

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

«19» 12 2025 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

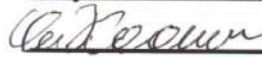
на здобуття ступеня вищої освіти «магістр»

на тему:

**“Розробка концептуального проекту швидкісного прогулянкового
річкового човна”.**

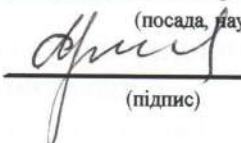
Виконав:

Студент 6112м групи

 **Костюк О.В.**
(підпис)

Керівник роботи:

канд техн. наук, доцент

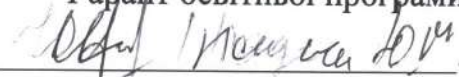
(посада, науковий ступень вчене звання)
 **Кротов О.І.**
(підпис)

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



«___» _____ 2025 року

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

щодо здобуття ступеня вищої освіти «магістр»

Студенту Костюку Олексію Васильовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи

“Розробка концептуального проекту швидкісного прогулянкового річкового човна”.

Керівник роботи Кротов Олександр Іванович, канд. техн. наук, доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора № _____ від «___» _____ 2025 року

2. Термін подання роботи: 15.12.2025 р.

3. Вихідні дані по роботі:

3.1 Пасажиromісткість 2 пасажири
3.2 Швидкість 30 вузлів
3.3 Потужність підвісного двигуна 40-70 к.с.
3.4 Район плавання внутрішній
3.5 Додаткові вимоги матеріал корпусу – Композитний

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань розробки):

Вступ.

- 4.1. Визначення елементів і характеристик швидкохідного річкового човна.
 - 4.1.1 Аналіз існуючих моделей швидкохідних човнів.
 - 4.1.2 Аналітичний огляд сучасних глісируючих човнів і їх класифікація.
 - 4.1.3. Аналіз методів визначення основних елементів прогулянкових човнів та обґрунтування обраного методу проектування.
 - 4.1.4 Розробка статистичної методики визначення основних розмірів і характеристик швидкохідного човна.
 - 4.1.5 Визначення економічної ефективності експлуатації варіантів човна
 - 4.1.6. Визначення складових навантаження мас човна та його центрування.
- 4.2. Дослідження морехідних якостей проектного рішення човна.
 - 4.2.1. Формування теоретичної поверхні човна.
 - 4.2.2 Розрахунки гідростатичних елементів човна.
 - 4.2.3. Розрахунок остійності на великих кутах крену
 - 4.2.4 Розрахунок буксирувального опору та буксирувальної потужності човна

Висновки

5. Перелік презентаційних матеріалів.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультантів	Підпис, дата			
		Завдання видано		Завдання прийнято	
		17.09.2025			

7. Дата видачі завдання 17.09.2025

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів дипломного проектування	Термін виконання етапів роботи	Примітка
	Вступ		
1	Визначення головних елементів і характеристик швидкохідного прогулянкового річкового човна	17.09.2025	
1.1	Аналіз існуючих моделей швидкохідних човнів.	24.09.2025	
1.2	Аналітичний огляд сучасних глісируючих човнів і їх класифікація	30.09.2025	
1.3	Аналіз методів визначення основних елементів прогулянкових човнів та обґрунтування обраного методу проектування	07.10.2025	
1.4	Розробка статистичної методики визначення основних розмірів і характеристик швидкохідного човна	14.10.2025	
1.5	Визначення економічної ефективності експлуатації варіантів човна і вибір проектного рішення з кращими показниками	21.10.2025	
1.6	Визначення складових навантаження мас човна та його центрування	28.10.2025	
2	Дослідження морехідних якостей проектного рішення	05.11.2025	
2.1	Формування теоретичної поверхні човна	06.11.2025	
2.2	Розрахунки гідростатичних елементів човна.	10.11.2025	
2.3	Розрахунок остійності на великих кутах крену	12.11.2025	
2.4	Розрахунок буксирувальних опор та потужності човна	5.12.2025	
	Пояснювальна записка	16.12.2025	
	Презентація	17.12.2025	

Студент Костюк Олексій Васильович
(підпис) (ПІБ)

Керівник роботи Кротов Олександр Іванович
(підпис) (ПІБ)

						Арк.
						i
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

АНОТАЦІЯ

Відповідно до завдання кафедри теорії та проектування суден в магістерській дипломній роботі було реалізовано дослідження двох етапів процесу проектування судна – концептуального і технічного проекту швидкісного прогулянкового річкового човна. В проекті було реалізовано:

- аналітичний огляд сучасних глісируючих човнів і їх класифікація.
- аналіз методів визначення основних елементів прогулянкових човнів та обґрунтування обраного методу проектування;
- побудову статистичної моделі визначення основних елементів і характеристик швидкохідних глісируючих річкових човнів;
- постановку і вирішення задачі вибору основних розмірів човна варіаційним методом на основі економічного критерію – мінімуму питомих зведених витрат і визначення ефективності та надійності.

Результатом розробки концептуального проекту став глісируючий річковий човен, архітектурно-конструктивним типом якого стало: корпус човна відкритого типу, підводна частина корпусу типу «глибоке V».

За результатами концептуального проектування була на етапі технічного проектування побудована 3D-модель корпусу човна і за допомогою програмного продукту Maxsurf Engineering були виконані розрахунки плавучості, остійності, непотоплюваності і ходовості човна. Був розроблений так званий клас-проект, тобто проект, який задовольнив основні вимоги класифікаційного товариства та доповнив отримане концептуальне рішення задоволенням вимог до морехідних якостей. Таким чином, розробка концептуального і технічного клас-проекту човна, призначеного для експлуатації на річках, відповідає завданню на проектування та вимогам Правилам Регістру України для малих суден до основних морехідних якостей судна, що забезпечує його ефективність і надійність та задовольняє вимогам і морехідних якостей.

Ключові слова: швидкісне судно, прогулянковий човен, глісуючий корпус, внутрішні водні шляхи, концептуальне проектування, остійність.

					24.MP.135.6112m.01	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ABSTRACT

In accordance with the assignment of the Department of Ship Theory and Design, this master's thesis presents a study of two stages of the ship design process—conceptual and technical design—applied to a high-speed recreational river craft.

During the development of the conceptual design, the following tasks were carried out:

- an analytical review of modern planning boats and their classification;
- analysis of methods for determining the principal dimensions of recreational boats and justification of the selected design approach;
- development of a statistical model for determining the principal dimensions and characteristics of high-speed planning river craft;
- formulation and solution of the problem of selecting the principal dimensions of the boat using a variation method based on an economic criterion, namely the minimization of specific total costs, as well as the assessment of efficiency and reliability.

The result of the conceptual design stage was a planning river boat with the following architectural and structural configuration: an open-type hull with a foredeck in the bow area and a deep-V hull form of the underwater part.

At the technical design stage, a so-called class project was developed. This project satisfies the basic requirements of the classification society and supplements the conceptual design by meeting the requirements for operational reliability of the vessel. Based on the results of the conceptual design, a three-dimensional model of the boat hull was created. Using the Maxsurf Engineering software package, calculations of buoyancy, stability, survivability, resistance, and sea keeping performance were performed. Thus, the development of the conceptual and technical class project of a boat intended for operation on rivers complies with the design assignment and the requirements of the Rules of the Ukrainian Register of Shipping for small craft with respect to the main seakeeping characteristics, ensuring the vessel's efficiency, reliability, and compliance with operational requirements.

Keywords: high-speed craft, recreational boat, planing hull, inland waterways, conceptual design, stability.

					24.MP.135.6112m.01	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ.....	7
ВСТУП	8
РОЗДІЛ 1. ВИЗНАЧЕННЯ ГОЛОВНИХ ЕЛЕМЕНТІВ І ХАРАКТЕРИСТИК ШВИДКОХІДНОГО ПРОГУЛЯНКОВОГО РІЧКОВОГО ЧОВНА	10
1.1 Аналіз існуючих моделей швидкохідних човнів	10
1.2 Аналітичний огляд сучасних глісируючих човнів і їх класифікація.....	17
1.3 Аналіз методів визначення основних елементів прогулянкових човнів та обґрунтування обраного методу проектування.....	26
1.4 Розробка статистичної методики визначення основних розмірів і характеристик швидкохідного човна.....	29
1.5 Визначення економічної ефективності експлуатації варіантів човна і вибір його проектного рішення з кращими показниками.....	32
1.6 Визначення складових навантаження мас човна та його центрування.....	35
РОЗДІЛ 2. ДОСЛІДЖЕННЯ МОРЕХІДНИХ ЯКОСТЕЙ ПРОЕКТНОГО РІШЕННЯ ЧОВНА.....	39
2.1. Формування теоретичного кресленні і 3-D поверхні човна.....	39
2.2 Визначення гідростатичних характеристик проектного рішення човна.....	41
2.3 Розрахунки остійності на великих кутах крену.....	45
2.4 Розрахунок буксирувального опору та буксирувальної потужності човна....	47
2.5. Перевірка забезпечення остійності човна вимогам класифікаційного товариства.....	
ВИСНОВКИ.....	51
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	52

					24.МР.135.6112м.01	Арк.
						i
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

ГЧ – глісуючий човен (човни)

ЕУ – енергетична установка

ПУ – пропульсивна установка

ПЧ – прогулянкові човни (човен)

ТК – теоретичне креслення

ШС – швидкохідні судна (судно)

					24.МР.135.6112м.01	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВСТУП

Сучасний розвиток малого суднобудування характеризується зростанням попиту на швидкісні прогулянкові човни та човни спеціального призначення для використання на внутрішніх водних шляхах. Такі човни поєднують у собі високу маневреність, комфортність, економічність та естетичну привабливість, що робить їх популярними серед власників малого флоту, туристичних компаній та річкових служб. Особливої актуальності набувають глісируючі човни, які завдяки своїй формі корпусу здатні виходити на режим глісування, при суттєвому зменшенні опору води та забезпеченні підвищеної швидкості руху.[6, 7]

Річкові умови експлуатації мають низку особливостей, що безпосередньо впливають на конструкцію човна. До них належать невелика глибина, наявність течії, зміна рівня води, а також обмеження за габаритами і швидкісним режимом на окремих ділянках. Тому під час проектування глісируючого човна для річкового використання необхідно враховувати гідродинамічні, конструкційні та експлуатаційні фактори, забезпечуючи оптимальне співвідношення між швидкістю, остійністю та комфортом.

Важливою складовою при розробці концептуального проекту є аналіз сучасних конструкцій глісуючих човнів, що вже зарекомендували себе на світовому та вітчизняному ринках. Крім того, особливу увагу сьогодні приділяють екологічним аспектам суднобудування — зниженню рівня шуму, зменшенню шкідливих викидів і переходу на електричні або гібридні рушійні системи. Це обумовлює необхідність використання сучасних матеріалів, новітніх виробничих технологій.

Таким чином, проведення аналізу сучасних форм корпусу та обладнання глісируючих річкових ГЧ є необхідним етапом при створенні концептуального проекту швидкісного прогулялкового човна.

Результати розробленого концептуального проекту є основою для визначення технічних параметрів човна при розробці клас-проекту на стадії технічного проектування, де проводиться перевірка морехідних якостей проекту, вимог класифікаційного товариства, розрахунки, необхідні для вибору енергетичної установки та інших проектних рішень.

					24.МР.135.6112м.01	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

					24.МР.135.6112м.01							
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата								
Студент		Костюк О.В.			ВИБІР ОСНОВНИХ ЕЛЕМЕНТІВ ШВИДКОХІДНОГО ПРОГУЛЯНКОВОГО РІЧКОВОГО ЧОВНА			Літ.		Арк.	Актуальн	
										9		
Керівник		Кротов О.І.						НУК ім. адм. Макарова				
Консульт.		Некрасов В. О.										
Зав. Каф.		Некрасов В. О.										

РОЗДІЛ 1. ВИБІР ОСНОВНИХ ЕЛЕМЕНТІВ ШВИДКОХІДНОГО ПРОГУЛЯНКОВОГО РІЧКОВОГО ЧОВНА

1.1 Аналіз існуючих моделей швидкохідних човнів.

При розробці концептуального проекту швидкісного прогулянкового річкового човна ключову роль відіграє правильний вибір базових моделей, які будуть основою для проектних розрахунків.

Основними критеріями вибору у даному випадку таких човнів є:

- мінімальна осадка та гідродинамічна ефективність корпусу;
- достатня стійкість і плавність ходу при русі у мілководних руслах;
- легкість і технологічність корпусу;
- можливість розміщення пасажирів і забезпечення комфортних умов під час прогулянки;
- економічність у використанні енергетичної установки;
- наявність даних про гідродинамічні характеристики та експлуатацію.

Нижче наведено аналіз продукції декількох сучасних зарубіжних верфів, які випускають швидкісні човни з малою осадкою, так званих «skiff»-човнів від виробників, що дозволяє виділити основні параметри та критерії оцінювання цих суден.

Катери верфі Hell's Bay Boatworks (США) [1].

1. Модель *Waterman 18*: довжина 18 ft ($\approx 5,5$ м), вага 610 lb (≈ 277 кг) повністю споряджена, осадка $4\frac{1}{2}$ " (~ 115 мм) (рис.1.1) [1].



Рис. 1.1. Вид збоку катера

					24.МР.135.6112м.01	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

2. Модель *Glades Skiff*: довжина 17'8" ($\approx 5,4$ м), вага 440 lb (≈ 200 кг) [1].

Стандартні конструктивні рішення цих моделей: корпус із Carbon/Innegra, вакуумна інфузія, 100 % Vinyl ester resin, система сухих люків тощо [1].

Основні характеристики для забезпечення мілководного режиму (shallow water) — дуже мала осадка, вузька база, спеціалізовані рішення для відпочинку та риболовлі, платформу для «poling» (стоячи на човні), що показує високий рівень технічної реалізації.

Перевагами таких човнів є надзвичайно мала осадка ($\approx 4''$ / ~ 10 см), яка дозволяє «ходити» там, куди інші човни не доберуться (дрібні мілководні канали, пісчані перекати).

Крім того, вони мають дуже легку конструкцію корпусу (суха вага ≈ 440 lb / ~ 200 кг) при одночасній високій міцності (вакуум-інфузна CoreCell конструкція), карбон/Innegra/ кевларова обшивка та карбонові стрингери дають співвідношення міцність/вага, краще за звичайний склопластик. Це є причиною малої осадки і економічності двигуна [1].

Для цих човнів характерні низькі вимоги до потужності (вони проєктовані під малопотужний мотор, рекомендовано ≈ 30 HP), економічний хід, легше транспортування та експлуатація у віддалених місцях.

Баланс маневреності й стабільності здійснюється за рахунок довжини/форми корпусу, тому човен добре веде себе при полінгі у спокійному заливі; не призначеному для великого хвилювання відкритого моря [2].

Катери верфі Beavertail Skiffs (США) [3].

1. Модель *Elite 17*: довжина 17'8" ($\sim 5,4$ м), ширина 72" ($\sim 1,83$ м), осадка 7+ in (~ 178 мм), потужність 70-90 HP (рис.1.2) [3].

					24.MP.135.6112м.01	Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рис. 1.2. Вид збоку катера

2. Модель *Vengeance* 18: довжина 18' (~5,5 м), ширина 82" (~2,08 м), осадка 7+ in, потужність до 115 HP [3].

Конструкція корпусу цих моделей із Carbon Kevlar, вакуумна інфузія, технології високого класу [3]. Серед переваг цих моделей є ширший корпус (наприклад 82") порівняно з Hell's Bay, що може дати кращу остійність (важливо для прогулянкової моделі), а також сучасні матеріали корпусу, висока якість виробництва.



Рис. 1.4. Вид збоку катера та на ніс

Drake Boatworks пропонує кілька моделей, серед яких Nomad / Nomad SL / Outlaw [5].

Наприклад, Nomad 2.0 має такі специфікації: конструкція — aerospace grade vacuum infused carbon / Innegra, бак палива ≈ 21 галонів,

Outlaw — це менш «велика» версія, більш призначена для мілководдя — кілеватість $\approx 2^\circ$, паливна ємність ~ 14 галонів, двигуни Yamaha / Tohatsu / Suzuki [5].

					24.MP.135.6112м.02	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

Nomad SL — полегшена версія Nomad, з деякими спрощеннями конструкції, щоб зменшити масу (без частини баків, коробів тощо) при тій самій геометрії корпусу [5].

Катери цієї верфі характеризуються наступними особливостями:

- сучасні композитні технології, їх конструкції, це високоякісні композити (carbon / Innegra), що дають високу жорсткість при відносно низькій вазі.

- мілководна геометрія — модель Outlaw з кілеватістю 2° та компактною паливною системою орієнтована на мілководдя, що є прийнятним для більшості внутрішніх річкових умов.

- універсальність моделей — можливість використовувати різні варіанти (Nomad, Outlaw, NV) в залежності від задачі (комфорт, мілководдя, швидкість).

- можливість полегшення версії (SL), вже існує версія, де спрощено деякі компоненти для зменшення маси, що може бути корисним при адаптації до концептуального проекту.

Технічні характеристики зазначених човнів наведені в табл.1.1

На основі проведеного аналізу по сучасних глісуючих човнах класу *skiff*, призначених для експлуатації на внутрішніх водоймах і мілководді, було розглянуто сім моделей провідних світових виробників.

					24.MP.135.6112м.01	Арк.
						13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 1.1

Технічні характеристики човнів

	Найменування	Довжина, м	Ширина, м	Висота борту, м	Маса (Gross weight), кг	Пасажиromісткість, осіб	Вантажопідйомність, кг	Потужність двигуна, HP	Висота транця	Кілеватість на транці, град	Кілеватість на міделі, град	Осадка, м	Паливний бак, л	Максимальна швидкість, вуз
1	Hell's Bay Waterman 18	5,5	1,73	0,35	277	3	200	70	0,30	2	5	0,11	50	40 mph
2	Hell's Bay Glades Skiff 17	5,0	1,47	0,36	200	3	150	30	0,33	8	12	0,1	45	30 mph
3	Beavertail Skiffs Elite 17	5,38	1,83	0,51	272	4	160	70	0,50	0	2	0,18	75,7	40 mhp
4	Beavertail Skiffs Vengeance 18	5,49	2,08	0,66	340	4	200	115	0,51	10	12	0,18	75,7	40 mhp
5	East Cape EVO 17	4,97	1,77	0,61	318	4	150	90	0,51	14	14	0,23	150	43 mhp
6	Drake Nomad 2.0	5,49	1,88	0,52	150	4	200	40	0,51	4	4	0,2	79,5	30 mhp
7	Drake Outlaw	5,26	1,50	0,41	150	3	200	40	0,38	2	2	0,15	57	28 mhp

Порівняння технічних характеристик і конструктивних особливостей моделей човнів табл.1.1 дало змогу визначити переваги та недоліки кожної моделі з точки зору їхньої придатності до умов річкової експлуатації в Україні.

За осадкою.

1. Найменша осадка: hell's bay glades skiff (0,10 м) та hell's bay waterman 18 (0,11 м).
2. Невелика осадка: drake outlaw (0,15 м), drake nomad 2.0 (0,20 м).
3. Більша осадка: beavertail моделі (0,18 м), east cape (0,23 м).

Для річкових умов України з частими мілководними ділянками рекомендуються моделі з осадкою до 0,15 м.

За масою.

1. Найлегші: drake nomad 2.0 (150 кг), drake outlaw (150 кг).
2. Легкі: hell's bay glades skiff (200 кг), hell's bay waterman 18 (277 кг).
3. Важчі: beavertail (272-340 кг), east cape (318 кг).

Легкі конструкції (136-200 кг) дозволяють використовувати менш потужні двигуни та досягають економічності на 15-25%.

За потужністю двигуна.

1. Малопотужні: hell's bay glades skiff (30 hp), drake outlaw (40 hp).
2. Середньо-потужні: Hell's Bay Waterman 18 (70 HP), Beavertail Elite (70 HP), Drake Nomad (70 HP).
3. Високо-потужні: East Cape (90 HP), Beavertail Vengeance (115 HP).

Для досягнення 30 вузлів при мінімальній масі достатня потужність 50-70 HP.

За вартістю.

1. Економічні варіанти: Drake Outlaw (~8000 USD), Hell's Bay Glades (~12000 USD).
2. Середньо-вартісні: Drake Nomad (~15000 USD), Beavertail Elite (~18000 USD)

					24.MP.135.6112м.01	Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3. Дорогі: East Cape (~20000 USD), Beavertail Vengeance (~25000 USD).

Серед розглянутих варіантів Drake Outlaw продемонстрував найвищу гідродинамічну ефективність і мінімальну осадку (0,15 м) при прийнятній вартості, що робить його особливо придатним для річкових умов із частими ділянками мілководдя. Корпус виготовлено з авіаційних композитних матеріалів – карбону та Innegra за технологією вакуумної інфузії, що забезпечує поєднання високої жорсткості, малої маси та корозійної стійкості.

Разом з тим, невеликі розміри човна ($L=5,26$ м, $B=1,50$ м) та обмежений запас потужності двигуна (до 40 HP) потребують подальшої адаптації при проєктуванні прогулянкового судна, орієнтованого на більшу пасажиромісткість (2 пасажирів) і остійність.

Для врахування вимог щодо комфорту і місткості було додатково проаналізовано моделі Beavertail Elite 17 та East Cape EVO 17. Перша модель відзначається високою якістю композитної конструкції, оптимальними розмірами (довжина 5,38 м, ширина 1,83 м) та збалансованими гідродинамічними характеристиками. Вона служить орієнтиром для вибору ергономічних рішень палуби та внутрішніх відсіків, особливо щодо розташування пасажирських сидінь.

Узагальнюючи отримані результати, як базові варіанти для подальшого проєктування обрано човни Drake Outlaw і Drake Nomad 2.0, що забезпечують найкраще співвідношення гідродинамічних показників і масо-габаритних характеристик. При цьому передбачається виконати низку адаптаційних заходів: оптимізувати форму транця для встановлення двигуна потужністю до 70 HP (замість прототипних 40 HP); розширити корпус з $B = 1,50$ м до $B = 1,65-1,75$ м для підвищення остійності та комфорту пасажирів; модифікувати палубне планування з урахуванням розміщення пасажирських сидінь і відсіків для багажу; застосувати композитну технологію вакуумної інфузії з використанням вуглецевих і склопластикових шарів для досягнення

					24.MP.135.6112м.01	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

високої міцності при мінімальній масі; передбачити можливість встановлення сучаснішої системи керування та навігації.

1.2 Аналітичний огляд сучасних глісируючих човнів і їх класифікація.

Малі швидкісні прогулянкові судна з малою осадкою, як правило, мають плоске або помірно килевате днище, що сприяє зменшенню опору при русі на глісуванні. Подібні конструктивні рішення широко описані в класичних роботах з проектування малих суден та глісуючих корпусів [9, 10, 11].

Фізична природа режиму глісування полягає у різкому зменшенні гідродинамічного опору під час руху судна. Це досягається завдяки тому, що при збільшенні швидкості корпус частково виходить з води під дією підйомної сили, створеної тиском потоку на днище. У результаті занурений об'єм і змочена площа корпусу істотно зменшуються, що приводить до зменшення опору хвиле-утворення та тертя.

Таким чином, при переході у глісуючий режим корпус судна спирається на воду лише нижньою кормовою ділянкою днища, а основна частина ваги компенсується гідродинамічною підйомною силою. Це дозволяє досягати вищих швидкостей при менших витратах енергії.

У режимі глісування площа змоченої поверхні зазвичай зменшується у 2–4 рази, а занурений об'єм не перевищує 10–15% від початкового значення. Завдяки цьому швидкість судна на початковій стадії глісування може бути у 3–4 рази більшою, ніж при русі у водотоннажному режимі.

Разом із тим, гідродинамічна природа глісування зумовлює не лише його переваги, а й певні недоліки, головним із яких є зниження морехідних якостей. Зменшення змоченої площі після виходу судна на глісуванні призводить до того, що під час зустрічі навіть із незначною хвилею вона може різко збільшуватися, а разом із нею і підйомна сила. Це викликає значну поздовжню хитавицю корпусу.

					24.МР.135.6112м.01	Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Тому під час проектування сучасних глісуючих суден головним завданням є досягнення раціонального компромісу між високими ходовими якостями та достатньою морехідністю. Саме це визначає основний напрямок подальшого вдосконалення їх конструкцій.

Сучасні швидкісні судна утворюють велику групу малих плавзасобів, які відрізняються за своїм призначенням, конструкцією корпусу та умовами експлуатації. Відповідно до сучасної практики суднобудування, їх можна класифікувати за кількома основними ознаками [3].

За призначенням. До цієї категорії належать:

- службово-роз'їзні та патрульні судна;
- прогулянкові й туристичні катери;
- спортивно-перегонові човни;
- пасажирські глісери;
- судна спеціального призначення (санітарні, пожежні, рятувальні тощо).

За архітектурно-конструктивним типом. У цій групі виділяють:

- безпалубні човни відкритого типу;
- моточовни та катери з носовою палубою й відкритим кокпітом;
- катери з носовою надбудовою і кокпітом у кормовій частині;
- судна з суцільною надбудовою або запалублені катери з центральною рубкою;
- двокорпусні (катамаранного типу) судна з рубкою на сполучному мосту;
- корпуси з аеродинамічно обтічними обводами, що мінімізують опір повітря або створюють додаткову підйомну силу під час руху.

За формою корпусу. За особливостями обводів і конфігурації днища розрізняють:

- безреданні гострокілеваті корпуси з плоскими, S-подібними або увігнутими шпангоутами;
- безреданні корпуси з тунельною формою днища;
- реданні глісери класичного типу;

					24.МР.135.6112м.01	Арк.
						18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- триточкові реданні човни;
- морехідні глісери з комбінованими обводами;
- корпуси типу «глибоке V»;
- глісери типу «кафедрал», у яких поєднано форму «глибоке V» зі спонсонами, що майже не змочуються під час руху.

У сучасному суднобудуванні малих швидкісних суден застосовуються різні типи корпусів, зокрема корпуси типу Deep-V, тунельні корпуси (Tunnel hull) та корпуси з реданами (Stepped hull). Корпуси типу Deep-V характеризуються підвищеною морехідністю та кращою поведінкою на хвилюванні, однак мають більший гідродинамічний опір [9–11]. Тунельні корпуси широко застосовуються для експлуатації на мілководді та забезпечують зменшену осадку за рахунок спеціальної геометрії днища [5, 1–5]. Корпуси з реданами дозволяють зменшити змочену поверхню та підвищити швидкісні характеристики судна, що підтверджується численними теоретичними та чисельними дослідженнями [7, 23].

Тип 1: (Deep V Hull)

Корпус типу «глибоке V» характеризується значним кутом кілеватості (deadrise), який становить 18-22° на транці (кормовій частині) та 12-15° на міделі. Днище поступово переходить від V-подібної форми на носі до більш плоскої форми на кормі. Така конструкція забезпечує плавну хитавицю при русі на хвилюванні, робить судно морехідним, однак менш економічним порівняно з іншими типами конструкцій.[9]

Основною перевагою цього типу корпусу є висока якість морехідності. При русі у хвильовому морі при 1-2 балах човен демонструє вищі комфортні показники, оскільки V-подібна форма днища ефективно розділяє хвилі, знижуючи силу ударів по корпусу. Крім того, така конструкція забезпечує хорошу остійність під час крутих поворотів, а корпус менш чутливий до неправильного центрування пасажирів або вантажу,

До переваг зазначених човнів також відносяться: [10]

					24.MP.135.6112м.01	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

- вищі морехідні якості при середньому хвилюванні (1-2 бали), що критично важливо для експлуатації з можливими течіями та хвилюванням;
- стійкість на крутих поворотах забезпечує контрольовану поведінку судна при маневруванні;
- менша чутливість до неправильного центрування пасажирів дозволяє експлуатувати судно без спеціальної підготовки операторів;
- кращі показники бокової стійкості при динамічних навантаженнях.

Недоліками човнів з формою корпусу типу «глибоке V» є наступні:

- витрати палива на 5-8% вищі порівняно з реданними конструкціями через більшу змочену площу днища;
- більша осадка в режимі глісування (0,15-0,25 м) обмежує можливість плавання у мілководді;
- зниження максимальної швидкості на 3-5 вузлів через вищий опір на високих режимах;
- більш складна конструкція днища вимагає точнішого розрахунку форми та більших витрат на виготовлення матриці
- вага конструкції на 10-15% більша за реданні варіанти при однакових розмірах

Корпус типу «глибоке V» рекомендується для суден, які будуть експлуатуватися в умовах з частим хвилюванням, на відкритих водоймах або у морських районах. Однак для річкових умов України, де хвилювання зазвичай не перевищує 1-2 бали, цей тип конструкції не є оптимальним через зайві витрати палива [11].

Тип 2: Тунельна форма (Tunnel Hull).

Тунельна конструкція корпусу являє собою унікальне рішення, в якому корпус має два гребені (спонсони) по бортам, а між ними розташоване плоске дно, утворюючи замкнутий тунель. Такий дизайн суттєво зменшує змочену площу корпусу, оскільки вода контактує лише з гребенями та тунелем. Це

					24.MP.135.6112м.01	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

забезпечує екстремальну малу осадку, оскільки занурений об'єм зменшується на 60-70% порівняно з традиційними V-подібними конструкціями. Тунельна форма також забезпечує виняткову маневреність та керованість на малих і середніх швидкостях.[5]

Однак тунельна конструкція вимагає дуже точного розрахунку розташування гребенів та висоти тунелю. Навіть невеликі помилки у геометрії можуть суттєво погіршити гідродинамічні характеристики. Крім того, на високих швидкостях тунельні судна можуть демонструвати нестійкість при боковому вітрі.[9]

Переваги тунельної конструкції:

- найменша осадка серед всіх типів конструкцій (0,08-0,12 м) — критично важливо для мілководних річок України, де глибина часто обмежена 0,2-0,3 м;
- найменша маса при однаковому розмірі (20-24 кг/м довжини), що дозволяє використовувати менш потужні двигуни і знижує витрати на пальне;
- найвищі показники паливної економічності та дальності на одному баку;
- витрата палива може бути на 25-30% менша за суден з «глибоким V»;
- відмінна маневреність на малих швидкостях (5-10 вузлів) дозволяє легко маневрувати у вузьких річкових каналах та при швартуванні;
- можливість розвивати найвищі максимальні швидкості (40+ вузлів) при меншій потужності двигуна;

Недоліки цієї конструкції :

- нестійкість при сильному боковому вітрі (5+ балів) – гребені не забезпечують достатньої бокової стійкості на високих швидкостях;
- складність виробництва та формування матриці для точного відтворення геометрії гребенів, що може збільшити вартість на 20-30%;
- менш стійка поздовжня остійність — судно легше занурюється носом або кормою при неправильному centruванні;

					24.МР.135.6112м.01	Арк.
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- ускладнена конструкція системи охолодження двигуна через розташування гребенів та тунелю;
- великі гідродинамічні сили при крутих поворотах на високих швидкостях можуть привести до перекидання;
- більш чутливе до якості палива та регулювання двигуна.

Тунельна конструкція рекомендується для спеціалізованих суден, призначених для експлуатації в екстремально мілководних районах (мангрові болота, дельти річок, системи каналів). Для загального прогулянкового флоту на річках України цей тип конструкції менш придатний через нестійкість при боковому вітру та складність обслуговування.[10]

Тип 3: Редана конструкція (Stepped Hull).

Реданна конструкція являє собою компромісне рішення, яке поєднує переваги V-подібних та плоскодонних конструкцій. На днищі судна розташовуються одна, дві або три ступені, розташовані поперечно до напрямку руху. Кожна ступень створює місцеву підйомну силу, що дозволяє частково підвісити корпус на воді, суттєво зменшуючи змочену площу порівняно з безреданними конструкціями.

Механізм роботи реданної конструкції полягає в тому, що при русі води під ступенями утворюється область підвищеного тиску, яка створює гідродинамічну підйомну силу. Це призводить до скорочення змоченої площі на 40-50%, що помітно зменшує опір на крейсерських швидкостях. Реданна конструкція демонструє найвищі показники балансу між морехідністю, економічністю та простотою виробництва.

Переваги:

- значне зменшення змоченої площі на 40-50% порівняно з глибоким V, що суттєво зменшує опір руху;
- збільшення дальності плавання на 15-25% при однаковому обсягу паливного баку порівняно з безреданними конструкціями;

					24.МР.135.6112м.01	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

- більш плавна робота при русі в режимі перехідного глісування (швидкості 10-20 вузлів), де традиційні V-подібні конструкції часто демонструють зростаючий опір;
- менша нестійкість при боковому вітрі порівняно з тунельною конструкцією – гребенів немає, тому є більш широке дно;
- вищі морехідні якості порівняно з тунельною конструкцією завдяки більшій змоченій площі, що забезпечує кращу остійність;
- оптимальна для балансу між всіма критеріями – морехідність, економічність, простота виробництва;
- менш чутливе до регулювання двигуна, ніж тунельна конструкція.

Недоліки:

- складність конструктивного оформлення ступенів — потребує точного розрахунку висоти, довжини та розташування кожного ступеню;
 - потребує детального гідродинамічного розрахунку розташування ступенів для конкретного режиму руху;
 - можливість утворення вихорів у зоні ступенів при певних режимах руху, що може привести до нестійкості;
 - ускладнена компоновка корпусу при встановленні внутрішніх систем (паливні баки, охолодження, каналізація);
- вищі вимоги до точності виготовлення порівняно з простими V-подібними конструкціями ($\pm 10-15$ мм);
- ремонти та модифікації конструкції у випадку пошкоджень виконуються складніше.

Реданна конструкція є оптимальним рішенням для прогулянкових річкових суден, які мають забезпечити баланс між морехідністю, економічністю та простотою виробництва. Цей тип конструкції рекомендується для річок України, де змінюються мілководні та глибокі ділянки, де потрібна висока маневреність.

Тип 4: Плоскодонна конструкція (Flat Bottom).

					24.МР.135.6112м.01	Арк.
						23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Плоскодонна конструкція являє собою найпростіший варіант дизайну корпусу, в якому днище практично паралельно до поверхні води з кутом килюватості на транці близько 0-2°. Це робить конструкцію максимально простою для проектування та виробництва, однак водночас обмежує гідродинамічні властивості судна. Плоскодонне судно має найбільший внутрішній об'єм при однаковому зовнішньому розмірі, що робить його привабливим для вантажних застосувань.

Однак при русі у хвильовому морі плоскодонне судно демонструє найгірші характеристики через жорсткі удари днища по хвилях. Крім того, таке судно менш стійке на крутих поворотах та більш чутливе до центрування вантажу.

Переваги:

- найпростіша конструкція та найнижча вартість виготовлення — мінімальні вимоги до точності матриці;
- мінімальна маса на одиницю довжини (20-26 кг/м), що позитивно впливає на загальну вагу судна;
- найбільший внутрішній об'єм при однаковому зовнішньому розмірі дозволяє розташувати більше вантажу або пасажирів;
- найпростіше проектування — не потребує складних розрахунків гідродинаміки;
- найнижча вартість матеріалів та виробництва порівняно з іншими типами
- найпростіший ремонт у польових умовах.

Недоліки:

- найгірші морехідні якості – жорсткі удари по корпусу при русі крізь хвилювання вже при 1 балі;
- менш стійка поздовжня остійність – легше занурюється носом чи кормою при дисбалансі вантажу;

					24.МР.135.6112м.01	Арк.
						24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- більша осадка порівняно з V-подібними та реданними конструкціями (0,12-0,20 м);
- складність управління при крутих поворотах – плоске дно не забезпечує достатньої опори для поворотних сил;
- високий рівень шуму та вібрацій при русі;
- менша максимальна швидкість (32 вузли) через вищий опір.

Плоскодонна конструкція рекомендується для малих вантажних суден, поромів, або суден спеціального призначення, де максимальна вантажопідйомність і мінімальна вартість важливіші за морехідність та швидкість. Для прогулянкових суден на річках України, де потрібна висока маневреність та комфорт пасажирів, цей тип конструкції менш придатний.

В табл.1.2 наводиться порівняльна оцінка характеристик розглянутих типів конструкцій корпусів глісируючих човнів.

Таблиця 1.2 Порівняння характеристик типів конструкцій корпусів

Параметр	Глибоке V	Тунельна	Реданна	Плоскодонна
Осадка при глісуванні (м)	0,15-0,25	0,08-0,12	0,10-0,18	0,12-0,20
Маса корпусу (кг/м)	25-30	20-24	22-28	20-26
Морехідність (бали)	8-9 (відмінна)	5-6 (задовільна)	7-8 (добра)	5-6 (задовільна)
Витрати пального (л/км)	0,70-0,85	0,55-0,70	0,50-0,65	0,65-0,80
Максимальна швидкість	35 вузлів	40+ вузлів	38 вузлів	32 вузли
Складність виготовлення	Середня	Висока	Висока	Низька
Вартість матеріалів (грн/м ²)	250-350	300-450	350-500	150-250
Придатність для річок	Добра	Відмінна	Відмінна	Добра
Стійкість при боково вітрі	Хороша	Задовільна	Хороша	Середня
Комфорт при хвилюванні	Високий	Низький	Середній	Низький

На основі проведеного аналізу всіх чотирьох типів конструкцій корпусів та з урахуванням специфіки річкової експлуатації на річках України, для

розроблення концептуального проекту швидкісного прогулянкового річкового човна обрана конструкція корпусу типу «Глибоке V».

1.3. Аналіз методів визначення основних елементів прогулянкових човнів та обґрунтування обраного методу проектування.

Проектування ПЧ глісуючого типу передбачає визначення їхніх головних елементів — довжини корпусу по конструктивній ватерлінії ($L_{\text{квл}}$), ширини ($B_{\text{квл}}$), осадки (d), а також коефіцієнтів повноти форми корпусу, водотоннажності Δ та потужності пропульсивної установки N_e . Правильне визначення цих параметрів є основою для подальшого створення теоретичного креслення корпусу човна і його поверхні та встановлення можливості забезпечення його морехідних якостей.

Головні елементи човнів, що розглядаються, визначають його основні експлуатаційні властивості: довжина L впливає на максимальну швидкість, дальність плавання та вартість; ширина B визначає остійність, внутрішній об'єм корпусу; осадка d є критичним серед головних елементів для річкових умов з мілководдям; коефіцієнти повноти характеризують форму корпусу та його гідродинамічні властивості; водотоннажність Δ визначає вантажопідйомність та потрібну потужність двигуна.

Для швидкохідних глісуючих суден коефіцієнт загальної повноти вибирається з діапазонів: $C_B = 0,35-0,40$ — дуже гострокілеваті, економічні, але менш стійкі; $C_B = 0,40-0,45$ — оптимально для реданних конструкцій; $C_B = 0,45-0,50$ — більш повні, більш стійкі, але менш економічні. Менші значення C_B свідчить про більш обтічну форму та менший опір руху [8,13].

У практиці суднобудування застосовується декілька підходів до визначення основних елементів малих плавзасобів, кожен з яких має свої переваги та обмеження:

1. Метод аналогій (прототипів).
2. Емпірико-аналітичний метод.

					24.МР.135.6112м.01	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

3. Комп'ютерне моделювання (CAD/CFD).

4. Комбінований метод.

Емпірико-аналітичний метод базується на використанні теоретичних та експериментальних залежностей, що описують зв'язок між основними елементами корпусу, водотоннажністю та швидкісними параметрами судна. Цей метод дозволяє більш гнучко адаптувати конструкцію до конкретних умов та вимог, не будучи настільки залежним від конкретного прототипу.[6,8,14]

Цей метод використовує теоретичні принципи гідростатики та гідродинаміки, експериментальні дані з гідродинамічних буксирувань моделей, емпіричні формули, виведені з аналізу деякої кількості побудованих суден.

На сучасному етапі проектування малих суден широко застосовується комп'ютерне моделювання корпусу з використанням спеціалізованих програмних систем. Метод передбачає створення тривимірної математичної моделі корпусу, побудову поверхонь обводів та проведення детального гідродинамічного аналізу методом обчислювальної гідродинаміки.

Комбінований метод проектування об'єднує переваги трьох підходів, мінімізуючи їхні недоліки. Цей метод має найвищу ефективність відношення точності до витрачених ресурсів для проектування малих прогулянкових суден.

На першому етапі комбінованого методу проводиться базових варіантів суден для первинної оцінки їх водотоннажності, потужності двигунів. На другому етапі в рамках емпірико-аналітичного методу на основі створеної статистичної методики визначаються основні залежності для розробки сукупності розмірів і характеристик судна, а потім проводиться аналіз вагового балансу судна та розрахунки центрування судна (визначення координат центра мас.

					24.МР.135.6112м.01	Арк.
						27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

На етапі використання комп'ютерних CAD-систем виконується геометричне моделювання поверхні корпусу судна та створення його тривимірної моделі в програмних середовищах Rhinoceros або Maxsurf. На основі побудованої моделі проводяться розрахунки гідростатичних характеристик, визначення критеріїв остійності відповідно до вимог Правил класифікаційних товариств та міжнародних стандартів, а також побудова діаграми статичної остійності судна [6,7].

Розробку концептуального проекту швидкісного прогулянкового річкового човна за комбінованим методом організовано у чотири послідовні етапи, кожен з яких використовує специфічні методи проектування та видає конкретні результати.

На першому етапі концептуального проектування спирається переважно на метод аналогій і включає вибір базових варіантів човна, та адаптацію конструкції під специфічні вимоги завдання: 2 пасажирів, максимальна швидкість 30 вузлів, потужність двигуна 40-70 НР. На цьому етапі встановлюються базові параметри судна та обґрунтовується вибір геометричних характеристик.

На другому етапі проводяться з детальні емпірико-аналітичні розрахунки основних параметрів човнів на основі створеної статистичної методики. На основі розрахунків вагового балансу та коефіцієнтів ККД визначається необхідна потужність $P = 44$ кВт, що відповідає двигуну Yamaha F60 потужністю 60 к. с. Завершує цю фазу розрахунок витрат пального (0,60 л/км при крейсерській швидкості 20 вузлів) та дальності плавання (125 км на одному баку пального).

На третьому етапі, етапі технічного проектування розробляється клас-проект, що використовує геометричні та конструктивні розробку використанням CAD методів. На цьому етапі створюється тривимірна модель корпусу у спеціалізованому програмному забезпеченні, моделюються V-подібний профіль носа, плоский профіль корми, реданні ступені, борти та

					24.MP.135.6112м.01	Арк.
						28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

палуба. Розраховуються гідростатичні характеристики та параметри остійності (метацентрична висота, крива статичної остійності) за допомогою програми Maxsurf, що забезпечує перевірку відповідності вимогам міжнародних класифікаційних товариств.

Таким чином, для розробки концептуального проекту швидкісного прогулянкового річкового човна у відповідності до вимог завдання магістерської роботи обраний комбінований метод

Такий підхід гарантує отримання достовірних результатів проектування, забезпечує можливість адаптації човнів до специфічних умов річкової експлуатації, зокрема на мілководних ділянках річок України, а також безпечну експлуатацію судна завдяки детальним розрахункам його морехідних якостей, Крім того, застосування такого підходу при виборі головних параметрів а також економічність як на етапі проектування, так і на етапі експлуатації завдяки використанню оптимізаційного підходу при виборі параметрів човна та питомих зведених витрат.

1.4 Розробка статистичної методики визначення основних розмірів і характеристик швидкохідного човна.

Нижче розглядаються швидкісні човни з малою осадкою, основні розміри і характеристики яких можуть бути використані при розробці концептуального проекту такого човна. Найбільші розміри човнів беруться з таблиці 1.1, а в таблиці 1.3 наводяться отримані розрахункові значення їх відношень, числові значення довжини і ширини по КВЛ, осадки, а також водотоннажності, коефіцієнта загальної повноти та ін.

					24.МР.135.6112м.01	Арк.А
Змн.З	Арк.А	№ докум.№	ПідписПід	Дата		29

Таблиця 1.3 Головні розміри і характеристики швидкісних човнів

№ з/п	Проект	East Cape EVO 17	Hells Bay Glades Skiff 17	Drake Outlaw	Beavertail Skiffs Elite 17	Beavertail Skiffs Vengeance 18	Drake Nomad 2.0	Hells Bay Watermar 18
1	Довжина найбільша, L_H , м	4.97	5.0	5.26	5.38	5.49	5.49	5.5
2	Ширина найбільша, B_H , м	1.77	1.47	1.50	1.83	2.08	1.88	1.73
3	Відношення L_H/B_H	2.81	3.40	3.51	2.94	2.64	2.92	3.18
4	Висота борту на міделі, D_M , м	0.41	0.36	0.41	0.51	0.66	0.52	0.35
5	Довжина по КВЛ, $L_{КВЛ}$, м	3.93	3.95	4.05	4.14	4.23	4.23	4.35
6	Відношення $L_H/L_{КВЛ}$	1.265	1.266	1.300	1.300	1.300	1,300	1,279
7	Ширина по КВЛ, $B_{КВЛ}$, м	1.55	1.29	1.32	1.61	1.83	1.65	1.52
8	Відношення $L_{КВЛ}/B_{КВЛ}$	2.53	3.06	3.07	2,57	2.31	2.56	2.86
9	Осадка, d , м	0,15	0,10	0,10	0,12	0,14	0,12	0,115
10	Відношення $B_{КВЛ}/d$	10.33	12,9	13.2	13.4	13.1	13.75	13.22
11	Добуток $L_{КВЛ} \cdot B_{КВЛ} \cdot d$, $м^3$	0.914	0.510	0.535	0.800	1.084	0.838	0.760
12	К-т загальної повноти C_B	0.51	0.65	0.65	0.54	0.50	0.42	0.63
13	Водотоннажність об'ємна $V = \gamma L_{КВЛ} \cdot B_{КВЛ} \cdot d C_B$, $\gamma=1$, $м^3$	0.468	0.350	0.350	0.432	0.540	0.350	0.477
14	Водотоннажність, Δ , т	0.468	0.350	0.350	0.432	0.540	0.350	0.477
15	Маса корпусу обладнанням, $P_{коб}$, кг	277	200	150	272	340	150	277
16	Відношення $\eta_{об} = P_{коб}/\Delta$	0,592	0,571	0,429	0,630	0,63	0,430	0,581
17	Корисний вантаж, P_K , кг	200	150	200	160	200	200	200
18	Відношення $\eta_K = P_K/\Delta$	0,427	0,428	0,570	0,370	0,370	0,570	0,419
19	Пасажиромісткість, осіб	4	3	3	4	4	4	3
20	Потужність ПМ, к.с.	90	30	40	70	115	40	70
21	Максимальна швидкість, вуз	43	30	28	40	40	30	40

Наведені в табл.1.3 дані дали можливість отримати статистичні залежності, які покладені в основу методики визначення водотоннажності, головних розмірів, коефіцієнта загальної повноти та інших характеристик проєктованого катера.

Послідовність розрахунків з використанням залежностей розробленої статистичної методики є наступною.

Характеристикою, яка задається, є корисний вантаж P_K .

1. Визначається водотоннажність катера за залежністю

					24.MP.135.6112м.01	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\Delta = P_k / \eta_k, \quad (1.1)$$

де – коефіцієнт «корисного вантажу», $\eta_k = P_k / \Delta$, який отриманий статистичною обробкою даних в табл.1:

$$\eta_k = -2E-07 P_k^3 + 0.0001 P_k^2 - 0.0298 P_k + 2.916 \quad R^2 = 1 \quad (1.2)$$

Маса корпусу з обладнанням, кг, визначиться як

$$P_{коб} = \Delta \cdot (1 - \eta_k) \quad (1.3)$$

2. Визначається довжина найбільша L_H катера через водотоннажність Δ по формулі

$$L_H = -10.686 \Delta^2 + 11.405 \Delta + 2.4473. \quad R^2 = 0.75 \quad (1.4)$$

3. Визначається ширина найбільша катера B_H :

$$B_H = L_H / (L_H / B_H), \quad (1.5)$$

де L_H / B_H – відношення довжини найбільшої до ширини найбільшої, яке визначається по отриманій формулі

$$L_H / B_H = -4.2622 L_H^2 + 43.517 L_H - 107.61 \dots R^2 = 0.75 \quad (1.6)$$

4. Висота борту на міделі визначається по формулі:

$$D_M = 0.314 L_H^2 - 2.9356 L_H + 7.1856 \quad R^2 = 0.92 \quad (1.7)$$

5. Визначається довжина катера по КВЛ : $L_{КВЛ}$

$$L_{КВЛ} = L_H / (L_H / L_{КВЛ}), \quad (1.8)$$

де $L_H / L_{КВЛ}$ – отримане відношення довжини найбільшої до довжини по КВЛ:

$$L_H / L_{КВЛ} = -0.2233 L_H^2 + 2.4055 L_H - 5.1767 \quad R^2 = 0.999 \quad (1.9)$$

6. Ширина катера по КВЛ визначається по формулі

$$B_{КВЛ} = L_{КВЛ} / (L_{КВЛ} / B_{КВЛ}), \quad (1.10)$$

де $L_{КВЛ} / B_{КВЛ}$ – отримане відношення довжини по КВЛ до ширини по КВЛ:

$$L_{КВЛ} / B_{КВЛ} = 66.873 L_{КВЛ}^3 - 824.64 L_{КВЛ}^2 + 3386.1 L_{КВЛ} - 4627.1 \quad R^2 = 0.894 \quad (1.11)$$

7. Визначається осадка катера за залежністю

					24.МР.135.6112м.01	Арк.А
Змн.З	Арк.А	№ докум.№	Підпис/Під	Дата		31

$$d = B_{\text{КВЛ}} / (B_{\text{КВЛ}} / d), \quad (1.12)$$

де $B_{\text{КВЛ}}/d$ – відношення ширини по КВЛ до осадки:

$$B_{\text{КВЛ}}/d = -5.2746 B_{\text{КВЛ}}^2 + 16.629 B_{\text{КВЛ}} + 0.3254 \quad R^2 = 0.820 \quad (1.13)$$

8. Визначення коефіцієнта загальної повноти по формулі

$$C_B = \Delta / (\Delta / C_B), \quad (1.14)$$

де Δ / C_B – відношення водотоннажності до коефіцієнта загальної повноти

$$\Delta / C_B = 2.8392 \Delta - 0.4452 \dots R^2 = 0.9964 \quad (1.15)$$

Проведені розрахунки з використанням отриманих статистичних залежностей дають можливість вибрати як базовий варіант човна *Drake Nomad 2.0*, основні розміри і характеристики першого наближення якого будуть використані при пошуку найкращого варіанту човна по економічним показникам.

1.5 Визначення показників економічної ефективності експлуатації варіантів човна і вибір його проектного рішення з кращими показниками.

Розрахунок капітальних витрат.

Вартість будівництва корпусу розраховується по формулі

$$C_K = c_M \cdot P_{\text{коб}} \cdot k_{\text{тр}}, \$ \quad (1.16)$$

де $c_M = 35$ \$/кг - питома вартість виготовлення склопластикового корпусу; $P_{\text{коб}} = 150$ кг – маса корпусу; $k_{\text{тр}} = 1,35$ – коефіцієнт трудомісткості для малосерійного виробництва.

$$C_K = 35 \cdot 150 \cdot 1,35 = \$7088.$$

Повна будівельна вартість:

$$C_{\text{коб}} = C_K + C_{\text{дв}} + C_{\text{об}} + C_{\text{ел}}, \quad (1.17)$$

де $C_{\text{дв}} = \$7800$ – вартість двигуна; $C_{\text{об}} = \$2500$ – вартість суднового обладнання; $C_{\text{ел}} = \$1800$ - вартість електрообладнання і навігації.

$$C_{\text{коб}} = 7088 + 7800 + 2500 + 1800 = \$18838.$$

Річні експлуатаційні витрати визначаються як

					24.МР.135.6112м.01	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

$$C_e = C_{\Pi} + C_{\text{то}} + C_{\text{рем}} + C_{\text{зб}} + C_{\text{стр}} \quad (1.18)$$

де C_{Π} – витрати на пальне; $C_{\text{то}}$ – витрати на техобслуговування; $C_{\text{рем}}$ – витрати на ремонт; $C_{\text{зб}}$ – витрати на зберігання; $C_{\text{стр}}$ – витрати на страхування

$$C_{\Pi} = Q \cdot t \cdot c_{\Pi} \quad (1.19)$$

де $Q = 13,44$ л/год – витрати пального за годину; $t = 300$ год/рік – термін експлуатації; $c_{\Pi} = \$1.2/\text{л}$ – ціна пального.

$$C_{\Pi} = Q \cdot t \cdot c_{\Pi} = 13,44 \cdot 300 \cdot 1,2 = \$4838/\text{рік}.$$

$$C_{\text{то}} = 0,05 \cdot C_{\text{коб}} = 0,05 \cdot 18,388 = \$920/\text{рік}.$$

$$C_{\text{рем}} = 0,03 \cdot C_{\text{коб}} = 0,03 \cdot 18388 = \$565/\text{рік}.$$

$$C_{\text{зб}} = 12 \cdot 150 = 1800/\text{рік}.$$

$$C_{\text{стр}} = 0,02 \cdot C_{\text{коб}} = 0,02 \cdot 18388 = 368/\text{рік}.$$

$$C_e = 4838 + 920 + 565 + 1800 + 368 = 8490/\text{рік}.$$

Зведені витрати

$$C_{\text{зв}} = C_e + (E \cdot C_{\text{коб}}) \quad (1.20)$$

де $E = 0,15$ – нормативний коефіцієнт ефективності.

$$C_{\text{зв}} = 8490 + (0,15 \cdot 18838) = \$11320/\text{рік}.$$

1.5.4. Питомі зведені витрати.

$$C_{\text{пит}} = C_{\text{зв}} / (v_s \cdot t \cdot n), \quad (1.21)$$

де $v_s = 30$ вуз – швидкість човна; $t = 300$ год, – термін експлуатації човна; $n = 2$, кількість пасажирів.

$$C_{\text{пит}} = 11,32 / (30 \cdot 300 \cdot 2) = \$0,629 \text{ миля} \times \text{пас}.$$

В табл.1.4 наводяться результати розрахунку економічних показників варіантів швидкісного човна. Розглядалися варіанти з довжинами в діапазоні $L_{\text{н}} = 5,0 - 5,5$ м і ширинами $B_{\text{н}} = 1,5 - 2$, м. Ширина визначалася по отриманій формулі (1.5), а водотоннажність і її складові по формулам (1.1) – (1.3). Потужність двигунів варіантів бралася по статистичним даним табл. 1.1, а їх вартість – по каталогам.

					24.МР.135.6112м.01	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

Таким чином, порівнюючи економічні показники варіантів човнів, які отримані варіюванням їх основних розмірів і характеристик, можна зробити висновок про вибір варіант № 6 з кращими показниками.

В табл. 1.4 надаються основні розміри і характеристики цього варіанту, які будуть використовуватись при формуванні теоретичного креслення корпусу і його поверхні.

Таблиця 1.4 Економічні показники варіантів човна

№ варіанта	Довжина L_n , м	Ширина B_n , м	Будівельна вартість $C_{коб}$, тис \$	Річні експлуатаційні витрати C_e , тис \$	Зведені витрати $C_{зв}$, тис\$	Питомі зведені витрати $C_{пит}$, тис \$/пас×миля
1	5,00	1.50	19,10	9,450	12,180	0.676
2	5,00	1.80	19,50	9,150	12,015	0.668
3	5.25	1.80	20,00	8,900	11,900	0.661
4	5.4	1.85	20,90	8,700	11,835	0.658
5	5.50	2.1	21,55	8,794	12,027	0.668
6	5.5	1.90	18,84	8,50	11,320	0.629

Таким чином, порівнюючи економічні показники варіантів човнів, які отримані варіюванням їх основних розмірів і характеристик, можна зробити висновок про вибір варіанту № 6 з кращими економічними показниками.

В табл. 1.5 надаються основні розміри і характеристики цього варіанту, які будуть використовуватись при формуванні ТК корпусу і його поверхні, а в табл.6 – його параметри корпусу.

Таблиця 1.5 Основні розміри і характеристики вибраного човна

№ з/п	Характеристики	Значення
1	Довжина найбільша, L_n , м	5,5
2	Ширина найбільша, B_n , м	1,90
3	Висота борту на міделі, D_m , м	0,50
4	Довжина по КВЛ, $L_{квл}$, м	4,23

Продовження таблиці 5		
5	Ширина по КВЛ, $B_{\text{КВЛ}}$, м	1,65
6	Відношення $L_{\text{КВЛ}}/B_{\text{КВЛ}}$	2,56
7	Осадка, d , м	0,12
8	К-т загальної повноти C_B	0.43
9	Водотоннажність об'ємна V , м ³	0,350
10	Водотоннажність, Δ , т	0,350
11	Маса корпусу з обладнанням, $P_{\text{коб}}$, кг	150
12	Корисний вантаж, P_k , кг	200
13	Пасажиромісткість, осіб	2
14	Потужність ПМ, к.с.	40
15	Максимальна швидкість, вуз	30

Таблиця 1.6

№	Параметр	Позначення	Значення
1	Кут кілюватості на транці	β	12°
2	Кут кілюватості на міделі	β_m	15°
3	Відношення довжини до ширини по КВЛ	$L_{\text{КВЛ}}/B_{\text{КВЛ}}$	2.56
4	Коефіцієнт повноти водотоннажності	C_B	0.43
5	Коефіцієнт повноти площі КВЛ	C_W	0.72
6	Коефіцієнт повноти мідель-шпангоута	C_M	0.58

1.6 Визначення складових навантаження мас човна та його центрування

Розрахунок навантаження мас човна та визначення координат центра мас проводиться в табл. 1.7.

Масу корпусу з композитного матеріалу з набором і підкріпленнями човнів, що розглядаються, визначити з причини дуже грубих наявних емпіричних залежностей не має можливості, тому її значення приймається на основі статистичних даних (табл.1-2).

Масу корпусу з композитного матеріалу з набором і підкріпленнями човнів, що розглядаються, визначити з причини дуже грубих наявних емпіричних залежностей не має можливості, тому її значення приймається на основі статистичних даних (табл.1-2).

Таблиця 1.8 Навантаження мас човна і координат центра мас.

№	Стаття навантаження	Формула розрахунку	Маса, кг	% від Δ	x_{gi} , м	M_{gi} , кг×м
1	Корпус	—	102	21.0	3.3	336.6
2	Двигун підвісний	За каталогом	103	21.2	5	515
3	Паливна система	$M_{пс} = v_s \times \rho_{п} \times kз$	50	10.3	4.3	215
4	Електрообладнання	$M_{ел} = 0.015 \times Ne$	25	5.1	2.25	56.25
5	Системи керування	$M_{ск} = 25 + 0.5 \times L$	28	5.8	1.2	33.6
6	Якірний пристрій	$M_{як} = 2.5 \times L^{0.5}$	6	1.2	0.35	2.1
7	Рятувальні засоби	За нормами	6	1.2	0.35	2.1
8	Обладнання кокпіту	$M_{об} = 8 \times n$	16	3.3	0.25	4
10	Екіпаж (2 особи)	$M_{ек} = 75 \times n$	150	30.9	0.6	90
Σ	Повна водотоннажність	$\Delta_{п}$	486	100	2.582	1254.7

Абсциса центра ваги $X_g = (\sum(M_{gi} \cdot x_{gi}))/\Delta_{п..} X_g = 1254,7/486 = 2,582$ м.

Абсциса центра величини для глісуючого корпусу

$$X_c = L_{квл} \cdot (0,38 + 0,12 \cdot Fr_1 \cdot V^{1/2}). X_c = 4,5 \cdot (0,38 + 0,12 \cdot 2,325 \cdot 0,486^{1/2}) = 2,585 \text{ м.}$$

Човен удиферентований ($X_g = X_c$).

ВИСНОВКИ ПО ПЕРШОМУ РОЗДІЛУ

У першому розділі виконано аналіз існуючих моделей швидкісних прогулянкових човнів та визначено основні тенденції їх конструктивного розвитку для експлуатації на внутрішніх водних шляхах. Встановлено, що найбільш придатними для річкових умов є глісуючі човни з малою осадкою, низькою масою корпусу та ефективними гідродинамічними обводами.

Проведено аналітичний огляд сучасних глісуючих корпусів і їх класифікацію, за результатами якого визначено переваги та недоліки основних типів конструкцій. З урахуванням вимог до остійності, керованості та комфорту руху для проектного рішення обрано корпус типу «глибоке V».

У розділі розглянуто методи визначення головних елементів прогулянкових човнів та обґрунтовано застосування комбінованого методу проектування, який поєднує метод аналогій, емпірико-аналітичні розрахунки та комп'ютерне моделювання. На основі статистичної обробки даних існуючих аналогів розроблено методику визначення основних розмірів і характеристик швидкісного човна.

Отримані результати є вихідною базою для подальшого формування проектного рішення та проведення розрахунків морехідних якостей човна у наступному розділі роботи.

					24.МР.135.6112м.01	Арк.
						37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

					24.МР.135.6112м.02							
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата								
Студент		Костюк О.В.			ДОСЛІДЖЕННЯ МОРЕХІДНИХ ЯКОСТЕЙ ПРОЄКТНОГО РІШЕННЯ ЧОВНА			Літ.		Арк.	Акрцувів	
										38		
Керівник		Кротов О.І.						НУК ім. адм. Макарова				
Консульт.		Некрасов В. О.										
Зав. Каф.		Некрасов В. О.										

РОЗДІЛ 2. ДОСЛІДЖЕННЯ МОРЕХІДНИХ ЯКОСТЕЙ ПРОЕКТНОГО РІШЕННЯ ЧОВНА

2.1. Формування теоретичного креслення і 3-D поверхні корпусу човна.

Формування теоретичної поверхні корпусу є одним з ключових етапів проектування малих швидкісних суден, оскільки геометрія обводів безпосередньо визначає їх гідростатичні характеристики, морехідні якості та експлуатаційну ефективність. На даному етапі задаються основні геометричні параметри корпусу, такі як форма днища, обводи носової та кормової частин. Теоретична поверхня проектного рішення формується з урахуванням вимог до малої осадки, здатності до глісування та експлуатації в умовах річкового мілководдя. При цьому використовується аналіз існуючих аналогів і результати огляду літературних джерел, виконаного у першому розділі, а також загальноприйняті положення теорії корабля і рекомендації з проектування глісуючих корпусів.

За допомогою програми DELFTship було розроблене теоретичне креслення (рис.2.1).

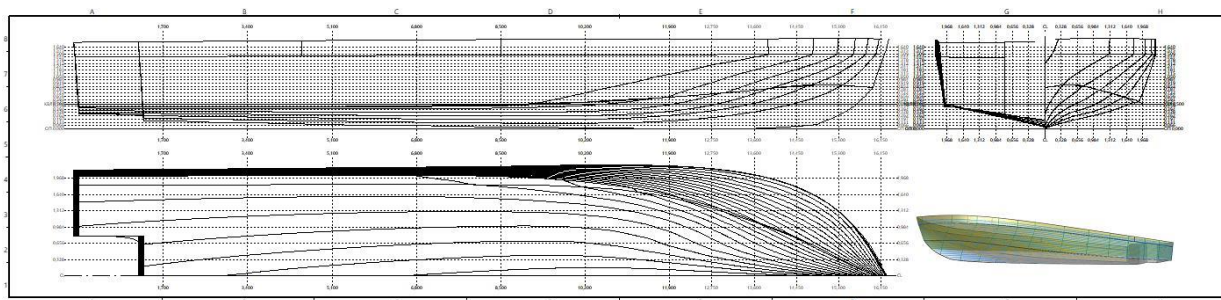


Рис.2.1. Теоретичне креслення

Для побудови поверхні корпусу застосовуються сучасні комп'ютерні CAD/CAE-системи, що дозволяють створити тривимірну поверхню з

необхідною точністю та забезпечують можливість подальшого чисельного аналізу гідростатичних характеристик і показників остійності судна.

Формування теоретичної поверхні корпусу проектного човна виконувалося з використанням спеціалізованої програмної системи Maxsurf Modeler, призначеної для геометричного моделювання суднових обводів. Дана програма забезпечує побудову гладких тривимірних поверхонь корпусу на основі мережі контрольних точок, що дозволяє точно відтворити форму днища, бортів і транця відповідно до заданих головних розмірів судна.

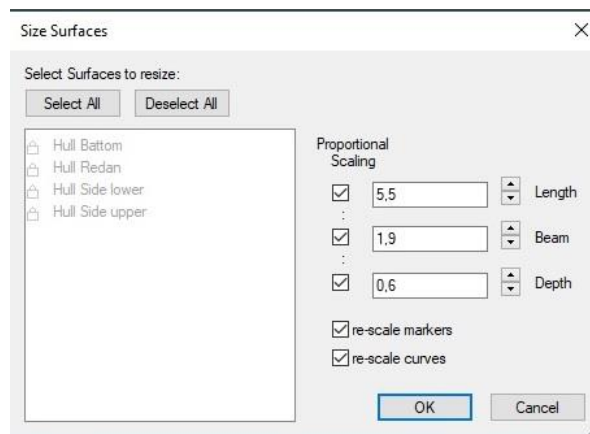


Рис.2.2. Встановлення головних розмірів човна

					24.MP.135.6112м.02	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

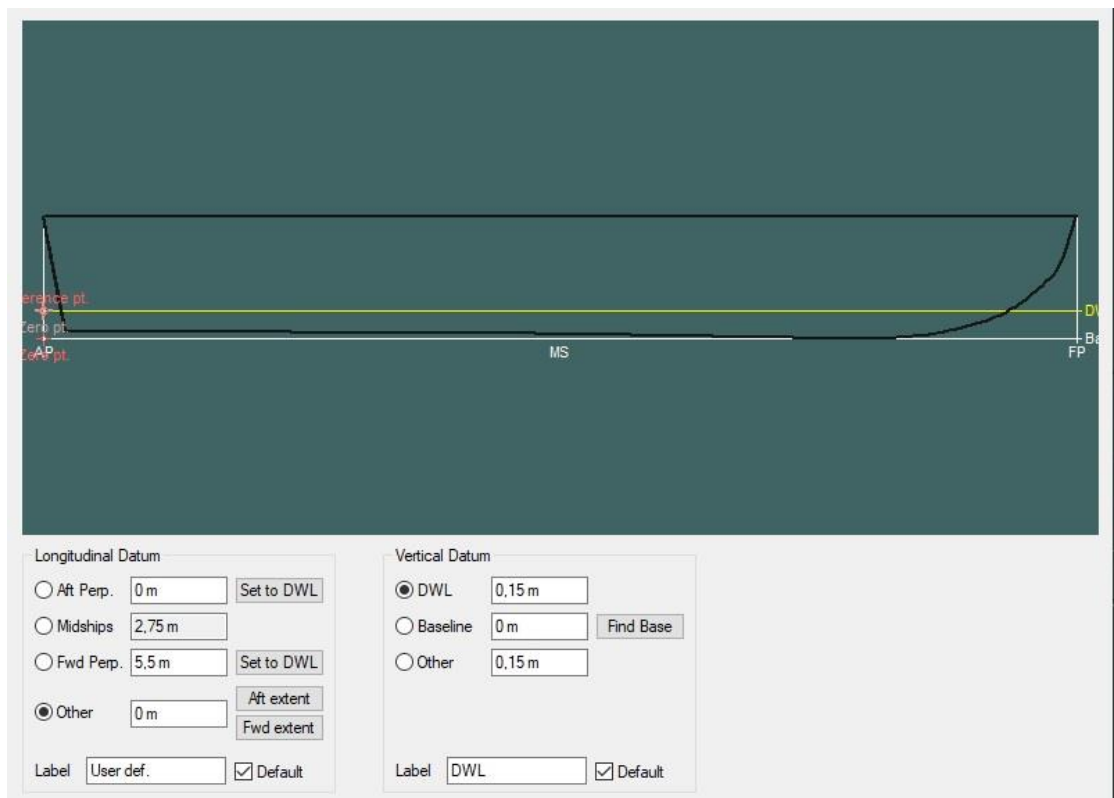


Рис.2.3. Встановлення необхідної осадки човна

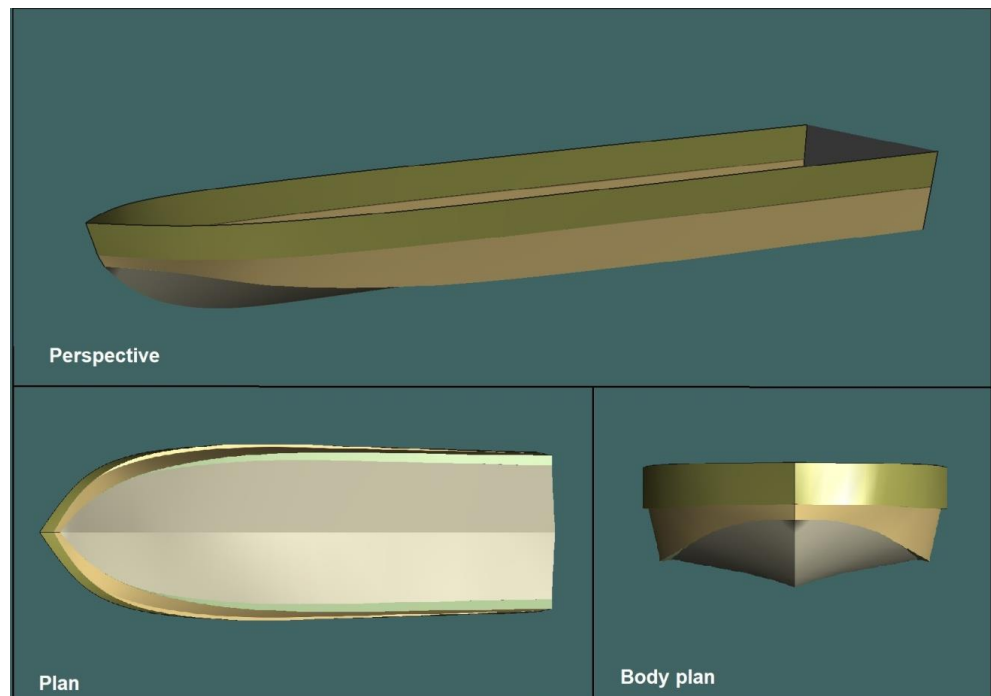


Рис. 2.4. - 3D модель корпусу в Maxsurf Modeler

2.2 Визначення гідростатичних характеристик проектного рішення човна

					24.MP.135.6112м.02	Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розрахунок гідростатичних характеристик проектного рішення човна виконувався з використанням спеціалізованого програмного комплексу Maxsurf Stability, який широко застосовується у практиці сучасного суднобудування для аналізу гідростатичних параметрів та остійності суден різного призначення. Застосування чисельних методів дозволяє отримати достовірні результати на ранніх стадіях проектування та оцінити вплив геометрії корпусу на морехідні якості судна.

Вихідними даними для розрахунку слугувала теоретична поверхня корпусу, сформована в середовищі Maxsurf Modeler. На основі побудованої геометричної моделі виконувалося визначення основних гідростатичних характеристик судна в положенні прямого стояння без крену. До таких характеристик належать водотоннажність, координати центра величини, площа та моменти інерції ватерлінії, а також метацентричні параметри.

Розрахунок проводився для заданого навантажувального стану (Loadcase), який характеризується повною експлуатаційною масою судна та положенням центра ваги. При цьому значення вертикальної координати центра ваги приймалося на основі аналізу масового розподілу елементів корпусу, силової установки та корисного навантаження (табл.1.8). Такий підхід відповідає загальноприйнятій методиці розрахунків статичної остійності малих суден.

Результати розрахунку статичних характеристик дозволяють зробити висновки щодо відповідності проектного рішення вимогам морехідності та забезпечення безпечної експлуатації судна. Отримані гідростатичні параметри також є основою для подальших досліджень остійності, які виконуються в наступному підрозділі із застосуванням режиму Large Angle Stability.

За допомогою команди Calculate Hydrostatics проведено розрахунок гідростатичних характеристик (рис.2.5), а на рис.2.7 – гідростатичні криві.

					24.MP.135.6112м.02	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

Hydrostatics

Stability 20.00.01.59, build: 59

Model file: 5.5 (High precision, 13 sections, Trimming on, Skin thickness not applied).

Damage Case - Intact

Fixed Trim = 0 m (+ve by stern)

Specific gravity = 1,000; (Density = 1000 kg/m³)

Draft Amidships m	0,100	0,150	0,200	0,250	0,300
Displacement kg	142,5	400,5	745,9	1116	1505
Heel deg	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Draft at FP m	0,100	0,150	0,200	0,250	0,300
Draft at AP m	0,100	0,150	0,200	0,250	0,300
Draft at LCF m	0,100	0,150	0,200	0,250	0,300
Trim (+ve by stern) m	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
WL Length m	4,312	4,705	5,132	5,205	5,269
Beam max extents on WL m	0,971	1,638	1,654	1,671	1,689
Wetted Area m ²	3,719	6,629	7,568	8,354	9,094
Waterpl. Area m ²	3,620	6,310	6,837	7,189	7,469
Prismatic coeff. (Cp)	0,721	0,749	0,765	0,780	0,791
Block coeff. (Cb)	0,293	0,317	0,430	0,502	0,551
Max Sect. area coeff. (Cm)	0,500	0,504	0,639	0,712	0,756
Waterpl. area coeff. (Cwp)	0,757	0,764	0,805	0,827	0,839
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	2,660	2,523	2,490	2,488	2,488
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	2,517	2,429	2,514	2,553	2,571
KB m	0,074	0,108	0,139	0,167	0,194
KG m	0,150	0,150	0,150	0,150	0,150
BMT m	1,670	3,122	1,905	1,375	1,083
BML m	35,054	22,694	14,568	10,990	8,917
GMT m	1,594	3,081	1,894	1,391	1,127
GML m	34,978	22,652	14,557	11,007	8,961
KMt m	1,744	3,231	2,044	1,541	1,277
KML m	35,128	22,802	14,707	11,157	9,111
Immersion (TPc) tonne/cm	0,037	0,065	0,070	0,074	0,077
MTc tonne.m	0,009	0,016	0,020	0,022	0,025
RM at 1deg = GMT.Disp.sin(1) kg.m	3,963	21,531	24,652	27,094	29,603
Max deck inclination deg	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Trim angle (+ve by stern) deg	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

Рис.2.5. Гідростатичні характеристики моделі

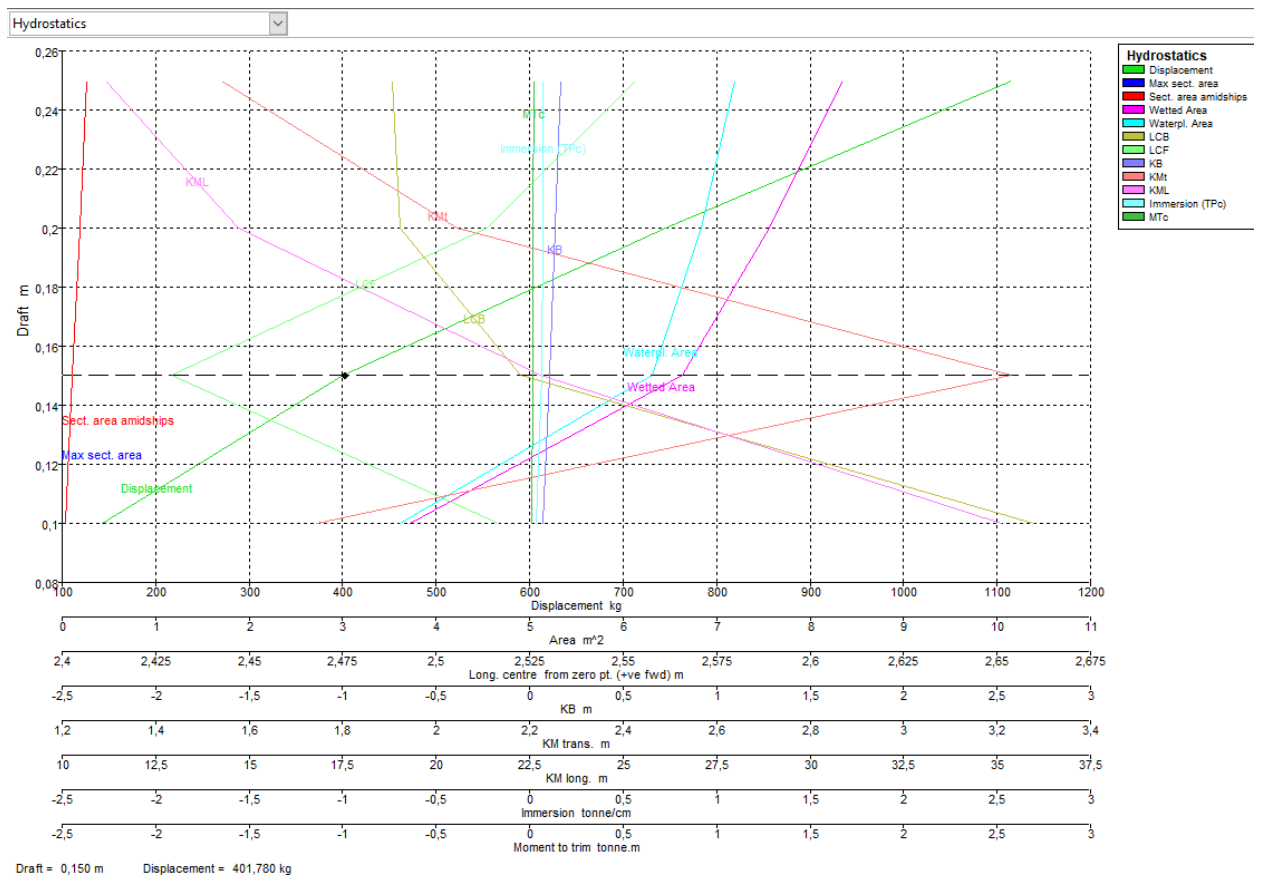


Рис. 2.7. Гідростатичні криві

На рис.2.8 наведено масштаб Бонжана

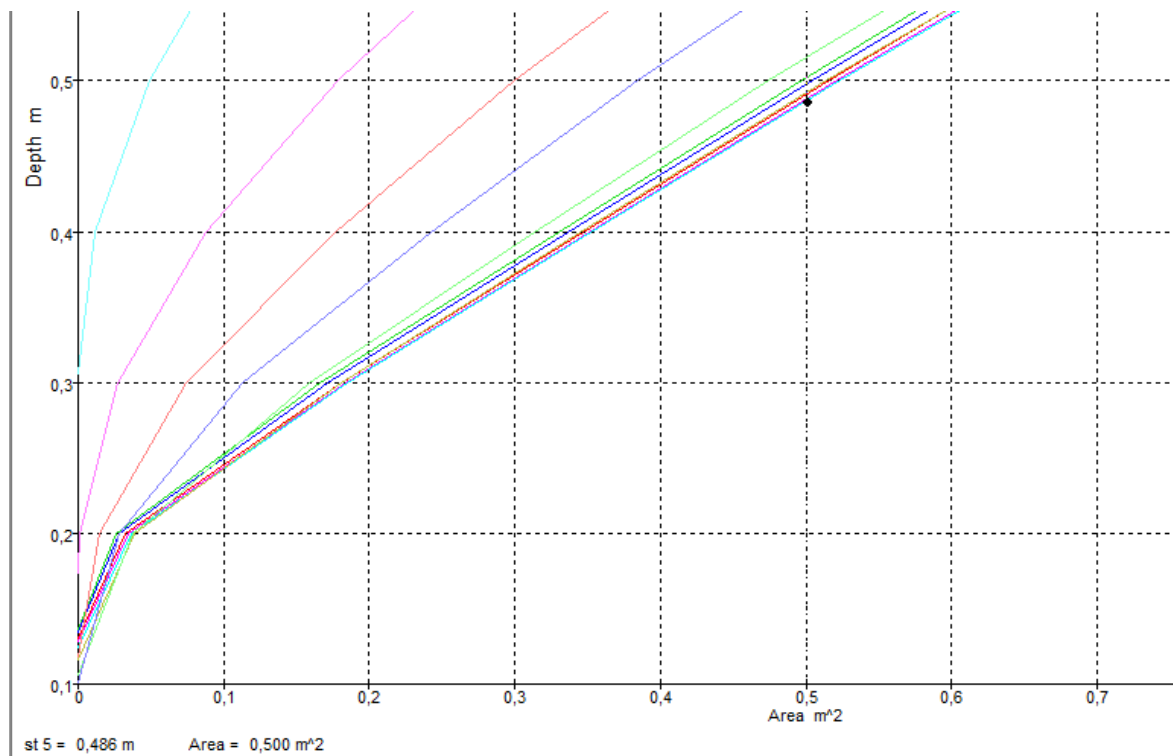


Рис. 2.8 Масштаб Бонжана

2.3 Розрахунки остійності на великих кутах крену

Вимоги Правил класифікації і побудови малих суден і глісируючих суден до остійності некомерційних суден довжиною менше 6 м [1,2]

Згідно з Частиною IV «Остійність, непотоплюваність та надводний борт», для таких суден не встановлюється обов'язкова вимога щодо виконання критеріїв погоди та маневрових критеріїв остійності, які є обов'язковими для суден з довжиною 6 м і більше, а також для суден з підвищеною вітровою парусністю.

Остійність некомерційних суден довжиною менше 6 м повинна забезпечуватися таким чином, щоб у будь-яких розрахункових або експлуатаційних умовах:

- зберігалася позитивна початкова остійність судна;
- не допускалося заливання палуби або кокпіта при зміщенні навантаження;
- статичний кут крену не перевищував 80 % кута заливання або кута, при якому край палуби надводного борту входить у воду (приймається менше з цих значень);
- судно зберігало стійку поведінку при маневруванні та русі на повному ході, без втрати керованості або виникнення небезпечних кренів.

Для глісуючих некомерційних суден довжиною менше 6 м оцінка остійності, як правило, виконується експериментально під час ходових випробувань, без обов'язкової побудови кривих статичної остійності, за умови відсутності небезпечних явищ при розгоні, циркуляції та зміні навантаження.

Таким чином, при проектуванні некомерційного прогулянкового судна з довжиною корпусу менше 6 м допускається використання спрощених методів оцінки остійності, за умови повного дотримання вимог Правил Регістру судноплавства України щодо експлуатаційної безпеки.

					24.MP.135.6112м.02	Арк.
						45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розрахунки плечей остійності форми проведені за допомогою функції Large Angle Stability.

Результати розрахунку судна для всього діапазону розрахункових водотонажностей, а також до кута заливання 30° наведені в табл.2.1. Розрахунки виконуються для посадки на рівний кіль.

Таблиця 2.1 Розрахунок плечей остійності форми

Displacement (intact) tonne	Draft Amidships m	Assumed VCG m	KN 10,0 deg. Starb.	KN 20,0 deg. Starb.	KN 30,0 deg. Starb.
0,100	0,100	0,400	0,339	0,583	0,773
0,200	0,150	0,400	0,334	0,569	0,752
0,300	0,200	0,400	0,327	0,557	0,736
0,400	0,250	0,400	0,318	0,546	0,724
0,500	0,300	0,400	0,309	0,536	0,715

Діаграма статичної остійності, розрахована в середовищі Maxsurf і наведена на рис.2.9, побудована також в діапазоні $0 - 30^\circ$.

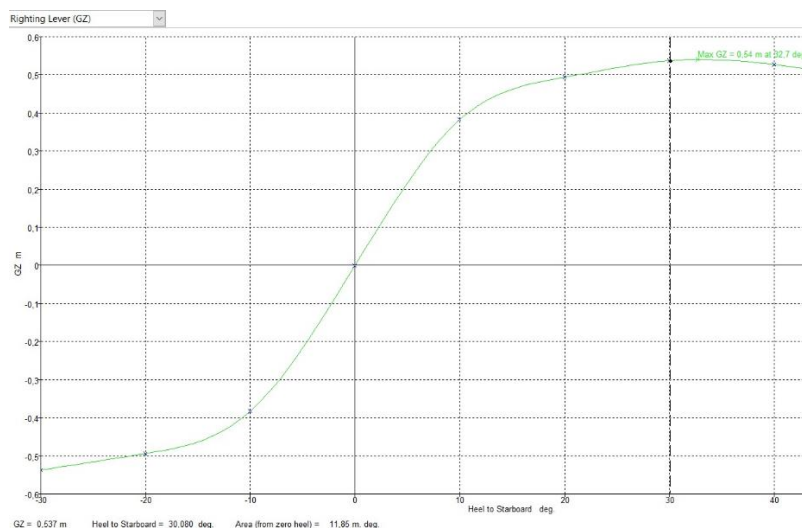


Рис. 2.8 Діаграма статичної остійності

2.4 Розрахунок буксирувальних опору та потужності човна

Для отримання залежностей буксирувального опору та буксирувальної потужності була використана програма Maxsurf Resistance. При розрахунках використовується метод Савицького [8].

Результати розрахунків представлені на рис.2.10 – 2.12.

	Item	Value	Units
1	LWL	4,23	m
2	Beam	1,638	m
3	Draft	0,15	m
4	Displaced volume	0,352	m ³
5	Wetted area	7,126	m ²
6	Prismatic coeff. (Cp)	0,72	
7	Waterpl. area coeff. (Cwp)	0,832	
8	1/2 angle of entrance	29,6	deg.
9	LCG from midships(+ve for	-0,369	m
10	Transom area	0	m ²
11	Transom w/ beam	0	m
12	Transom draft	0,001	m
13	Max sectional area	0,116	m ²
14	Bulb transverse area	0	m ²
15	Bulb height from keel	0	m
16	Draft at FP	0,15	m
17	Deadrise at 50% LWL	8,7	deg.
18	Hard chine or Round bilge	Hard chine	
19			
20	Frontal Area	0	m ²
21	Headwind	0	kn
22	Drag Coefficient	0	
23	Air density	1,293	kg/m ³
24	Appendage Area	0	m ²
25	Nominal App. length	0	m
26	Appendage Factor	1	
27			
28	Correlation allow.	0,0004	
29	Kinematic viscosity	0,0000011	m ² /s
30	Water Density	1000	kg/m ³

Рис. 2.10. Основні розміри та характеристики вибраного човна.

	Speed (km/h)	Froude No. LWL	Froude No. Vol.	Savitsky Pre-planin g Resist. (lbf)	Savitsky Pre-planin g Power (hp)	Savitsky Planing Resist. (lbf)	Savitsky Planing Power (hp)
1	5,000	0,196	0,504	--	--	--	--
2	6,125	0,240	0,618	--	--	--	--
3	7,250	0,284	0,732	--	--	--	--
4	8,375	0,328	0,845	--	--	--	--
5	9,500	0,372	0,959	--	--	--	--
6	10,625	0,416	1,072	70,16	1,235	--	--
7	11,750	0,460	1,186	94,20	1,834	--	--
8	12,875	0,504	1,299	104,04	2,220	--	--
9	14,000	0,548	1,413	120,66	2,799	--	--
10	15,125	0,592	1,526	135,19	3,388	99,50	2,494
11	16,250	0,636	1,640	143,17	3,855	109,57	2,950
12	17,375	0,680	1,753	151,26	4,355	119,69	3,446
13	18,500	0,724	1,867	158,74	4,866	129,79	3,978
14	19,625	0,768	1,980	166,85	5,426	139,79	4,546
15	20,750	0,812	2,094	--	--	149,66	5,146
16	21,875	0,856	2,207	--	--	159,41	5,778
17	23,000	0,900	2,321	--	--	169,08	6,444
18	24,125	0,944	2,434	--	--	178,71	7,144
19	25,250	0,988	2,548	--	--	188,39	7,882
20	26,375	1,032	2,661	--	--	198,19	8,661
21	27,500	1,076	2,775	--	--	208,17	9,486
22	28,625	1,120	2,888	--	--	218,41	10,359
23	29,750	1,164	3,002	--	--	228,95	11,286
24	30,875	1,208	3,115	--	--	239,83	12,269
25	32,000	1,252	3,229	--	--	251,08	13,313
26	33,125	1,296	3,342	--	--	262,74	14,421
27	34,250	1,340	3,456	--	--	274,81	15,596
28	35,375	1,384	3,569	--	--	287,31	16,841
29	36,500	1,428	3,683	--	--	300,26	18,159
30	37,625	1,472	3,796	--	--	313,64	19,554
31	38,750	1,516	3,910	--	--	327,47	21,027
32	39,875	1,560	4,023	--	--	341,76	22,581
33	41,000	1,604	4,137	--	--	356,49	24,219
34	42,125	1,648	4,250	--	--	371,68	25,943
35	43,250	1,692	4,364	--	--	387,31	27,757
36	44,375	1,736	4,477	--	--	403,39	29,661
37	45,500	1,780	4,591	--	--	419,92	31,659
38	46,625	1,824	4,704	--	--	436,89	33,753
39	47,750	1,868	4,818	--	--	454,30	35,945
40	48,875	1,912	4,931	--	--	472,15	38,238
41	50,000	1,956	5,045	--	--	490,44	40,633

Рис. 2.11 Таблиця результатів розрахунку.

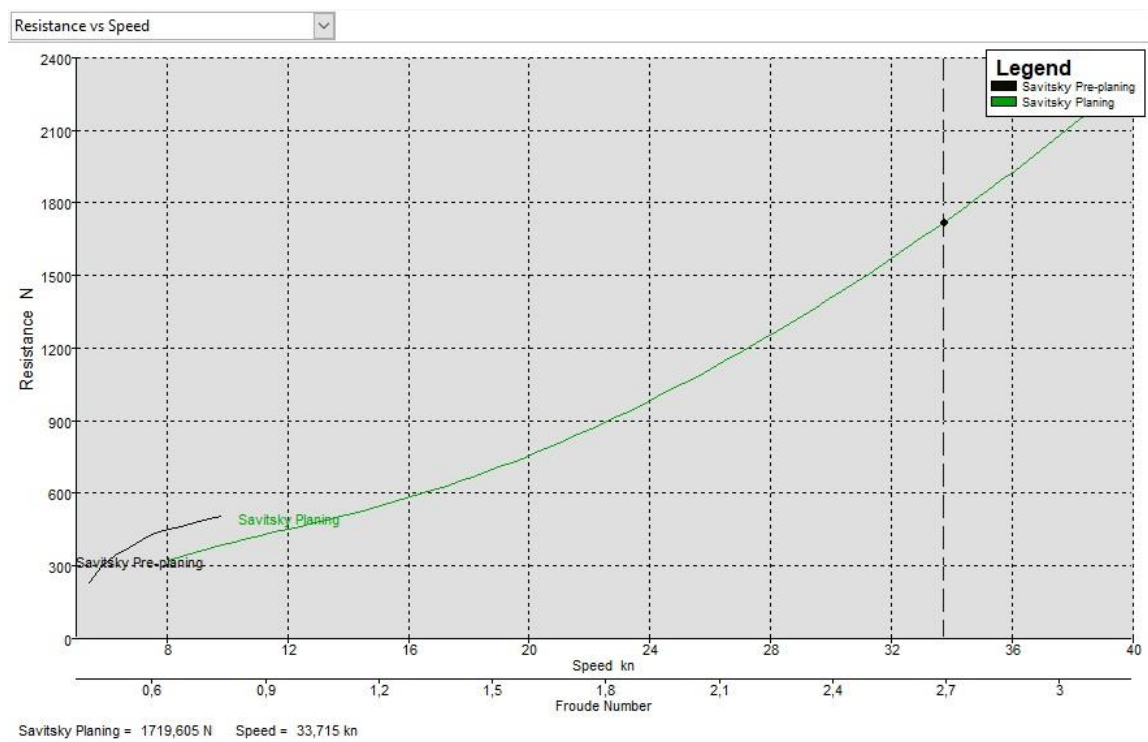


Рис. 2.12. Крива залежностей опору від швидкості

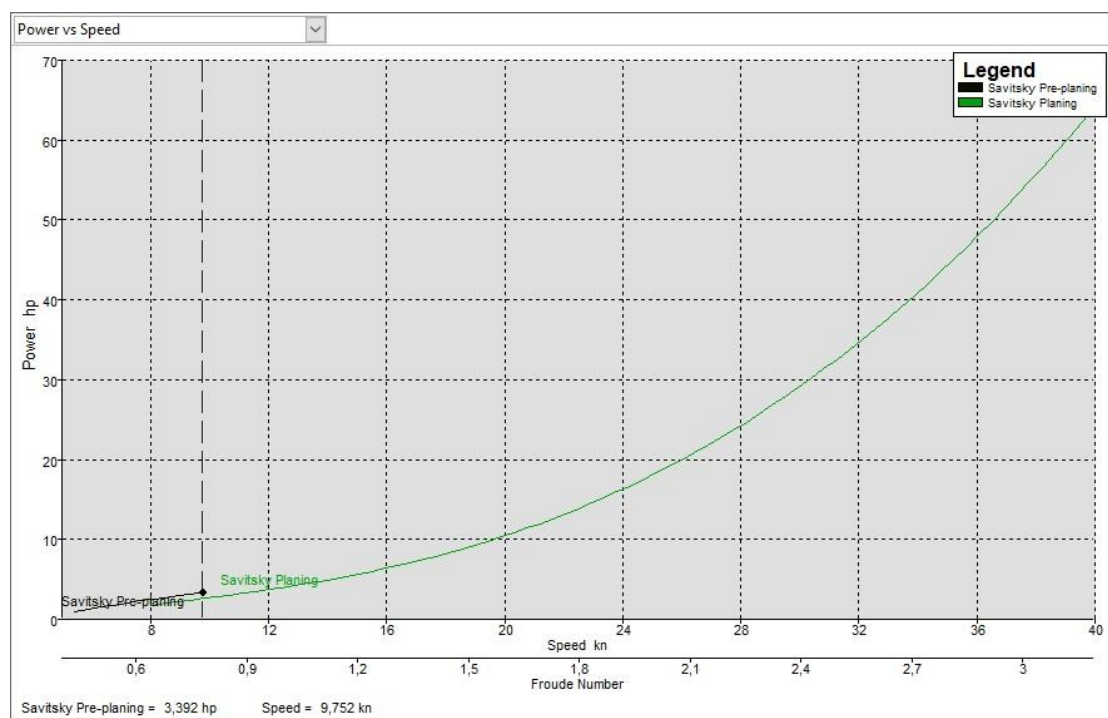


Рис. 2.13. Крива залежності буксирувальної потужності від швидкості

Необхідна ефективна потужність двигуна човна приймається з урахуванням ККД гвинта $\eta = 0.55$: $N_e = 54.5$ кВт (74.2 к.с.). Обрано двигун Yamaha 60 кВт.

ВИСНОВКИ ПО ДРУГОМУ РОЗДІЛУ.

У результаті розробки клас-проекту стадії технічного проектування швидкісного прогулянкового річкового човна з використанням програмного комплексу Maxsurf отримано наступне.

Розроблено тривимірну параметричну модель корпусу в програмі Maxsurf Modeller з глісуючими обводами типу "глибоке V".

Виконано повний комплекс гідростатичних розрахунків у модулі Maxsurf Stability:

- розраховано криві елементів теоретичного креслення і масштаб Бонжана;
- визначено характеристики плавучості і початкової остійності, визначено метацентричну висоту;
- побудовано діаграму статичної остійності.

Проведено розрахунки опору та буксирувальної потужності в модулі Maxsurf Resistance. Для режиму глісування ($Fr_V = 5.20$) застосовано метод Савицького. Визначено необхідну ефективну потужність двигуна.

Таким чином, розроблений концептуальний проект повністю відповідає вимогам технічного завдання та може бути рекомендований для подальшої технічної розробки.

					24.MP.135.6112м.02	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

В магістерській дипломній роботі на етапах концептуального та технічного проектування розроблено проект швидкохідного прогулянкового річкового човна.

Головні розміри і характеристики човна визначалися з використанням критерію мінімальних зведених витрат з використанням розробленої статистичної моделі для визначення основних елементів і характеристик човнів зазначеного призначення. Результати експлуатаційної надійності човна на етапі технічного проектування були отримані у відповідності з вимогами ІМО для малих швидкохідних суден.

Отримане проектне рішення має вагому економічну ефективність і задовільні основні морехідні якості, які відповідають вимогам Правил класифікації і побудови швидкохідних суден України.

					24.MP.135.6112м.02	Арк.
						51
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Регістр судноплавства України. Правила класифікації та побудови малих суден [Текст]. – Київ, 2012
2. Регістр судноплавства України. Правила класифікації та побудови швидкохідних суден [Текст]. – Київ, 2013.
3. Офіційний сайт компанії Hell's Bay Boatworks [Електронний ресурс]: виробник композитних човнів. – Режим доступу: <https://www.hellsbayboatworks.com/skiffs/> (технічні характеристики човнів *Waterman 18, Glades Skiff*).
4. Woodward, C. Five Super-Light Microskiff Fishing Machines [Текст] // *Sport Fishing Magazine*. – 2024. – Updated May 23, 2024. – Режим доступу: <https://www.sportfishingmag.com/fishing-boats-super-light-microskiffs/>
5. Офіційний сайт компанії Beavertail Skiffs [Електронний ресурс]: виробник композитних човнів. – Режим доступу: <https://www.beavertailskiffs.com/models/> (технічні характеристики човнів *Elite 17, Vengeance 18*).
6. Офіційний сайт компанії East Cape Boats [Електронний ресурс]: виробник композитних човнів. – Режим доступу: <https://eastcapeboats.com/model/17-evo/> (технічні характеристики катера *EVO 17*).
7. Офіційний сайт компанії Drake Boatworks [Електронний ресурс]: виробник композитних човнів. – Режим доступу: <https://www.drakeboatworks.com/nomad> (технічні характеристики човнів *Nomad, Nomad SL, Outlaw*).
8. Savitsky, D. Hydrodynamic Design of Planing Hulls [Текст] // *Marine Technology*. – 1964. – Vol. 1, No. 1. – P. 71–95.
9. Faltinsen, O.M. *Hydrodynamics of High-Speed Marine Vehicles* [Текст]. – Cambridge: Cambridge University Press, 2005. – 454 p.
10. Larsson, L., Raven, H. *Ship Resistance and Flow* [Текст]. – New Jersey: SNAME, 2010. – 420 p.
11. Doctors, L.J. Hydrodynamics of High-Speed Craft [Текст] // *Marine Technology*. – 1983. – Vol. 20, No. 4. – P. 256–268.
12. Blount, D.L., Codega, L. Dynamic Stability of Stepped Planing Hulls [Текст] // *Marine Technology*. – 1992. – Vol. 29, No. 1. – P. 12–21.
13. Taunton, D.J., Hudson, D.A., Shenoi, R.A. Characteristics of a Series of High-Speed Hard Chine Planing Hulls [Текст] // *Ocean Engineering*. – 2010. – Vol. 37. – P. 154–166.
14. Day, A.H. *The Design of High-Speed Craft* [Текст]. – London: SNAME, 1991. – 320 p
15. Couser, P.R., Wellicome, J.F. Resistance Experiments on High-Speed Planing Craft [Текст] // *Transactions of the Royal Institution of Naval Architects*. – 1971. – Vol. 113. – P. 95–112.

					24.MP.135.6112м.02	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52