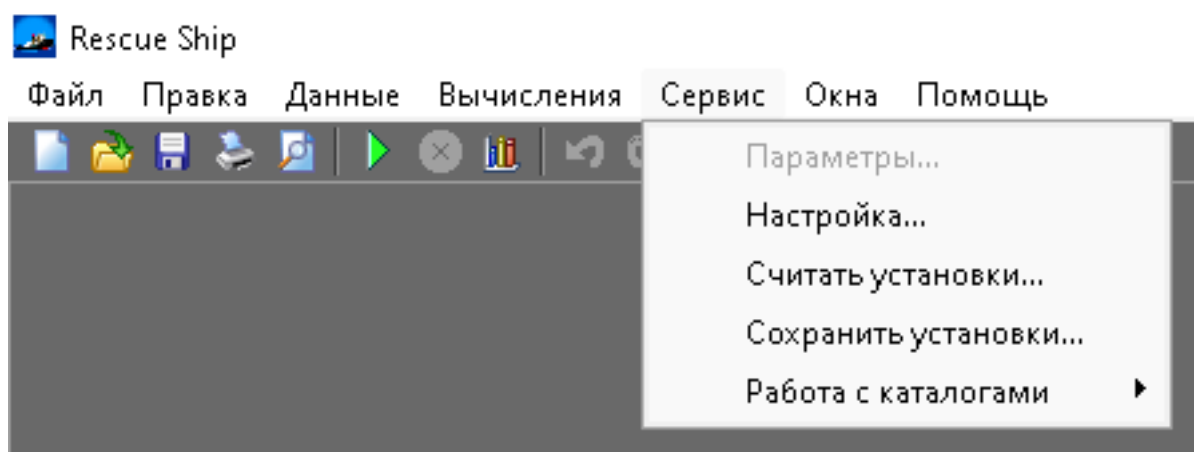


Рис.2.13. Вікно програми оптимізації

					24.MP.8.135.6112м.03.ПЗ.02	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

Исходные данные

Задание на проектирование Дополнительные данные

Количество водяных лафетных стволов	1
Расход воды через пожарные стволы (м3/ч.)	3.00
Количество пенных лафетных стволов	1
Расход пены через пожарные стволы (м3/ч)	3.00

OK Отмена

Рис.2.14. Вікно проектного завдання

Данные по зоне спасательного обслуживания

Детерминированные

Длина зоны обслуживания, миль	100
Ширина зоны обслуживания, миль	100

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

Initial Step: 0.10000

Penalty Coefficient: 0.10000000

Exactness of Calculation: 0.10000000

Penalty for non-discreteness: 0.01000000

Exactness for Integralness: 0.00100000

Parameter for b-function: 2.14000

☒ 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

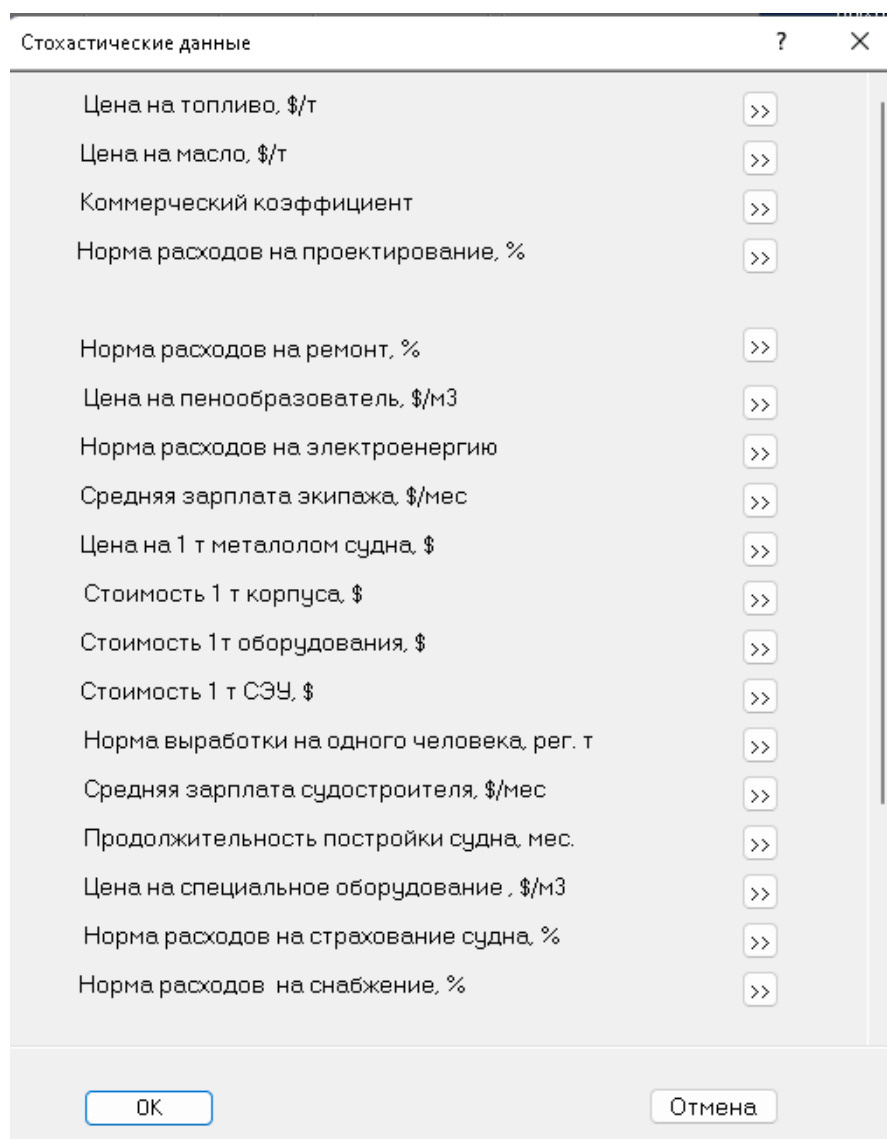


Рис. 2.17. Стохастичні дані економічної частини

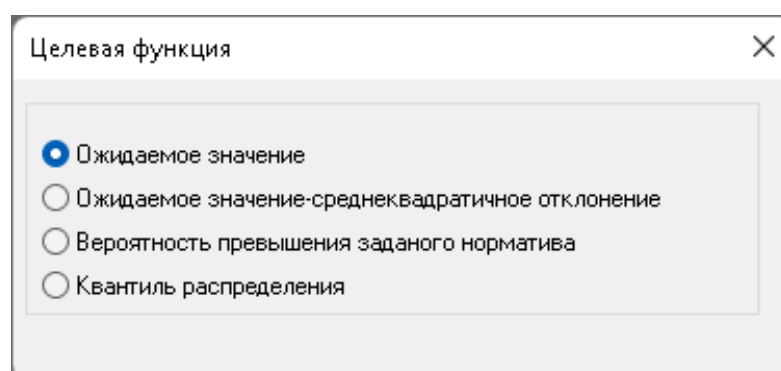


Рис.2.18. Вікно вибору цільової функції

2.6. Концептуальный проект катера [1, 13]

Дата расчета: 11.11.2024 Время расчета: 20:48:58

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.2.19. 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.2.20. 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.....	3508B HP
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.2.30. 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 B/T.....	5.011	8.000
8 Максимальное H/T.....	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 B/T.....	5.011	2.000
22 Минимальное H/T.....	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.2.31. Розрахункове значення та обмеження оптимізованих показників ефективності проекту

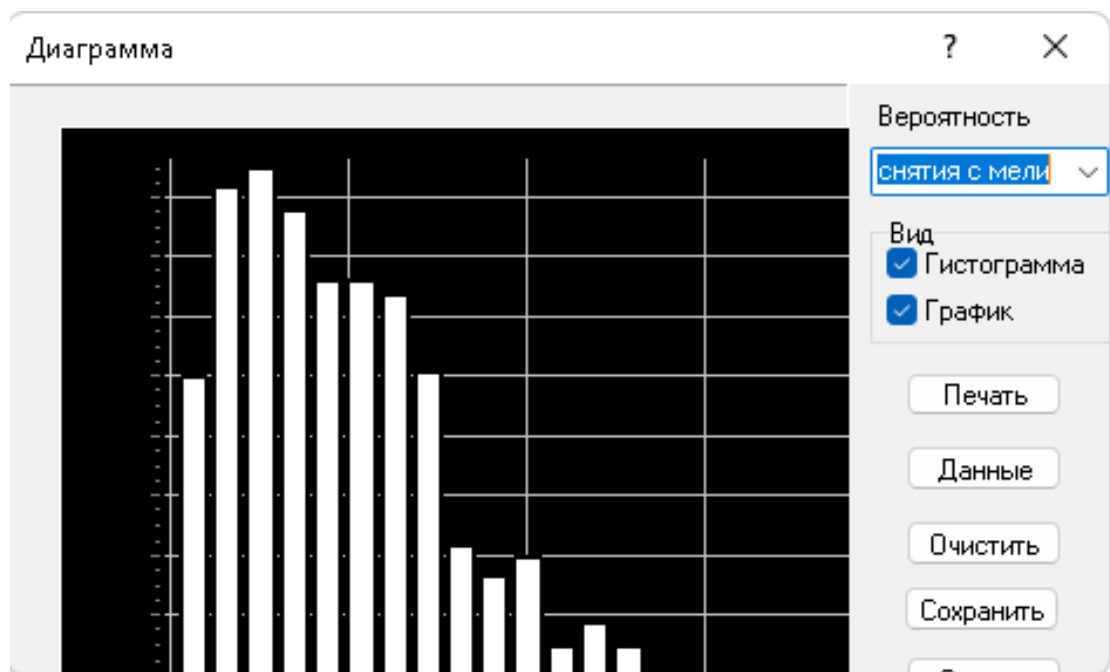


Рис.2.32. Диаграмма розподілу випадкових значень зняття з мілини

Статистические характеристики			
Выборочные характеристики		Таблица частот	
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	
OK		Отмена	Печать

Рис.2.33 Дані вибірових значень зняття з мілини

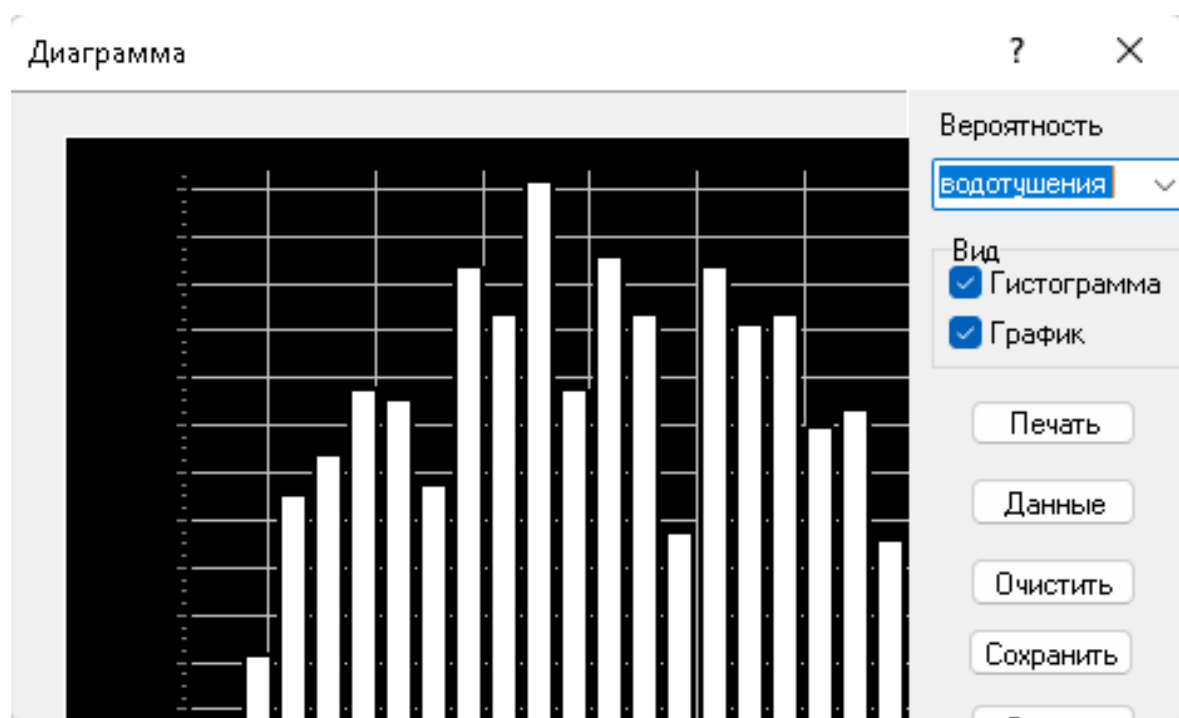


Рис.2.34. Диаграмма розподілу випадкових значень водогасіння

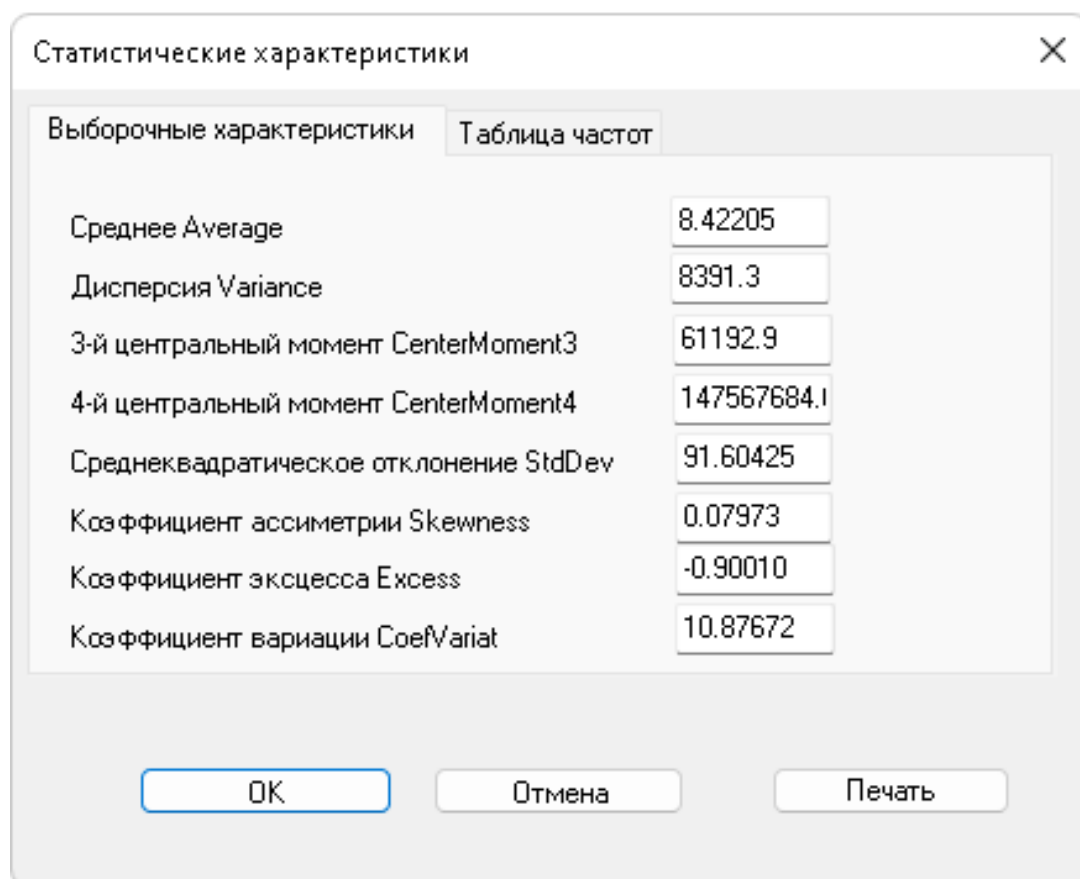


Рис.2.35. Дані вибірових значень водогасіння

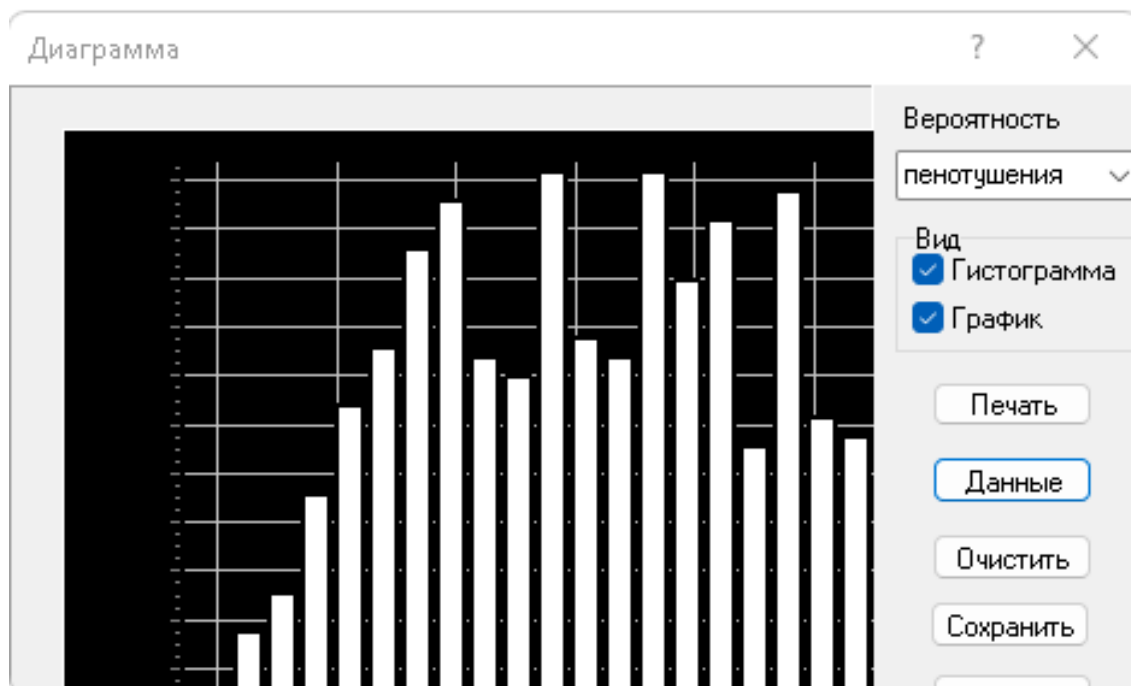


Рис.2.36. Діаграма розподілу випадкових значень піногасіння

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.2.37. Дані вибірових значень піногасіння

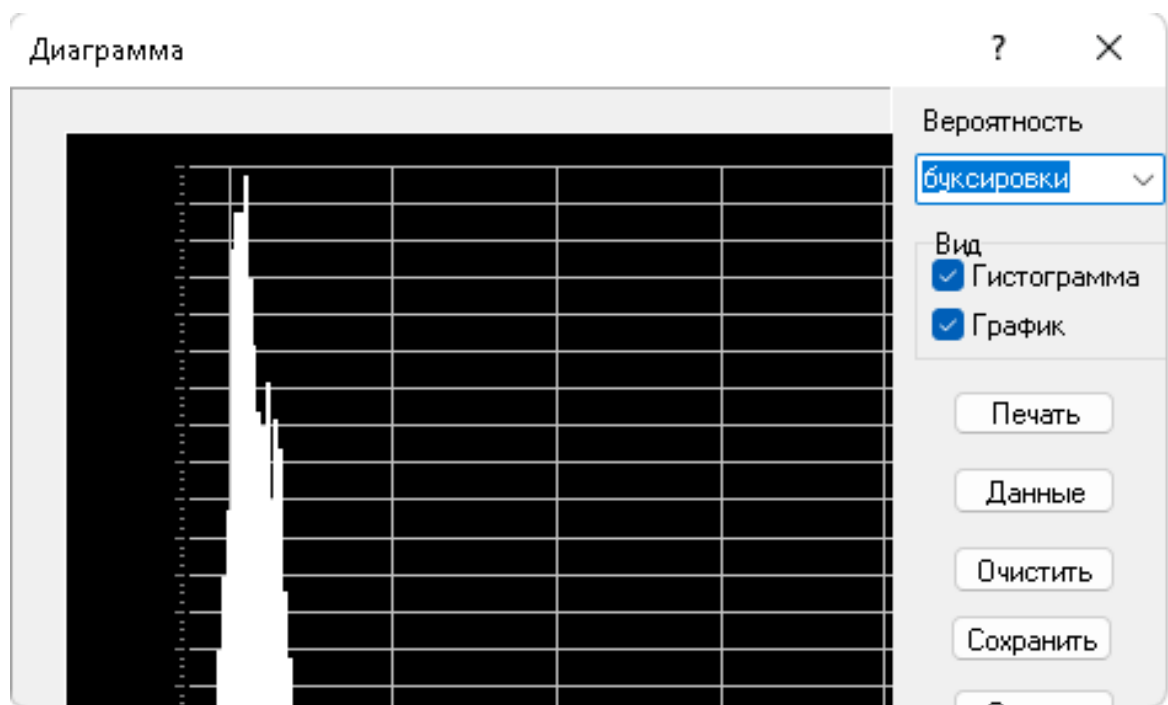


Рис.2.38. Диаграмма розподілу випадкових значень буксирування

Выборочные характеристики	Таблица частот
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.2.39. Дані вибірових значень буксирування

					24.МР.8.135.6112м.03.ПЗ.03		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Студент		Вихопень М. В.			Визначення морехідних якостей катера, та забезпечення вимог класифікаційного товариства до його надійності	Літ.	Арк.
						42	26
Керівник		Некрасов В. О.				НУК ім. адм. Макарова	
Консультант		Некрасов В. О.					
Зав. Каф.		Некрасов В. О.					

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 Specific		

Рис.3.2. Результати розрахунку елементів статички 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	166,646	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

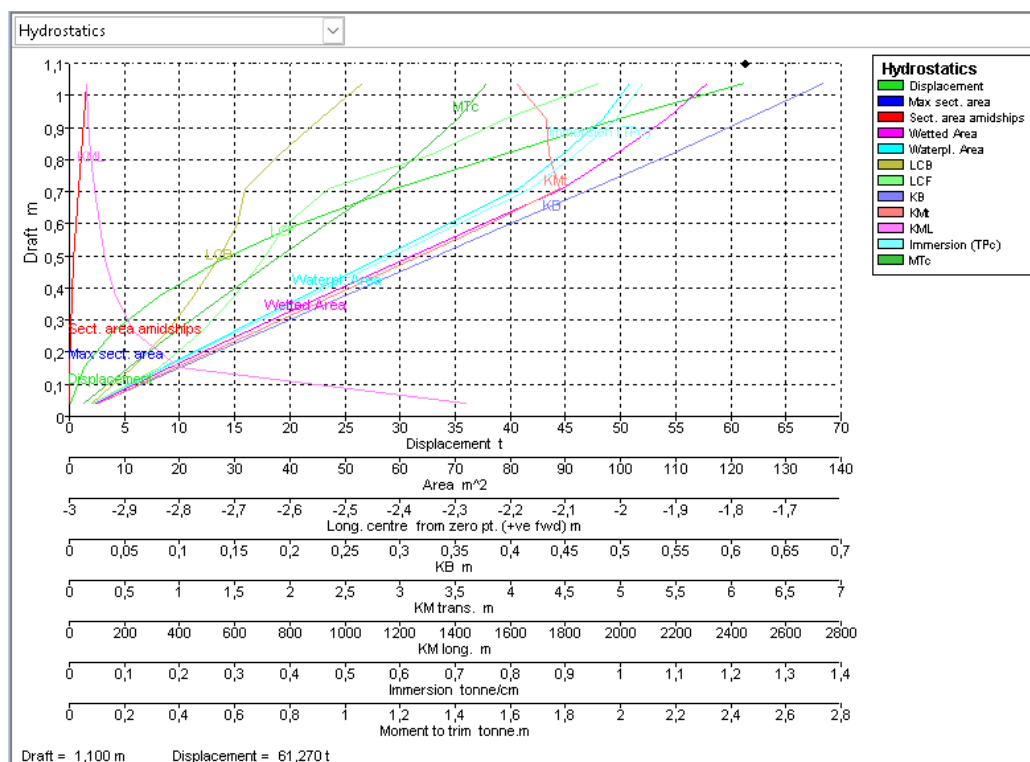


Рис.3.4. Криві елементів теоретичного креслення

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

24.МР.8.135.6112м.03.ПЗ.03

Арк.

43

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	WL 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 WL 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	85,851	94,565	101,509	94,564	85,851	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

Hydrostatics / **Stability** / Equilibrium / Specified / KN / Limit

Рис 3.5. Результати розрахунку остійності для повної водотоннажності

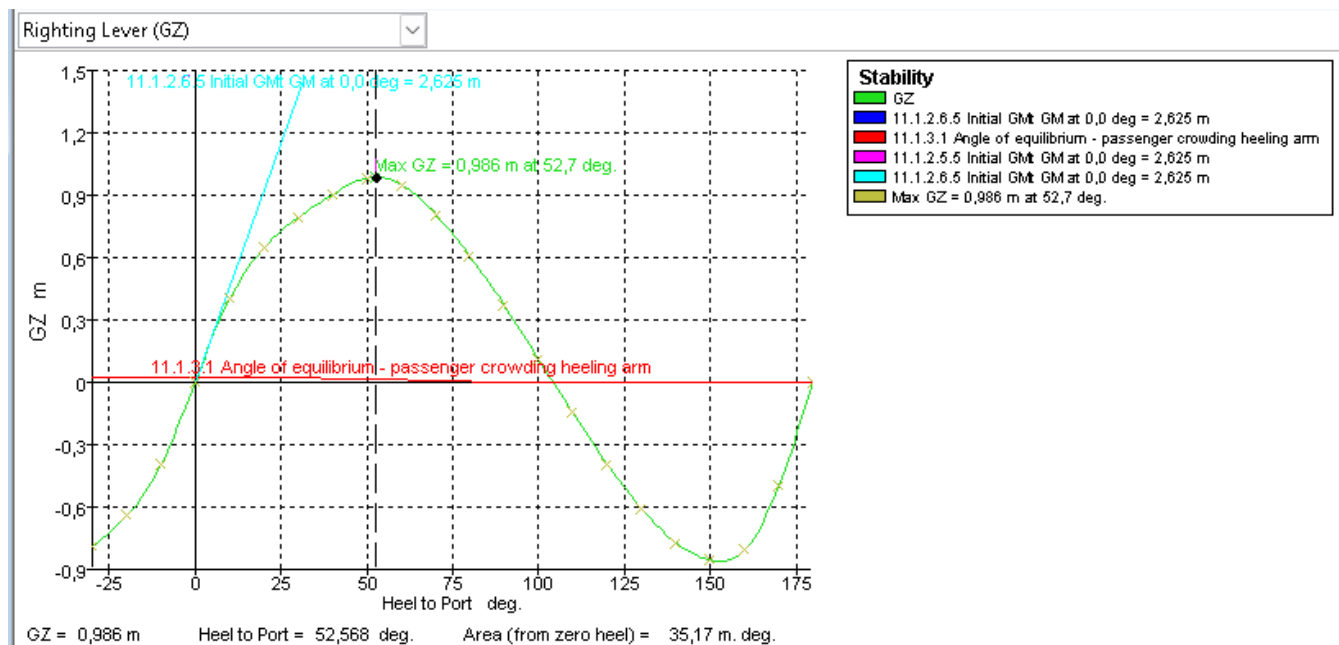


Рис. 3.6. Діаграма статичної остійності для повної водотоннажності

Перевірка вимог згідно остійності

Рис. 3.10. HSC mono Intact Maritime 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 ($\geq$)	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		from the greater of					
64		spec. heel angle	0,0	deg	0,0		
65		to the lesser of					
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		from the greater of					
73		spec. heel angle	30,0	deg	30,0		
74		to the lesser of					
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		in the range from the greater of					
82		spec. heel angle	30,0	deg	30,0		
83		to the lesser of					
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		Intermediate values					
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 ($\geq$)	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 ($\geq$)	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		from the greater of					
99		spec. heel angle	0,0	deg	0,0		
100		angle of equilibrium	0,0	deg			
101		to the lesser of					
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		from the greater of					
114		spec. heel angle	30,0	deg	30,0		
115		to the lesser of					
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 ($\geq$)	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		in the range from the greater of					
123		spec. heel angle	30,0	deg	30,0		
124		to the lesser of					
125		spec. heel angle	180,0	deg			
126		angle of max. GZ	52,7	deg	52,7		
127		shall not be less than ($\geq$)	0,200	m	0,986	Pass	+393,00
128		Intermediate values					
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 ($\geq$)	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 ($\geq$)	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

					24.МР.8.135.6112М.03.п3	Арк.
						46
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.3. Розрахунок ходовості катера

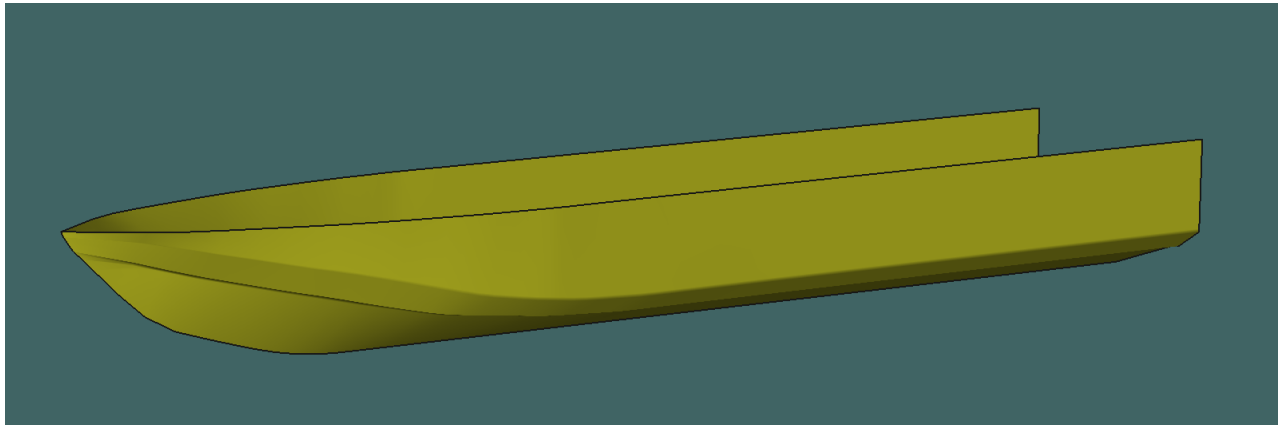


Рис.3.13. Зображення поверхні катера в Maxsurf Resistance

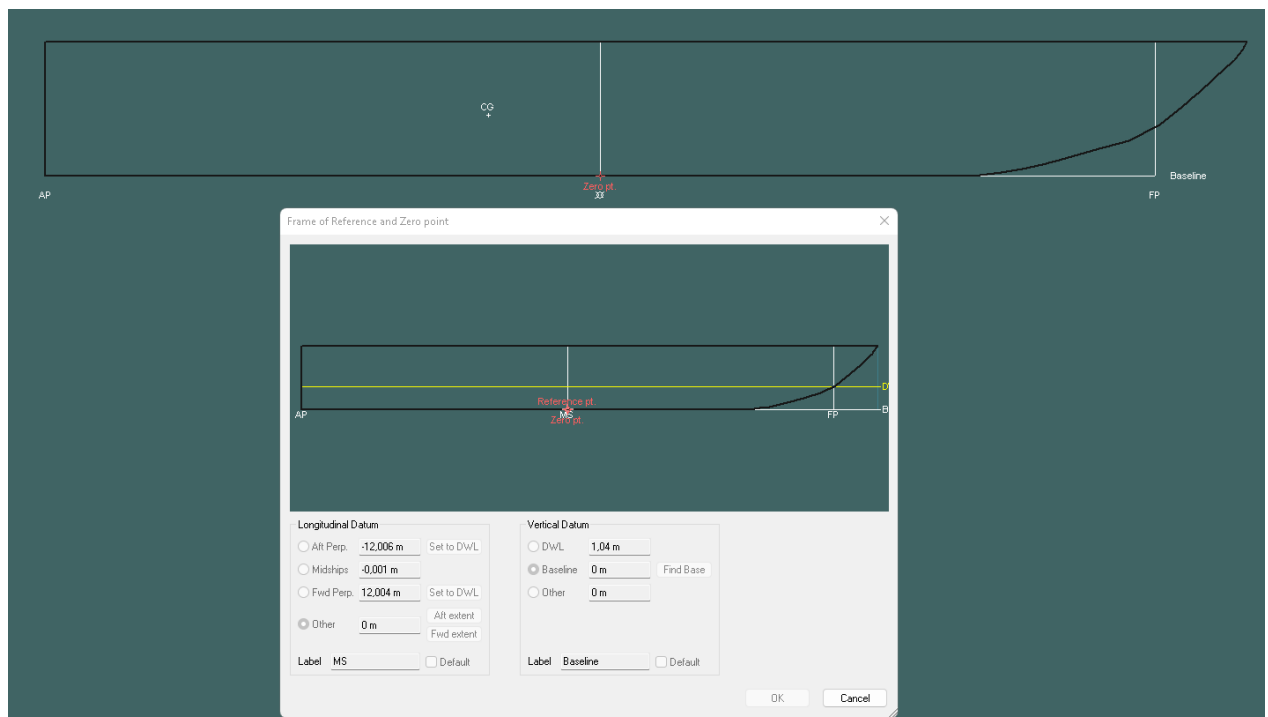


Рис.3.14. Встановлення необхідної осадки катера

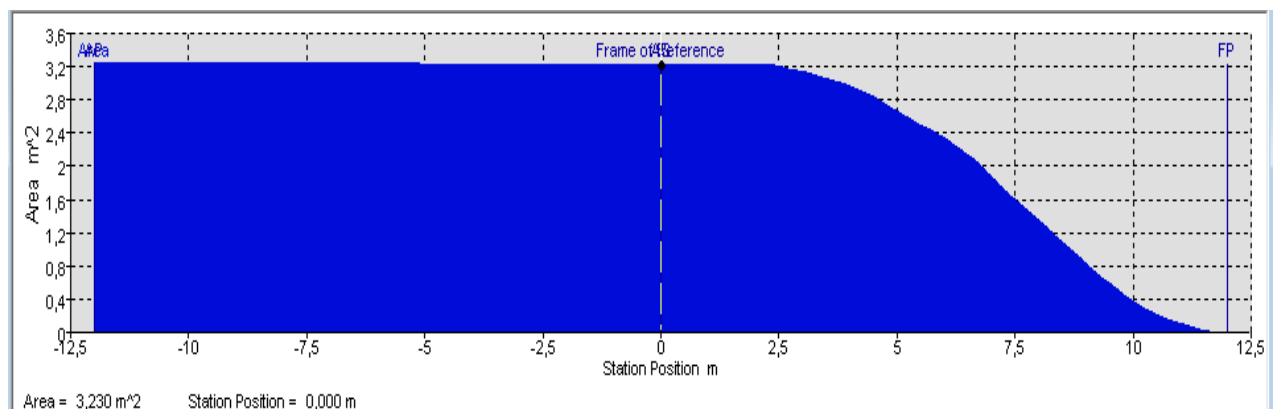


Рис.3.15. Крива занурених площ шпангоутів

					24.MP.8.135.6112м.03.п3	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		47

	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. (Cwpl)	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 отримання залежностей буксирувального опору та буксирувальної потужності була використана програма Maxsurf Resistance. Результати розрахунків цих залежностей були представлені на рис.3.17. та були виконані наступними методами:

Метод Slender body, заснований на роботі Така (1999) та Коузера (1996) доступні у Maxsurf Resistance. Цей метод використовує підхід, заснований на Мічеллі (1898), для обчислення хвильового опору однокорпусного судна із симетричним розташуванням лівого/правого борту. Цей метод може бути застосований до багатьох різних форм корпусу, включаючи багатокорпусні. Однак, окремі корпуси повинні бути тонкими та симетричними щодо своєї локальної

					24.MP.8.135.6112м.03.п3	Арк.
						48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

осьової лінії. Сили глісування не враховуються в методі тонкого корпусу, що обмежує застосовність в цьому діапазоні швидкостей. Прийнятні результати можуть бути отримані для широкого діапазону одно- і багатокорпусних суден, які працюють за нормальних числах Фруда.

Savitsky Pre-planning алгоритм корисний з метою оцінки опору глісуючого корпусу доти, як він вийде «на глісування», тобто є його попереднього опору глісуванню.

Wyman Універсальний алгоритм, який використовується для розрахунку опору форм корпусу як у режимі глісування, так і в режимі водотоннажності.

	Speed (kn)	Froude No. LWL	Froude No. Vol.	Savitsky Pre-planning	Savitsky Pre-planning Power (kW)	Slender body Resistance	Slender body Power (kW)	Wyman Resistance (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	66,4	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

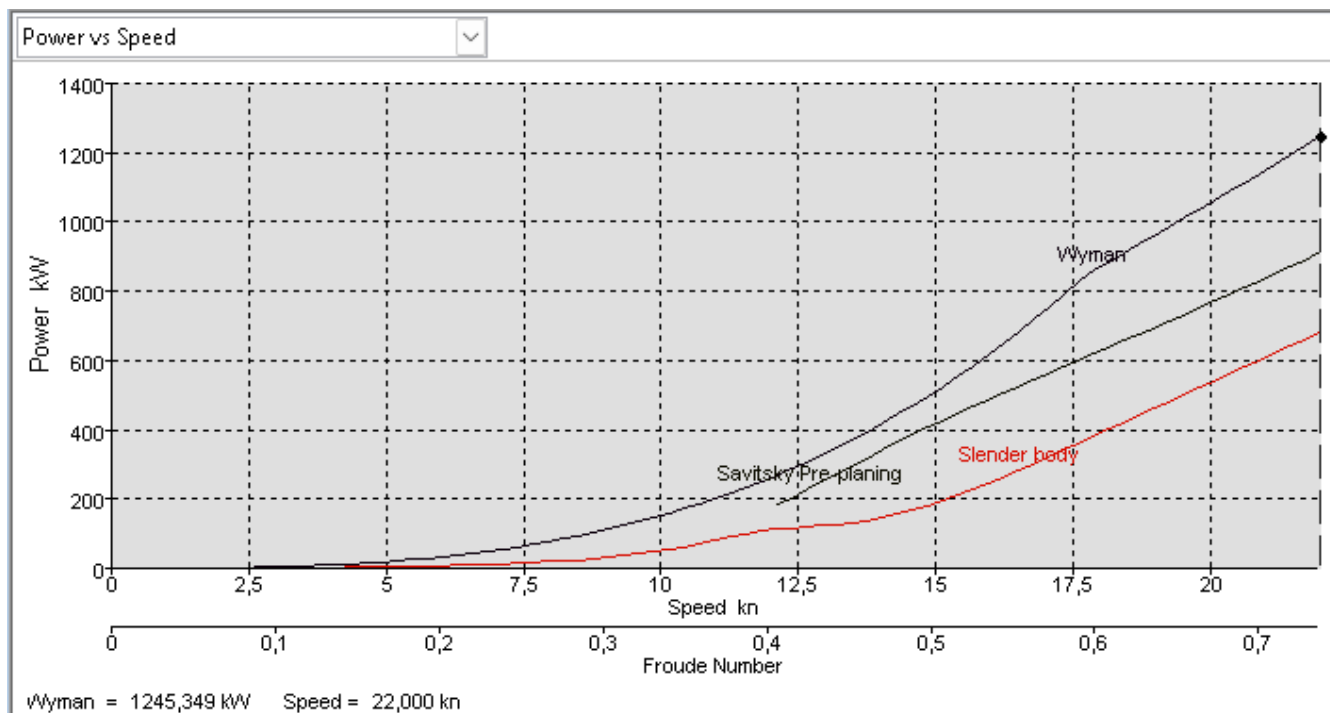


Рис.3.18. Буксировальний опір катера при різних швидкостях

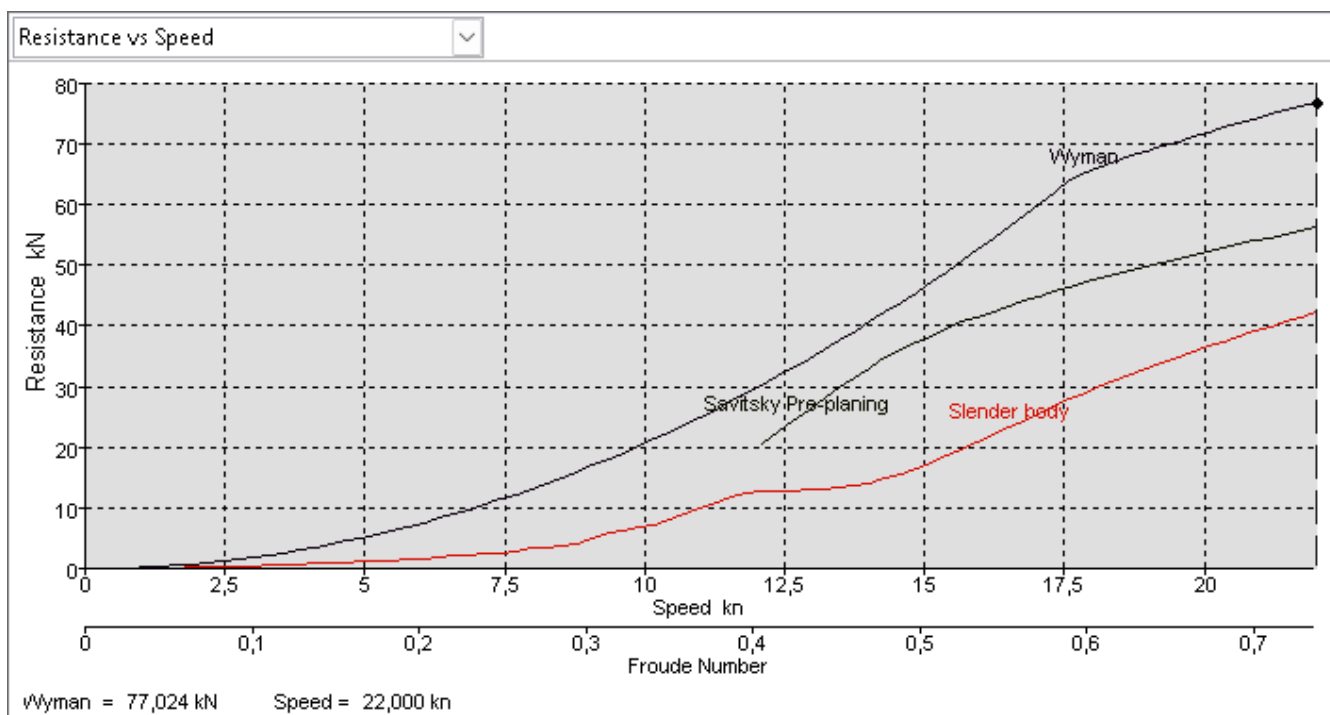


Рис.3.19. Буксирувальна потужність катера при різних швидкостях

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.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

24.MP.8.135.6112M.03.п3

Арк.

50

3.4. Розрахунок характеристик рушія та двигуна в програмі HydroComp PropExpert. [14]

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

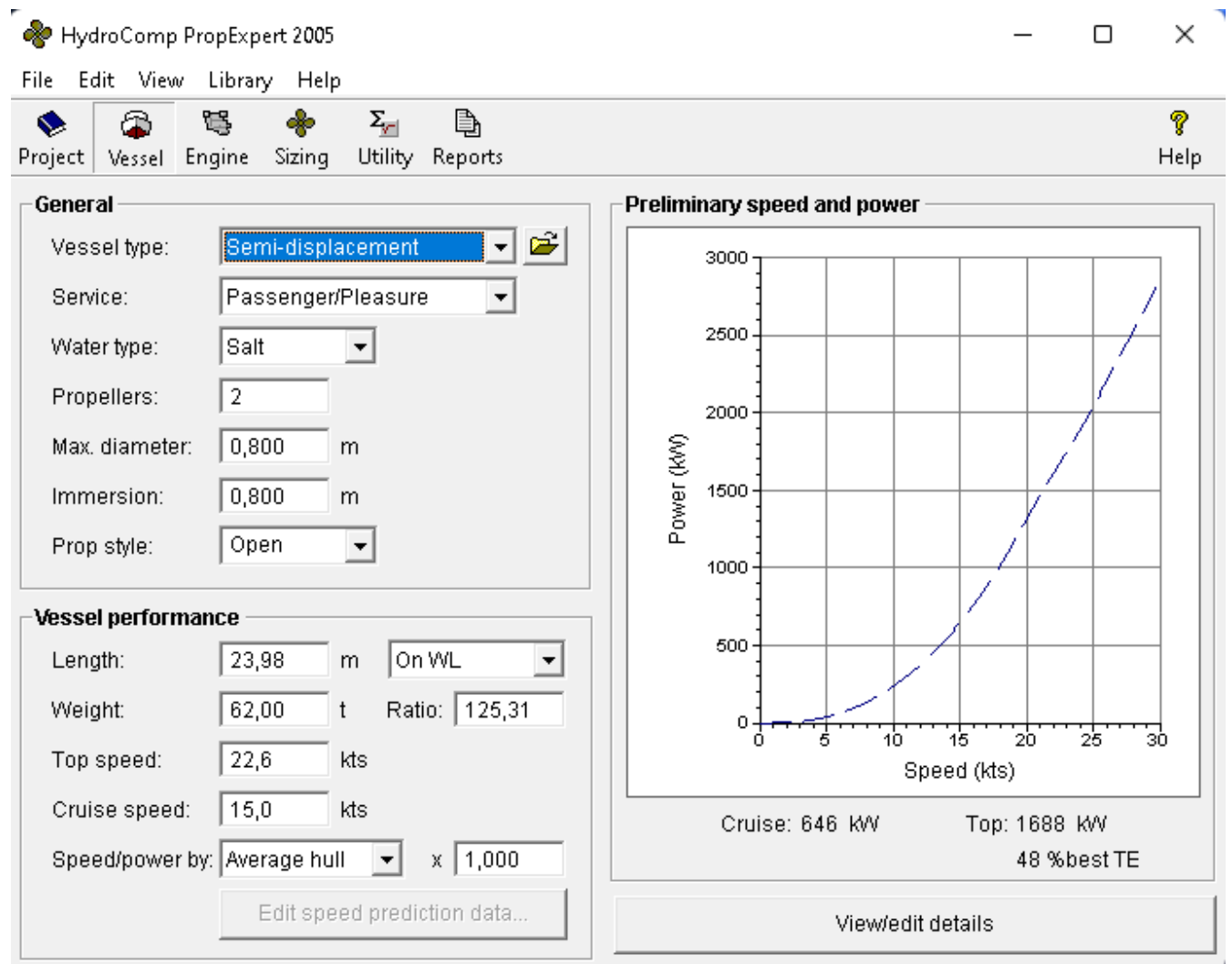


Рис.3.20. Початкові дані катера

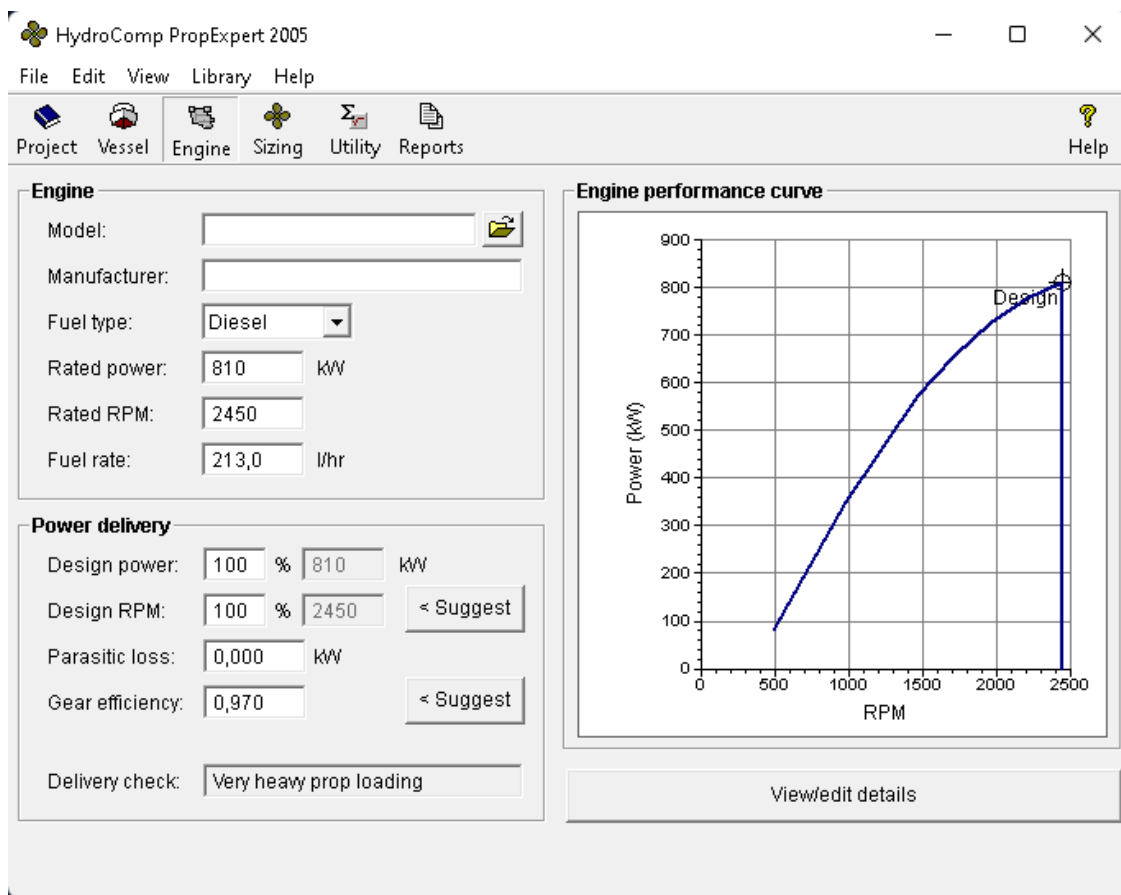


Рис.3.21. Параметри двигуна

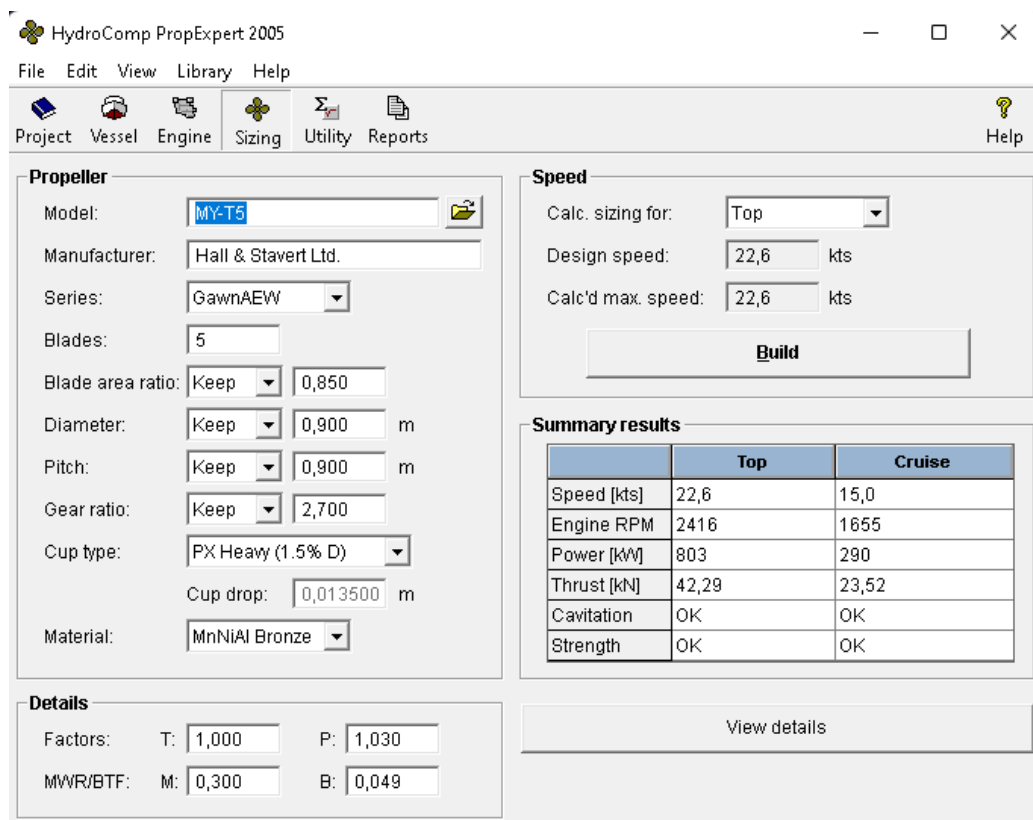


Рис. 3.22. Параметри обраного гвинта

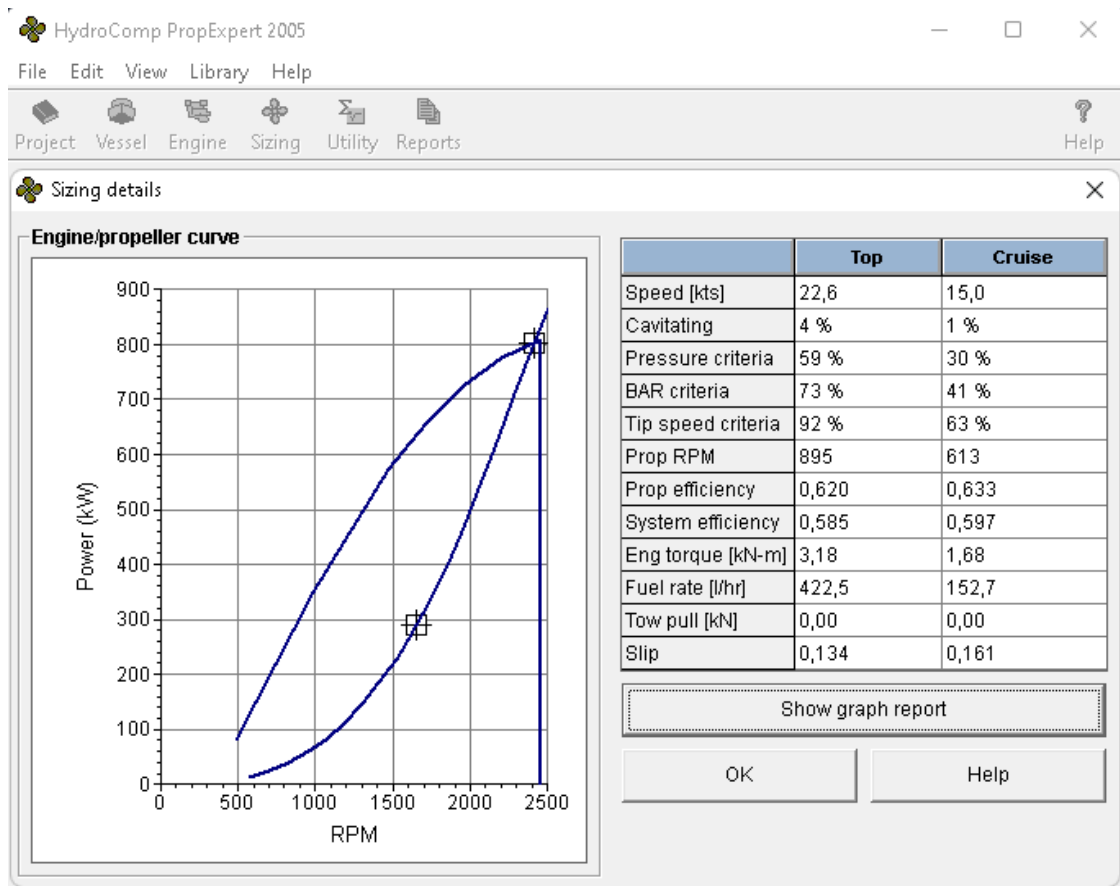


Рис.3.23. Характеристика силового рушійного комплексу

Shafting

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

Як видно з результатів цих розрахунків, для досягнення проектної швидкості катера 22 вузла потрібно мати пропульсивну установку потужністю 1687 кВт. Найбільш раціональним рішенням має бути пропульсивна установка у вигляді двох дизельних двигунів MTU 8V 2000 M84L, загальною потужністю 1790 кВт. Детальна інформація про двигун наведена у додатку до диплома.

					24.MP.8.135.6112м.03.п3	Арк.
						54
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.5. Проектування гвинта в програмі HydroComp PropCAD [15]

За допомогою HydroComp PropCAD, 2005 [18] спроектуємо гвинт який дасть катеру можливість розвинути максимальну швидкість 30 вузлів. Вибір типу та елементів рушійної системи, а також її раціональне компонування з корпусом багато в чому визначають рушійні якості катера.

катери використовують п'ятилопатеві гвинти з валами які нахилені під деякий градус по відношенню до ватерлінії. Кількість лопатей обумовлена необхідністю розвивати високу швидкість. Розрахунок оптимальних елементів та характеристик гвинта (необхідної потужності та швидкості) визначається параметрами головного двигуна. Такий розрахунок виконується за допомогою програми PropCAD.

Результати розрахунку представлені на рис.3.20-3.23..

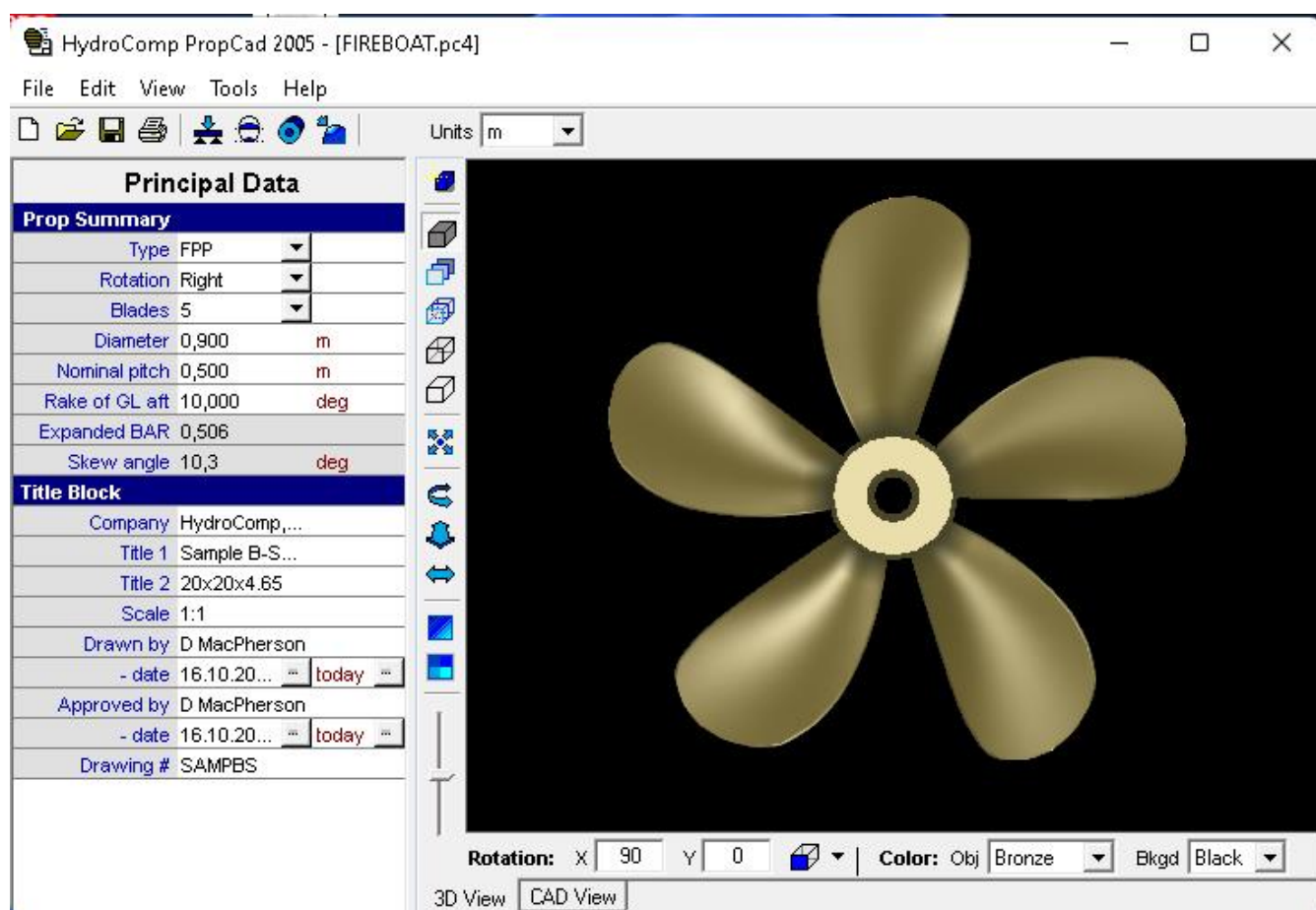


Рис. 3.25. Модель гвинта в HydroComp PropCAD

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 M

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

Відповідно до завдання на проектування в дипломній роботі реалізовано дослідження процесів проектування катера – концептуального (дослідницького, оптимізаційного) та розробка технічного проекту рятувального катера для проведення рятувальних робіт та гасіння пожеж та забезпечення оборони в акваторії Чорного моря.

При розробці концептуального проекту були виконані:

- формування моделей експлуатації катера та його інженерно-навігаційних властивостей, необхідних для аналізу всього комплексу функціональних операцій цього судна за умов його експлуатації у Чорному Морі;
- визначення показників ефективності та надійності функціональних операцій на основі використання сучасних методів їх дослідження та відповідних методів вирішення проблем функціонування судна.

При розробці технічного були виконані:

- моделювання у середовищі Maxsurf, та розробка навантаження мас катера;
- розрахунок остійності на великих кутах крену, забезпечення вимог до остійності;
- розрахунок ходовості катера, та отримання залежностей буксирувального опору та буксирувальної потужності;
- розрахунок рушіїв, та двигуна. Проектування гвинта в програмі Hydrocomp PropCAD 2005.

Виходячи з цього, основні розміри катер були визначені за допомогою скоригованої оптимізаційної програми кафедри Теорії та Проектування Суден, в якій як критерій оптимізації було обрано показник надійності виконання рятувальних робіт та пожежогасіння, і таким чином вирішено питання ефективності роботи у акваторії.

Результатом концептуального проектування став катер водотоннажністю 61 т, архітектурно-конструктивним типом якого став однопалубний катер з транцевою кормою, машинним відділенням та надбудовами, що розташовані в середій частині.

					24.MP.8.135.6112м.03.п3	Арк.
						58
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

На етапі технічного проектування катера було отримано перевірку отриманого концептуального рішення задовільняє вимогам до катерів та до експлуатаційної надійності судна.

Таким чином, дослідження концептуального та технічного проекту катера, який експлуатуватиметься у першому районі Чорного Моря, відповідає проектному завданню кафедри щодо забезпечення його ефективності та задовільнення вимогам до катерів щодо основних морехідних якостей судна, які забезпечують експлуатаційну надійність катера - плавучість, остійність і ходовість.

					24.МР.8.135.6112м.03.п3	Арк.
						59
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

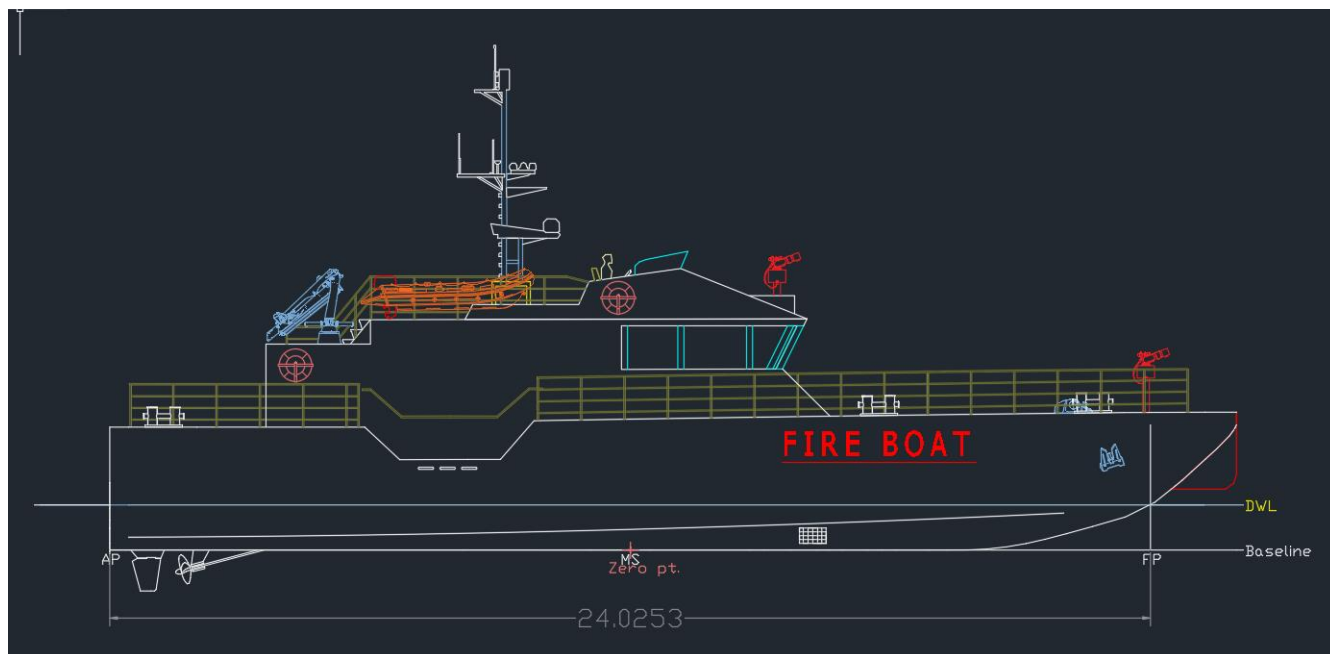
СПИСОК ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ

- [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.
- [7] Регистр СССР. Ветер и волны в океанах и морях. Справочные данные. – Л.: Транспорт, 1974. – 360 с.
- [8] Russian Maritime Register of Shipping Reference Data On the Wind and Wave Regime of the Baltic, Northern, Black, Azov and Mediterranean Seas, 2006.
- [11] URL-ресурс: www.mtu-solutions.com/marine (Дата звернення 19.12.2024).
- [12] Marine & Offshore Solution Guide | Edition 2/22.
- [13] Rescue Ship, Le Quang Hung, Admiral Makarov National University Of Shipbuilding.
- [14] HydroComp PropExpert, 2005.
- [15] HydroComp PropCAD, 2005.
- [16] https://www.capecodfd.com/pages%20special/Fireboats_ME_2_Portland.htm (Дата звернення 19.12.2024).
- [17] <https://www.bairdmaritime.com/amp/story/security/emergency-services/search-and-rescue/vessel-review-shediac-bay-durable-coast-guard-rescue-boat-for-canadas-atlantic-waters> (Дата звернення 19.12.2024).
- [18] <https://fleetphoto.ru/projects/1139/?lang=ru> (Дата звернення 19.12.2024).
- [19] <https://rnli.org/what-we-do/lifeboats-and-stations/our-lifeboat-fleet/severn-class-lifeboat> (Дата звернення 19.12.2024).

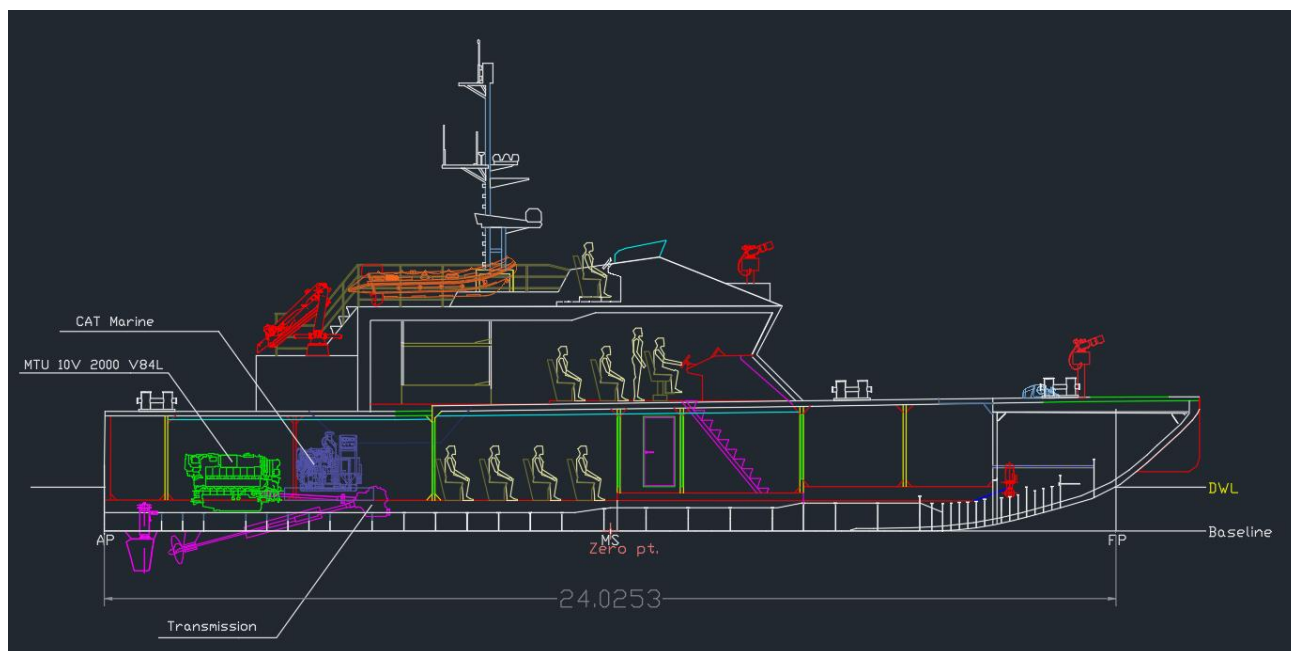
					24.МР.8.135.6112м.03.п3	Арк.
						60
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ДОДАТОК

1. Креслення катера

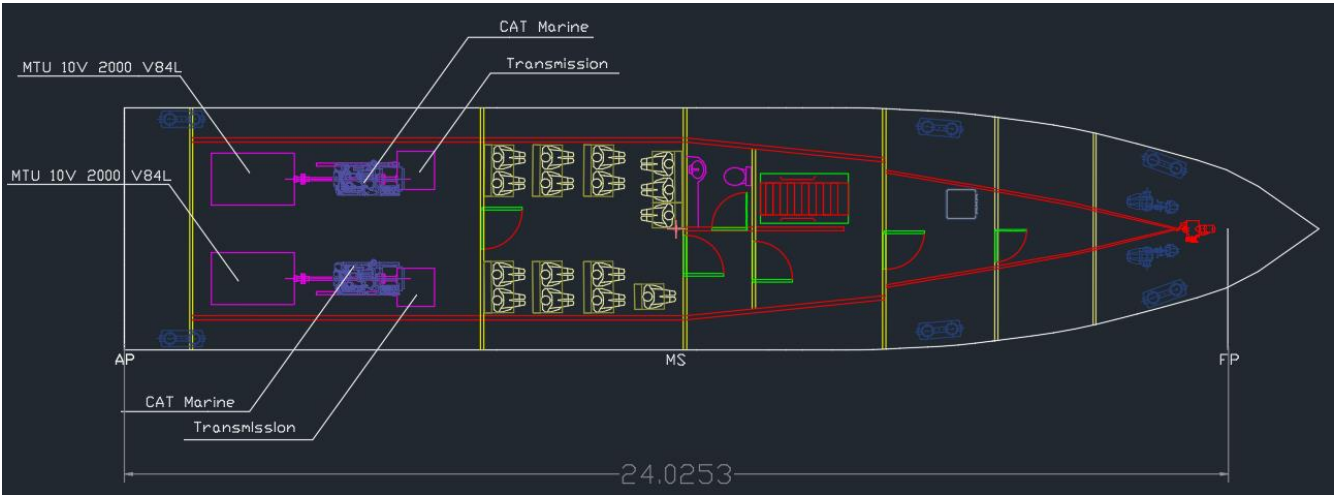


2. Загальне розташування катера

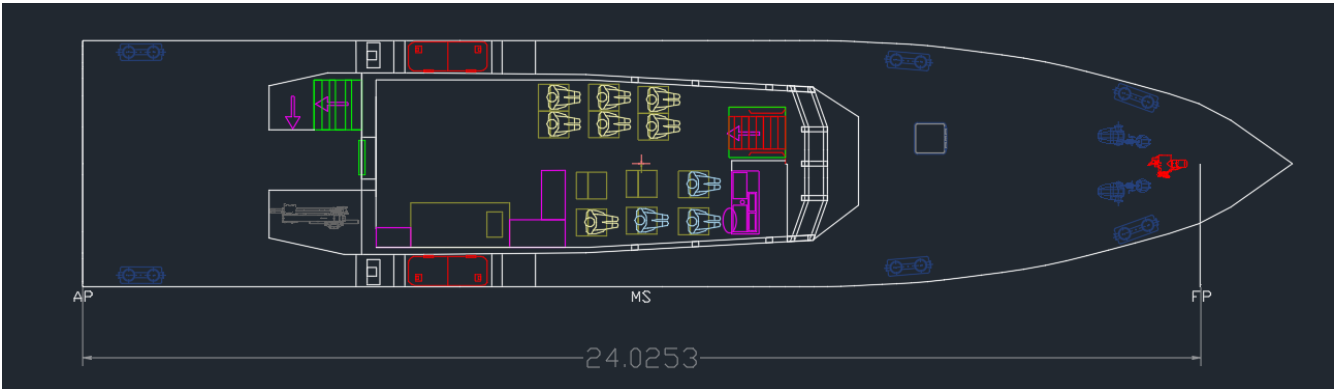


					24.MP.8.135.6112M.03.п3	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		61

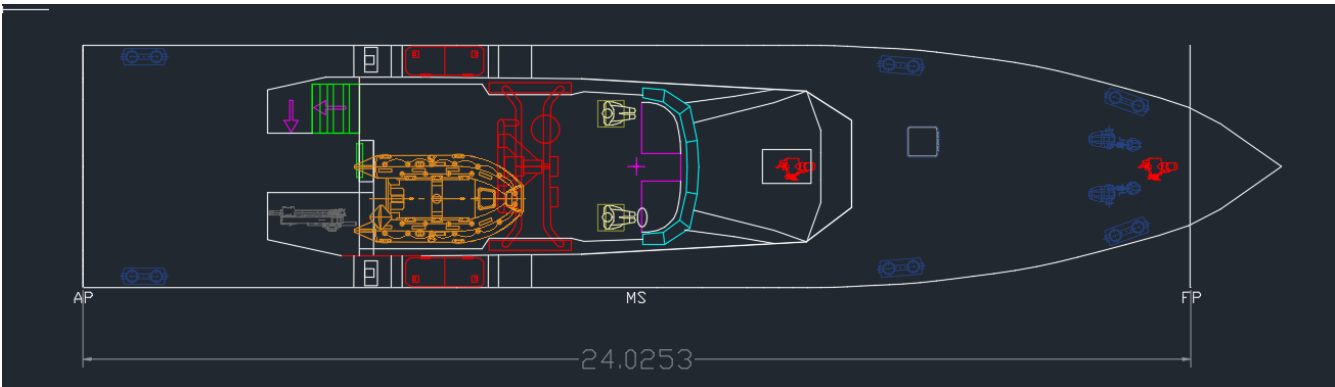
3. Вид зверху (ижня палуба)



4. Вид зверху (креслення надбудови)



5. Вид зверху



1. Креслення гвинта

