

**Національний технічний університет України
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ МЕХАНІКО-МАШИНОБУДІВНИЙ ІНСТИТУТ
КАФЕДРА ПРИКЛАДНОЇ ГІДРОАЕРОМЕХАНІКИ І МЕХАНОТРОНІКИ**

«На правах рукопису»
УДК 629.01

До захисту допущено:
В.о.завідувача кафедри ПГМ
Олег ЛЕВЧЕНКО
“ ” _____ 2024 р.

**Магістерська дисертація
на здобуття ступеня магістра
за освітньо-професійною програмою «Автоматизовані та роботизовані механічні
системи»
зі спеціальності 131 «Прикладна механіка»
на тему: Удосконалення системи керування і приводу підводного дрона**

Виконав(ла) : студент(ка) 2 курсу, групи МА-31мп
(шифр групи)

Гончаренко Максим Олександрович
(прізвище, ім'я, по батькові) (підпис)

Науковий керівник Тітов Андрій Вячеславович
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали) (підпис)

Рецензент
(посада, науковий ступінь, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали) (підпис)

Засвідчую, що у цій магістерській дисертації немає запозичень з праць інших авторів без відповідних посилань.

Студент(ка) _____
(підпис)

Київ – 2024 рік

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
Механіко-машинобудівний інститут

Кафедра прикладної гідроаеромеханіки і механотроніки

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Спеціальність – 131 Прикладна механіка

Освітньо-професійна програма «Автоматизовані та роботизовані механічні системи»

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о. завідувача кафедри

Олег ЛЕВЧЕНКО

(підпис)

“ ” 2024 р.

ЗАВДАННЯ

на дипломний проект студенту

Гончаренку Максиму Олександровичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту Удосконалення системи керування і приводу підводного дрона

Керівник проекту Тітов Андрій Вячеславович к.т.н., доцент ,

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

затверджена наказом по університету від

2. Термін подання студентом проекту 23.12.2024 року

3. Вихідні дані до проекту геометричні розміри

4. Зміст пояснювальної записки: 1. Аналітичний огляд літературних джерел; 2 конструкторський розділ; 3. Гідродинамічний аналіз гвинта за допомогою solidworks flow simulation . 4. Розробка стартап-проекту «підводний дрон»

5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслень, плакатів, презентацій тощо)

Загальний вид
Складальні креслення внутрішніх модулів
Деталювання елементів конструкції

6. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проєкту	Термін виконання етапів проєкту	Примітка
1.	Огляд літературних джерел, аналіз проблеми, формулювання мети та задач		
2.	Моделювання та проєктування модернізованої моделі дрона		
3.	Гідродинамічний аналіз гвинта за допомогою SolidWorks Flow Simulation		
4.	Оформлення креслень		
5.	Оформлення ПЗ		

Студент

(підпис)

(Власне ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

Керівник проєкту

(підпис)

(Власне ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

Анотація

Дана робота присвячена дослідженню та модернізації конструкції підводного дрона — автономного занурювального пристрою, призначеного для виконання завдань у водному середовищі. Робота охоплює аналіз сучасних рішень у сфері систем керування, конструкції корпусів і рушіїв, а також дослідження впливу змін у конфігурації дрона на його ефективність.

У роботі розглянуто конструктивні особливості підводного дрона, зокрема зміни габаритів корпусу для покращення маневреності, заміну двох рушіїв на один у хвостовій частині, а також вибір оптимального двигуна та способу його інтеграції в корпус. Проведено моделювання траєкторії потоку за допомогою програмного забезпечення SolidWorks із використанням Flow Simulation, що дозволило визначити основні гідродинамічні характеристики дрона.

Дослідження також охоплює детальний аналіз матеріалів та технічних рішень для герметизації корпусу, захисту від тиску, корозії та хімічного впливу. Розглянуто системи кріплення та оптимізації гвинтової тяги, що впливають на маневреність та енергоспоживання.

В результаті виконаних досліджень було розроблено оновлену конструкцію дрона, яка забезпечує зменшення габаритів, підвищення енергоефективності та покращення керованості. Отримані результати демонструють перспективність використання розробленої конструкції для виконання дослідницьких, рятувальних та промислових завдань

Annotation

This work is dedicated to the research and modernization of an underwater drone—an autonomous submersible device designed for tasks in aquatic environments. The study encompasses the analysis of current solutions in control systems, hull design, and propulsion systems, as well as the investigation of how modifications to the drone's configuration influence its efficiency.

The research examines the structural features of the underwater drone, including adjustments to the hull dimensions to enhance maneuverability, the replacement of dual propellers with a single tail-mounted propeller, and the selection of an optimal motor and its integration into the hull. Flow Simulation in SolidWorks software was utilized to model the hydrodynamic performance of the hull, allowing for the identification of key characteristics.

The study also provides a detailed analysis of materials and technical solutions for hull sealing, pressure resistance, corrosion protection, and resistance to chemical exposure. Mounting systems and optimization of propeller thrust are reviewed, focusing on their impact on maneuverability and energy consumption.

As a result of this research, an updated drone design was developed, featuring reduced dimensions, improved energy efficiency, and enhanced controllability. The findings demonstrate the feasibility of using the redesigned drone for research, rescue, and industrial applications.

Пояснювальна записка
до дипломного проєкту

на тему: Удосконалення системи керування і приводу підводного дрона

Київ – 2024 року

ЗМІСТ

ВСТУП	9
РОЗДІЛ 1. Аналітичний огляд літературних джерел	11
1.1 Технологічні особливості підводних дронів	11
1.2 Аналіз існуючих підводних дронів	14
1.3 Сфери застосування підводних дронів	17
1.4 Герметизація корпусу та захист від тиску	22
1.5 Захист від корозії та хімічного впливу	25
РОЗДІЛ 2 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ	29
2.1. Загальні зміни конструкції	29
2.2 Моделювання рушія	33
2.3 Розрахунок нульової плавучості	39
РОЗДІЛ 3. ГІДРОДИНАМІЧНИЙ АНАЛІЗ ГВИНТА ЗА ДОПОМОГОЮ SOLIDWORKS FLOW SIMULATION	41
РОЗДІЛ 4. РОЗРОБКА СТАРТАП-ПРОЕКТУ «ПІДВОДНИЙ ДРОН»	51
4.1. Опис ідеї проекту	51
4.2. Технологічний аудит ідеї проекту	55
4.3. Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту	56
4.3.1. Попередня характеристика потенційного ринку	56

					МА93мп-02.ДП.01.00.00 ПЗ			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Зміст			
Разраб.		Гончаренко М. О.						
Провер.		Тігов А. В.						
Реценз.								
Н. Контр.								
Утверд.					КПІ ім. Ігоря Сікорського			

4.3.2. Характеристика потенційних клієнтів	57
4.3.3 Аналіз факторів ризикового середовища та можливостей	58
4.3.4 Аналіз конкурентного середовища	60
4.3.5 Аналіз конкурентів у галузі	61
4.3.6. Обґрунтування факторів конкурентоспроможності	62
4.3.7 Аналіз сильних і слабких сторін проекту	63
4.3.8. SWOT-аналіз стартап-проекту	64
4.3.9 Розробка альтернатив ринкової поведінки	65
4.4 Розроблення ринкової стратегії проекту	66
4.4.1. Загальна стратегія	66
4.4.2 Визначення цільових груп потенційних споживачів	67
4.4.3 Визначення базової стратегії розвитку	68
4.4.4. Вибір стратегії конкурентної поведінки	69
4.5 Розроблення маркетингової програми стартап-проекту	70
4.5.1. Формування маркетингової концепції товару	70
4.5.2 Визначення цінових меж	71
4.5.3 Формування оптимальної системи збуту для підводного дрону	72
4.5.4 Розроблення концепції маркетингових комунікацій для підводного дрону	73
Висновки до розділу	74
ВИСНОВОК	76
СПИСОК ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ	77

ВСТУП

У сучасному світі з динамічним розвитком технологій підводні дрони стають важливим інструментом для дослідження та освоєння водного середовища. Завдяки своїй універсальності, вони знаходять застосування в науці, промисловості, обороні, а також у багатьох інших сферах. Удосконалення систем керування та приводу таких апаратів є важливим кроком для підвищення їхньої ефективності, функціональності та надійності.

Актуальність теми: Розвиток підводних дронів відкриває нові можливості для вивчення океанів, моніторингу екосистем, проведення рятувальних операцій, забезпечення безпеки та виконання інших завдань. Одним із ключових викликів є створення систем керування, які дозволяють досягати високої маневреності та стабільності в складних умовах водного середовища. Водночас приводи підводних апаратів потребують вдосконалення для підвищення точності, енергоефективності та довговічності.

Об'єкт дослідження: Підводні дрони — спеціалізовані апарати, що використовуються для виконання різноманітних завдань у водному середовищі: дослідження, моніторинг, рятувальні операції тощо. Їхні конструктивні особливості та технологічні рішення дозволяють працювати у важкодоступних місцях і екстремальних умовах.

Предмет дослідження: Система керування та привід підводного дрона — це комплекс технічних і програмних рішень, які забезпечують стабільну й точну роботу апарата. Система керування відповідає за алгоритми руху та виконання завдань, тоді як привід гарантує передачу необхідних зусиль і маневреність апарата у водному середовищі.

						Арк.
						9
ЗМН.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Завдання дослідження

Аналіз існуючих рішень у сфері систем керування та приводів підводних дронів.

Розробка вдосконаленої конструкції приводу з урахуванням специфіки водного середовища.

Вивчення та моделювання гідродинамічних процесів за допомогою сучасних програмних засобів.

Оптимізація системи керування для підвищення точності виконання маневрів.

Мета роботи: Підвищення ефективності роботи підводного дрона шляхом удосконалення системи керування та приводу на основі комп'ютерного моделювання, що дозволить розширити функціональність апарата та підвищити його технічні характеристики.

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

РОЗДІЛ 1. Аналітичний огляд літературних джерел

1.1 Технологічні особливості підводних дронів

Підводні дрони працюють у складних умовах водного середовища, які включають високу гідростатичну дію, агресивну корозійну активність та обмежену видимість. Для забезпечення їхньої ефективності та надійності використовуються передові інженерні рішення та матеріали.[1]

Корпуси з композитних матеріалів

Корпус підводного дрона є ключовим елементом його конструкції, оскільки він забезпечує захист внутрішніх компонентів від зовнішнього впливу. Використання сучасних композитних матеріалів, таких як вуглепластик чи склопластик, дозволяє:

- Забезпечити високий рівень герметичності.
- Протидіяти впливу високого тиску на глибині.
- Знизити вагу апарата, зберігаючи його міцність. Додатково, такі матеріали мають високу стійкість до корозії, що є особливо важливим у солоній воді.

Вибір матеріалів для роботи у водному середовищі

Однією з ключових особливостей підводних дронів є необхідність їхньої експлуатації в агресивному водному середовищі. Це вимагає застосування спеціалізованих матеріалів, які забезпечують надійність, довговічність і стійкість до зовнішніх впливів. Розглянемо основні вимоги до матеріалів корпусу підводного дрона та найпоширеніші варіанти.

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

Основні вимоги до матеріалів:

Стійкість до високого тиску

Підводний дрон працює на значній глибині, де тиск води значно перевищує атмосферний. Це створює ризик деформації чи руйнування корпусу. Матеріал має витримувати екстремальні механічні навантаження.

Корозійна стійкість

Постійний контакт з водою, особливо морською, яка містить солі та інші агресивні компоненти, викликає корозію. Корпус повинен бути виготовлений з матеріалів, які не піддаються окисленню або мають спеціальні захисні покриття.

Легкість і міцність

Підводний дрон має бути достатньо легким для забезпечення маневровості та збереження енергоефективності. Водночас корпус повинен бути міцним, щоб витримувати механічні пошкодження, спричинені зіткненнями чи роботою у складних умовах.

Герметичність

Матеріали корпусу повинні забезпечувати надійну герметизацію, запобігаючи проникненню води до електронних компонентів і двигунів.

Економічна ефективність

Вартість матеріалів відіграє важливу роль, особливо у виробництві дронів серійного типу.

Основні типи матеріалів:

Метали та їхні сплави

Алюмінієві сплави

Використовуються завдяки своїй легкості, високій міцності та стійкості до корозії. Алюміній часто покривають антикорозійним шаром для підвищення довговічності.

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

Нержавіюча сталь

Застосовується для роботи на великих глибинах завдяки її винятковій міцності та стійкості до корозії. Недоліком є значна вага, яка може обмежувати маневровість.

Титанові сплави

Відрізняються високою корозійною стійкістю, міцністю і легкістю. Титан використовується у дронах преміум-класу через високу вартість.

Композитні матеріали

Вуглецеве волокно

Один із найкращих матеріалів для підводних дронів. Поєднує легкість, міцність і стійкість до корозії. Використовується для виготовлення корпусів високотехнологічних дронів.

Скловолокно

Економічніший варіант, який забезпечує хорошу міцність і стійкість до корозії. Застосовується у дронах середнього класу.

Пластики

Полімери з високою щільністю (HDPE)

Використовуються для герметичних контейнерів і корпусів завдяки низькій вазі та хімічній стійкості. Основний недолік — обмежена міцність.

Поліуретан

Високостійкий до агресивних хімічних середовищ і корозії. Поліуретан часто застосовується у поєднанні з іншими матеріалами.

Спеціалізовані матеріали

Новітні розробки, такі як наноматеріали, дозволяють підвищити міцність і зменшити вагу корпусів. Вони перебувають на стадії досліджень і використовуються в експериментальних моделях.

						Арк.
						13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Інноваційні підходи:

Біоматеріали: Ведуться розробки щодо використання екологічно чистих матеріалів, таких як біополімери, які можуть розкладатися після завершення експлуатації.

Комбіновані матеріали: Застосовуються шари різних матеріалів для створення корпусів, які поєднують міцність, легкість і корозійну стійкість.

Вибір матеріалу для корпусу підводного дрона визначається особливостями його експлуатації, необхідним рівнем надійності та доступним бюджетом. Сучасні технології дозволяють досягти балансу між вагою, міцністю та економічністю, забезпечуючи тривалу і стабільну роботу дронів у водному середовищі.

1.2 Аналіз існуючих підводних дронів

Підводні дрони є невід'ємною частиною сучасної технологічної інфраструктури, зокрема у сферах досліджень, промисловості та оборони. Їхній аналіз передбачає розгляд технічних характеристик, сфер застосування, інноваційних рішень і недоліків.[2]

Класифікація підводних дронів за функціональністю

Підводні дрони можна класифікувати за рівнем автономності, призначенням і конструктивними особливостями:

1. Дистанційно керовані дрони (ROV)

- Потребують постійного контролю оператора через кабельний або бездротовий зв'язок.
- Використовуються для інспекційних і ремонтних робіт, пошуково-рятувальних операцій.

						Арк.
						14
ЗМН.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2. Автономні підводні дрони (AUV)

- Працюють без безпосереднього контролю людини, використовують запрограмовані маршрути.

3. Гібридні системи

- Поєднують переваги ROV та AUV: автономність із можливістю ручного керування.
- Використовуються для багатозадачних місій, що вимагають високої гнучкості.

Інноваційні рішення у підводних дронах

Технічний прогрес сприяє інтеграції новітніх технологій у підводні дрони:

4. Системи штучного інтелекту (AI)[7]

- Приклад: автономне уникнення перешкод у AUV моделі Hydroid REMUS 3000.



Рис. 1.2 - Підводний дрон REMUS 3000 [3]

					Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	15

5. Інноваційні акумулятори та джерела енергії

- Застосування літій-полімерних або літій-залізо-фосфатних батарей дозволяє збільшити тривалість місії.
- Перспективи: використання паливних елементів на водні для довготривалих експедицій.
- Забезпечують покращену навігацію, аналіз даних і адаптивність до змін у середовищі.

6. Матеріали корпусу

- Композитні матеріали забезпечують стійкість до високого тиску та агресивних середовищ.
- Інновації: гнучкі корпуси, що адаптуються до динаміки водного середовища.

7. Інтеграція сенсорів

- Розвиток сенсорних систем (гідролокатори, мультиспектральні камери) для високоточних досліджень.
- Застосування у проектах глибоководної картографії (Nereus, SeaBED).

Порівняння характеристик провідних моделей

Таблиця 1.1 [2]

Модель	Тип	Глибина занурення	Особливості	Призначення
Chasing Dory	ROV	До 15 м	Компактність, камера 1080p	Для аматорських досліджень
Bluefin-21	AUV	До 4500 м	Автономна місія до 25 годин, сонарна навігація	Пошукові операції, військові завдання
Deep Trekker DTG3	ROV	До 200 м	Маніпулятори, LED підсвічування	Обстеження трубопроводів, ремонт
Seaglider	AUV	До 1000 м	Енергоефективність, тривалість роботи до 9 місяців	Океанографічні дослідження
Ocean Infinity Armada	AUV/Hybrid	До 6000 м	Повна автономність, інтеграція AI	Глибоководна картографія

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

Висновки щодо недоліків і перспектив. Аналіз ринку підводних дронів виявляє наступні основні проблеми:

- Обмежена автономність ROV через залежність від оператора.
- Висока вартість моделей із розширеним функціоналом, що ускладнює їх використання для малого бізнесу.
- Технологічні виклики у глибоководних умовах (герметизація, енергопостачання).

Перспективи розвитку:

- Розробка універсальних гібридних систем для широкого кола завдань.
- Інтеграція штучного інтелекту та блокчейн-технологій для аналізу та збереження даних.
- Використання нових матеріалів для створення дешевших і надійніших моделей

Таким чином, сучасні підводні дрони мають значний потенціал для вдосконалення, що дасть змогу розширити їхнє використання та зробити їх доступнішими для широкого кола споживачів.

1.3 Сфери застосування підводних дронів

Підводні дрони знаходять широке застосування у різних галузях, залежно від їхньої функціональності та технічних можливостей:

1. Наукові дослідження

- Вивчення морських екосистем, включаючи моніторинг коралових рифів, глибоководних видів та кліматичних змін.
- Збір даних для океанографічних досліджень, таких як аналіз течій, температури води, солоності.

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

2, Промисловість

- Інспекція морських трубопроводів, нафтових платформ, підводних кабелів.
- Допомога у видобутку корисних копалин на морському дні.
- Зниження ризиків для працівників під час виконання небезпечних робіт.
- Наприклад, Blue Robotics BlueROV2 широко застосовується для перевірки інфраструктури в нафтогазовій галузі.



Рис. 1.2 - Підводний дрон Blue Robotics BlueROV2 [4]

3, Військова справа

Моніторинг та виявлення ворожих об'єктів, розвідка підводних територій.

- Використання у місіях з розмінування, пошуку підводних мін і контролю морських кордонів.
- Приклад: військові AUV, такі як Boeing Echo Voyager, забезпечують автономну роботу на великих глибинах.

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18



Рис. 1.3 - Підводний дрон Boeing Echo Voyager [5]

4, Рятувальні операції та пошук зниклих об'єктів

- Використання дронів для пошуку затонулих суден, літаків або археологічних знахідок.
- Здатність працювати у важкодоступних та небезпечних для людини місцях.
- Наприклад, Bluefin-21 допомагав у пошуках уламків літака МН370.

5. Громадська безпека та екологічний моніторинг

- Моніторинг якості води, виявлення забруднень, контроль стану підводної флори і фауни.
- Забезпечення безпеки портів і критично важливих об'єктів.

Виклики, пов'язані з розробкою підводних дронів

Хоча підводні дрони демонструють великий потенціал, їх розробка та впровадження стикаються з низкою проблем:

1. Технічні обмеження

- Обмежена тривалість роботи через залежність від ємності акумуляторів.
- Складність герметизації, що забезпечує захист від високого тиску та проникнення води.

2. Недостатній розвиток систем штучного інтелекту для адаптації до непередбачуваних умов. Екологічний вплив

- Виробництво та утилізація матеріалів, таких як літій-іонні батареї, можуть мати негативний вплив на довкілля.
- Ризик пошкодження морських екосистем через роботу дронів у природному середовищі.

3. Юридичні та етичні питання

- Неврегульованість законодавства щодо використання дронів у відкритих водах і в міжнародних територіях.
- Потенційне використання підводних дронів для недобросовісних або агресивних цілей.

Перспективи розвитку підводних дронів

Інновації та прогрес у сфері технологій забезпечують динамічний розвиток підводних дронів:

						Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4. Покращення енергоефективності

- Розробка нових джерел енергії, таких як паливні елементи або водневі батареї, дозволить суттєво збільшити тривалість автономних місій.

5. Розвиток штучного інтелекту

- Інтеграція AI забезпечить більшу автономність, можливість прийняття рішень у режимі реального часу, оптимізацію маршрутів і виконання складних завдань.

6. Застосування новітніх матеріалів

- Використання наноматеріалів і нових композитів для корпусів дозволить створювати легші та стійкіші конструкції.

7. Розширення доступності

- Завдяки здешевленню технологій, зросте доступність підводних дронів для малого бізнесу, науковців і громадських організацій.

8. Удосконалення зв'язку

- Розвиток підводних мереж передачі даних (акустичні та оптичні системи) дозволить забезпечити стабільний і високошвидкісний обмін інформацією.

Висновок

Аналіз існуючих моделей підводних дронів демонструє величезний потенціал цих технологій для вирішення сучасних викликів у різних галузях. Водночас наявність технічних і економічних проблем вказує на необхідність подальшого вдосконалення та адаптації до змінних умов. Розвиток штучного інтелекту, нових матеріалів і джерел енергії відкриє нові горизонти для використання підводних дронів, забезпечуючи їх ефективність, надійність і екологічну безпеку.

						Арк.
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.4 Герметизація корпусу та захист від тиску

Герметизація корпусу підводного дрона є одним із критичних аспектів його конструкції. Вона забезпечує захист електронних компонентів від проникнення води, що може спричинити пошкодження обладнання та вихід дрона з ладу. Для цього застосовуються спеціальні герметики, які мають відповідати ряду вимог, враховуючи специфіку водного середовища та тиск на значних глибинах.

Основні вимоги до герметиків

Стійкість до тиску. Герметики повинні зберігати свою цілісність і еластичність навіть при значних перепадах тиску, які виникають на різних глибинах.

Хімічна стійкість. Контакт з морською водою, насиченою солями та іншими агресивними компонентами, вимагає високої хімічної інертності герметичних матеріалів.

Тривала експлуатація. Герметик має забезпечувати герметизацію протягом тривалого часу без втрати своїх властивостей.

Температурна стійкість. Підводний дрон може працювати у водах із різними температурами, що вимагає збереження властивостей герметика у широкому діапазоні температур.

Механічна міцність. Герметик має бути стійким до механічних впливів, таких як вібрація, удари або механічні деформації корпусу.

						Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Типи герметиків для підводних дронів

Розглянемо найпоширеніші види герметиків, які використовуються для забезпечення герметизації корпусів підводних дронів.

Силіконові герметики

Властивості: Силіконові герметики є одними з найпоширеніших завдяки їх високій еластичності, стійкості до вологи та хімічній інертності. Вони мають тривалий термін служби і добре переносять високий тиск.

Переваги: Висока еластичність.

Широкий температурний діапазон (-50°C до +200°C).

Простота нанесення.

Недоліки: Обмежена стійкість до механічного стирання, тому може потребувати захисту у зонах з інтенсивним контактом.

Поліуретанові герметики

Властивості: Поліуретанові герметики характеризуються високою адгезією до різних матеріалів, включаючи метали, пластики та композити. Вони добре витримують механічні навантаження і підвищений тиск.

Переваги: Висока міцність і стійкість до стирання.

Добра адгезія до поверхонь різного типу.

Стійкість до вібрацій.

Недоліки: Обмежена стійкість до ультрафіолетового випромінювання, що може бути недоліком під час роботи на поверхні.

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

Епоксидні герметики

Властивості: Епоксидні герметики утворюють тверді й міцні покриття, які забезпечують герметичність навіть при дуже високому тиску. Вони особливо ефективні для нероз'ємних з'єднань.

Переваги: Максимальна стійкість до тиску.

Стійкість до корозії.

Недоліки: Відсутність еластичності, що робить їх непридатними для рухомих або деформованих з'єднань.

Гібридні герметики

Властивості: Поєднують властивості силіконових та поліуретанових герметиків, забезпечуючи баланс між еластичністю та міцністю.

Переваги: Універсальність використання.

Добра адгезія до різних матеріалів.

Недоліки: Вища вартість порівняно з іншими герметиками.

Рекомендований вибір для підводного дрона

Для герметизації корпусу підводного дрона, зважаючи на специфіку використання, найкращим вибором буде силіконовий або поліуретановий герметик. Вони забезпечують необхідну еластичність, довговічність і стійкість до дії морської води. У разі роботи на великих глибинах, де тиск є критичним фактором, доцільно використовувати епоксидні герметики для нерухомих швів.

						Арк.
ЗМН.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

Методи нанесення герметиків

Ручне нанесення. Використовується для невеликих об'ємів робіт, дозволяє точно контролювати кількість і товщину шару.

Машинне нанесення. Застосовується при серійному виробництві, забезпечує рівномірність і швидкість нанесення.

Вакуумне ущільнення. Використовується для герметизації складних компонентів підводного дрона, забезпечуючи рівномірне заповнення навіть важкодоступних зон.

Висновок

Герметизація корпусу підводного дрона є надзвичайно важливим етапом, що впливає на надійність та ефективність його роботи. Правильний вибір герметика залежить від умов експлуатації, глибини роботи та конструктивних особливостей дрона. Використання силіконових або поліуретанових герметиків у поєднанні з ретельно підібраними методами нанесення дозволяє забезпечити максимальний захист обладнання від проникнення води та впливу агресивного середовища.

1.5 Захист від корозії та хімічного впливу

Захист підводного дрона від корозії та хімічного впливу є важливою складовою, що забезпечує його довговічність, працездатність і безпеку експлуатації у складних умовах водного середовища. Морська вода, насичена солями, хімічними сполуками та органічними речовинами, створює агресивне середовище, яке спричиняє корозію металів і деградацію матеріалів корпусу.

						Арк.
						25
ЗМН.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Основні чинники корозійного впливу

Хімічний склад води: Морська вода містить велику кількість іонів хлору, які є агресивними агентами корозії.

Електрохімічна активність. У водному середовищі виникають електрохімічні реакції між різними металами, що може викликати гальванічну корозію.

Температурні коливання. Зміна температури сприяє утворенню мікротріщин і прискорює корозійні процеси.

Біологічні фактори. Обростання поверхонь органічними речовинами (наприклад, водоростями або бактеріями) може спричинити мікробіологічну корозію.

Методи захисту від корозії

Матеріали корпусу. Нержавіюча сталь: Має високу стійкість до корозії завдяки захисному шару оксидів хрому, що утворюється на поверхні. Титанові сплави: Надзвичайно корозійностійкі, легкі та міцні, але дорогі. Композитні матеріали: Стійкі до впливу агресивного середовища, легкі та не схильні до гальванічної корозії.

Покриття корпусу. Антикорозійні фарби та лакофарбові матеріали: Утворюють захисний бар'єр, що ізолює метал від контакту з водою. Епоксидні покриття: Забезпечують високу хімічну інертність та довговічність захисту. Полімерні плівки: Використовуються для додаткового захисту рухомих частин або складних форм корпусу.

						Арк.
						26
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Катодний захист

Використання жертвних анодів (наприклад, цинку, магнію чи алюмінію), які кородують замість основного металу корпусу. Це ефективний метод для захисту від гальванічної корозії.

Імпрегнація матеріалів. Для пористих матеріалів або композитів застосовують спеціальні просочення, які знижують водопроникність і корозійні ризики.

Ультразвуковий захист. Технологія, яка запобігає утворенню органічних наростів та біологічних відкладень, зменшуючи ризик мікробіологічної корозії.

Технологічні рішення захисту

Контроль потенціалу корпусу. Встановлення систем для моніторингу електрохімічного потенціалу корпусу дозволяє своєчасно запобігати корозійним процесам.

Використання ущільнювачів. Для з'єднань і вузлів, які зазнають значних навантажень, застосовуються еластичні ущільнювачі, що перешкоджають проникненню води та сприяють захисту від корозії.

Модульні конструкції. Замість монолітних корпусів все частіше використовуються модульні, що дозволяє локалізувати зони впливу корозії.

						Арк.
						27
ЗМН.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вибір матеріалу корпусу:

Композитні матеріали оптимальні для зменшення ризику корозії в умовах тривалого перебування у морській воді.

Покриття: Комбіноване використання епоксидних покриттів та полімерних шарів підвищить стійкість до хімічного впливу.

Катодний захист: Розміщення жертвних анодів на зовнішній частині корпусу дозволить ефективно захищати дрон навіть на великих глибинах.

Обслуговування: Регулярне чищення корпусу від біологічних наростів та відновлення антикорозійних покриттів забезпечить тривалий термін служби.

Висновок

Захист підводного дрона від корозії та хімічного впливу є багатокомпонентною задачею, яка вимагає поєднання правильного вибору матеріалів, технологій покриття та методів захисту. Інтеграція антикорозійних рішень у конструкцію дрона підвищує його надійність, дозволяючи працювати в агресивному водному середовищі протягом тривалого часу.

									Арк.
									28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

РОЗДІЛ 2 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

2.1. Загальні зміни конструкції

У процесі проєктування та аналізу функціональності підводного дрона були ідентифіковані ключові аспекти, які потребували вдосконалення для підвищення ефективності та керованості. Основна увага була приділена оптимізації геометрії корпусу та модернізації системи рушіїв.

Зменшення довжини корпусу. Підводний дрон було вкорочено на 100 мм:

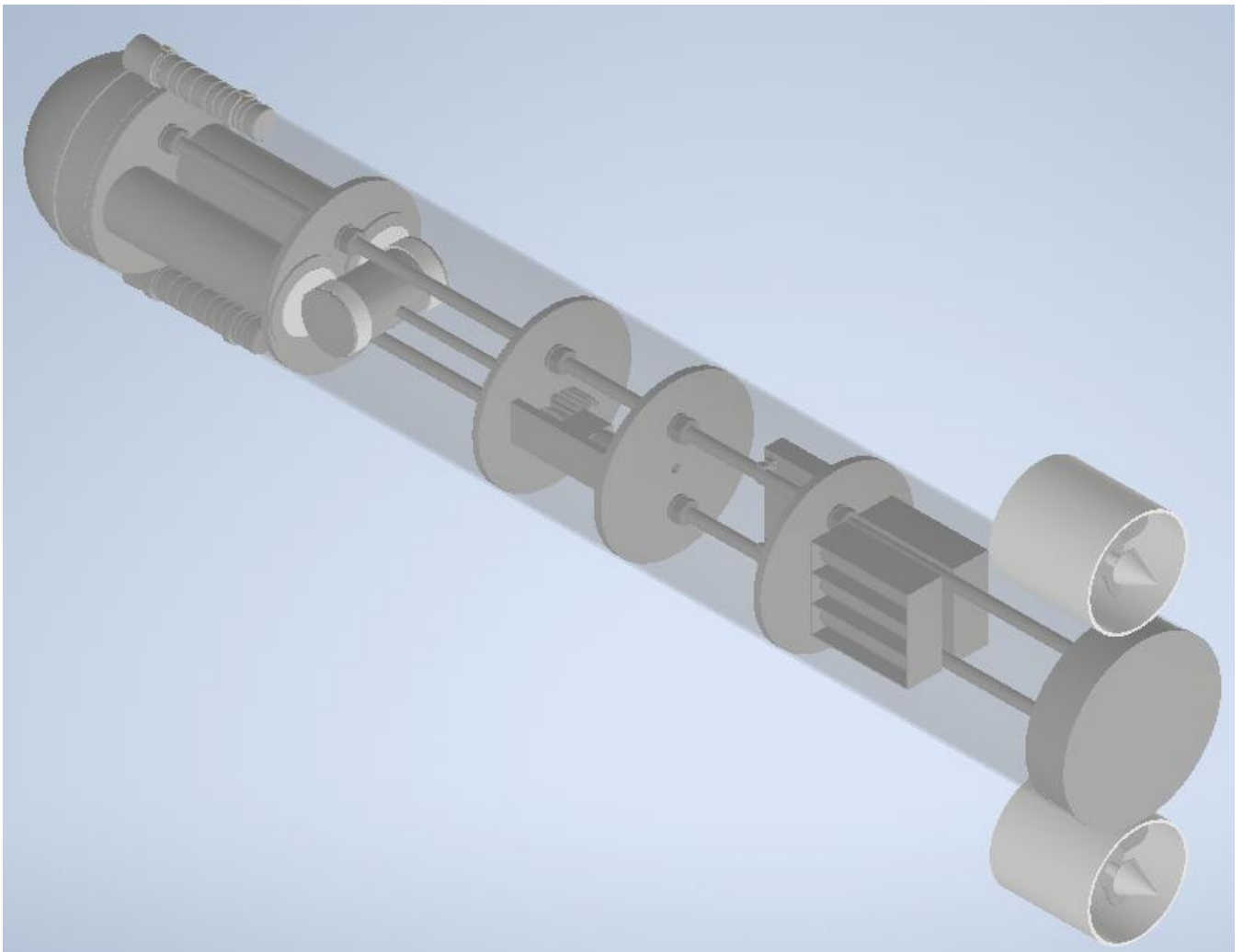


Рис. 2.1 Початкова версія дрона з двома гвинтами та довгим корпусом

						Арк.
						29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

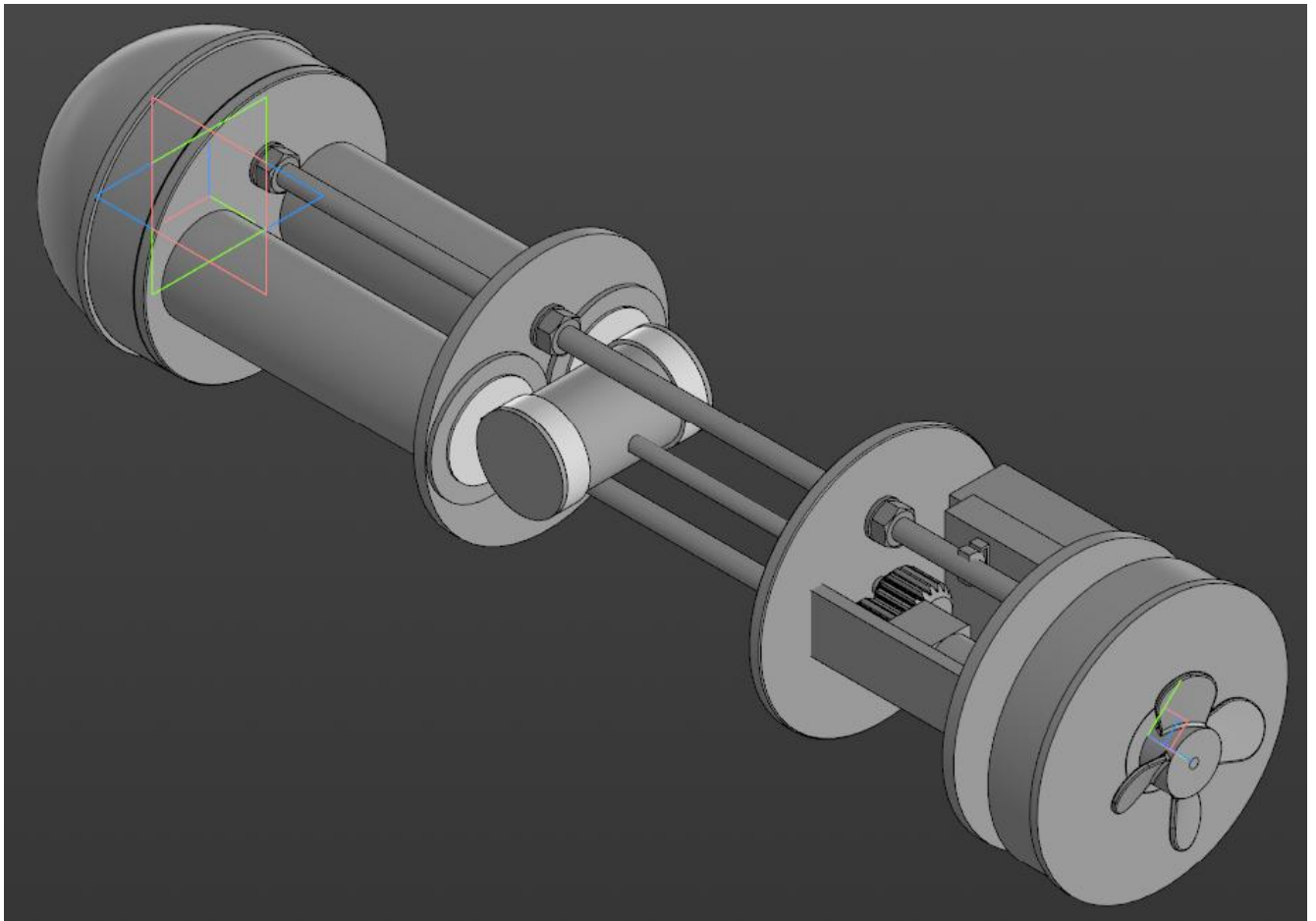


Рис. 2.2. Новий дрон зі скороченим корпусом і одним гребним гвинтом у хвостовій частині.

У процесі розробки конструкції підводного дрона було внесено ряд суттєвих змін, які покращили його експлуатаційні характеристики та адаптували до поставлених завдань. Основні зміни можна побачити, порівнюючи дві версії дрона (рис.2.1 і рис. 2.2).

Скорочення довжини корпусу

У новій версії дрона загальна довжина корпусу була скорочена на 100 мм (рис. 2.2). Це дозволило покращити маневровість апарата, особливо під час різких поворотів. Укорочений корпус також зменшує момент інерції, що полегшує виконання точних рухів і стабілізацію у водному середовищі. Зміна довжини корпусу особливо помітна при порівнянні з попередньою довгою конструкцією (рис. 2.1).

Перехід до одного рушія

У попередній версії дрона використовувалося два гребних гвинти, розташованих симетрично в задній частині корпусу (рис. 2.1). У новій конструкції рушійна система була оптимізована: замість двох рушіїв використовується один гребний гвинт, розташований у хвостовій частині (рис.2.2). Це рішення значно спростило конструкцію, зменшило її вагу та енергоспоживання, а також підвищило стабільність під час руху прямолінійною траєкторією.

Оптимізація компоновання внутрішніх елементів

Скорочення довжини корпусу потребувало нової компоновки внутрішніх елементів, таких як батареї, системи керування та сенсори. Завдяки цьому вдалося зберегти баланс дрона навіть при зменшенні кількості рушіїв. Нова конструкція також забезпечує кращий розподіл ваги всередині корпусу. Довжина корпусу після змін становить 485 мм замість початкових 770 мм.

Компактніший дрон має менший момент інерції, що суттєво покращує його маневрові властивості.

Централізація маси

- Зміна довжини корпусу також дозволила перерозподілити масу:
- Акумуляторний блок був зміщений ближче до центру мас дрона.
- Централізація маси зменшує ризик втрати стійкості при швидких маневрах або різких поворотах.

Покращення керованості

Зменшення розмірів дрона сприяє:

- Підвищенню маневровості: Компактніший корпус швидше реагує на команди системи керування, особливо у складних підводних умовах.
- Зниженню енергоспоживання: Менший опір під час маневрування дозволяє економити енергію акумуляторів.

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

- Спрощенню транспортування та обслуговування: Скорочений корпус зручніший у транспортуванні, що важливо для мобільних операцій.

Гідродинамічні переваги

- Зменшення довжини корпусу позитивно вплинуло на його гідродинамічні характеристики:
- Зменшений опір води сприяє зростанню швидкості руху.
- Покращене обтікання корпусу водою знижує утворення турбулентності, особливо під час роботи рушія.
- Стабільність під час руху залишається на високому рівні завдяки ретельно розрахованій формі корпусу.

Переваги змін

- Покращена керованість завдяки зниженню моменту інерції.
- Спрощення технічного обслуговування за рахунок зменшення кількості рушіїв.

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

2.2 Моделювання рушія

Для інтеграції елементів дрона, оцінки його геометричних характеристик і визначення загального центру мас було виконано спрощене моделювання рушія.

На початковому етапі було змодельовано конструкцію, в якій двигун розміщено в спеціальному отворі тильної кришки дрона, що забезпечується герметичною прокладкою для захисту від проникнення води та забезпечення стабільності роботи двигуна на глибині (рис. 2.3).

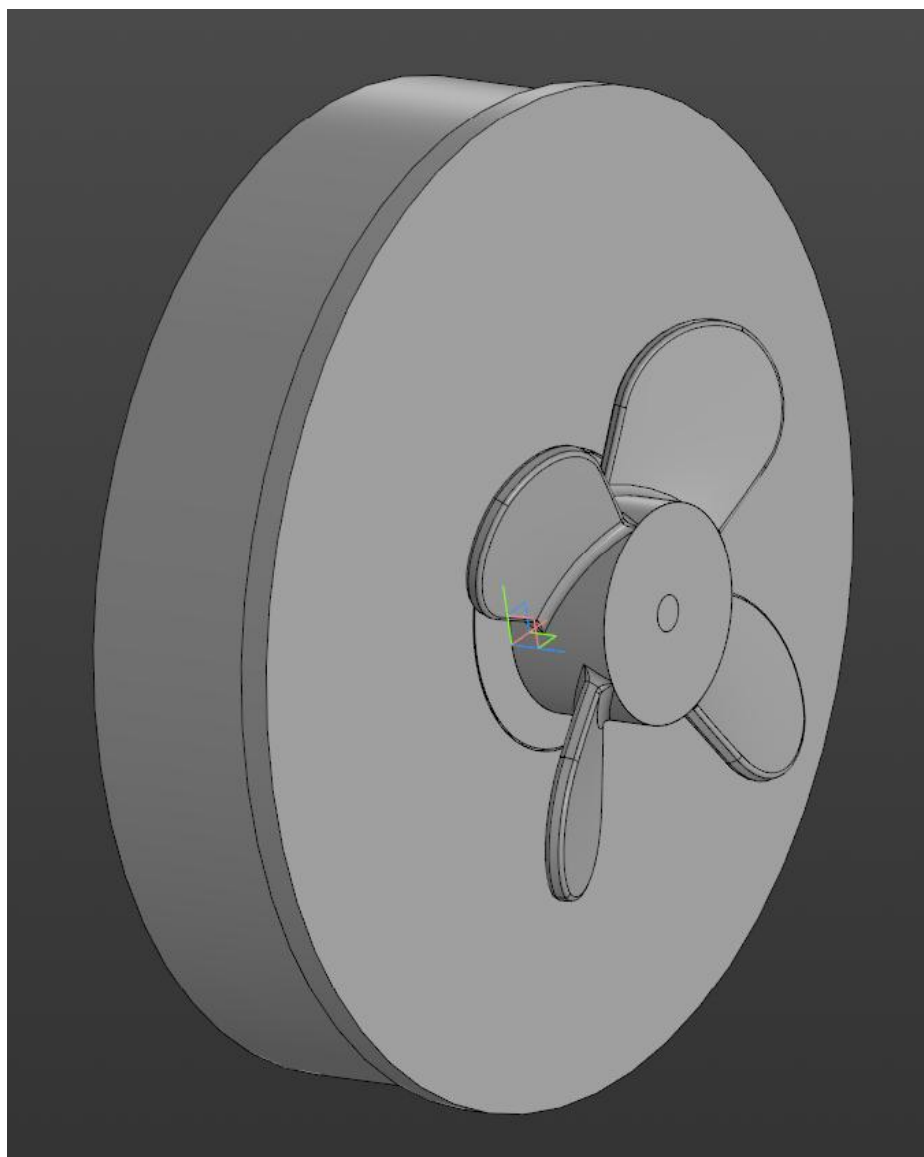


Рис. 2.3. Задня кришка з двигуном і гвинтом

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Далі проводилося моделювання гребного гвинта.

Геометрія гвинта створювалася на основі спіралі, яка будується з урахуванням кроку та кількості обертів. Гвинт складається з чотирьох лопатей, тому кількість обертів спіралі визначено як 0,25, а крок було вибрано конструктивно (рис. 2.4).

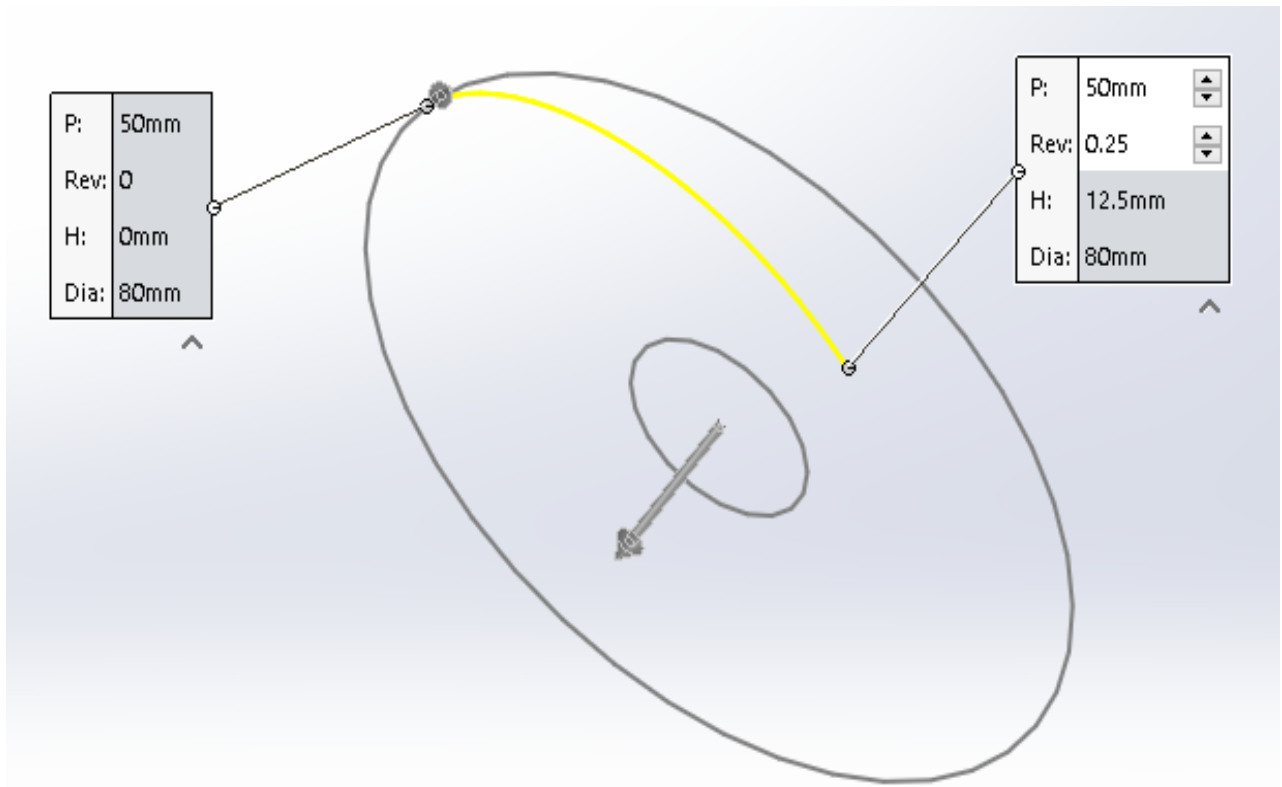


Рис. 2.4. Спіраль для побудови гребного гвинта

Центральна поверхня лопаті гребного гвинта, побудована за допомогою двох спіралей, представлена на рис. 2.5

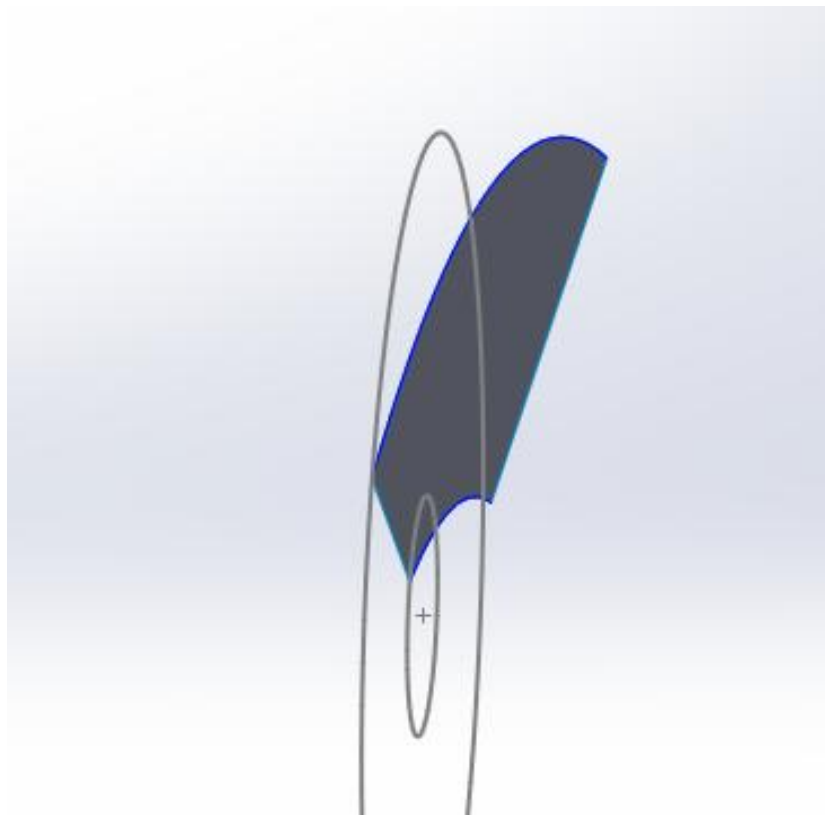


Рис. 2.5. Центральна поверхня пелюстка гребного гвинта

Контур лопаті у поперечній площині рушія відображено на рис. 2.6

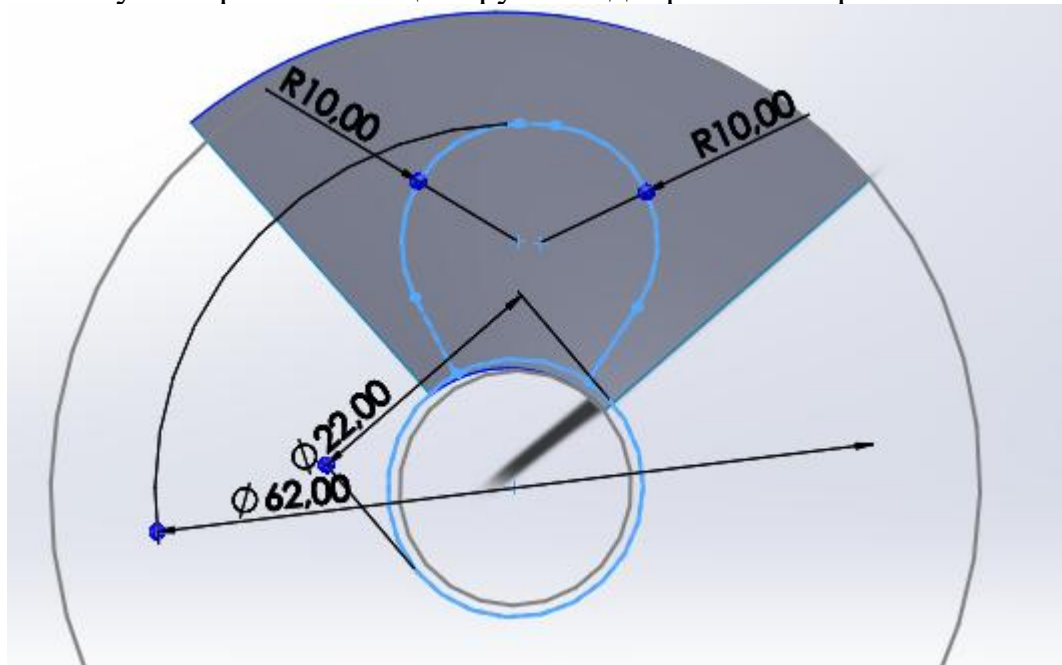


Рис. 2.6. Контур лопаті у поперечній площині рушія

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Після проєктування форми лопатей на середню площину їм було надано товщину, виконано необхідні заокруглення, а також сформовано основу гвинта (рис. 2.7).

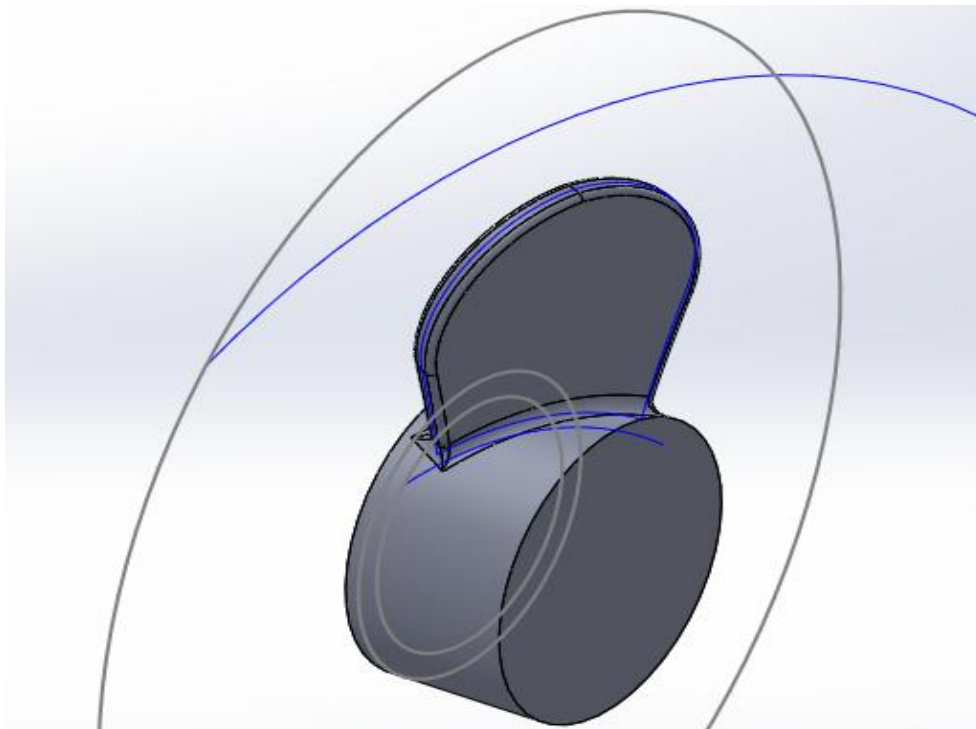


Рис. 2.7. Твердотільна модель лопаті

Розмножуючи масивом необхідну кількість отримаємо гребний гвинт заданої геометрії (рис. 2.8).

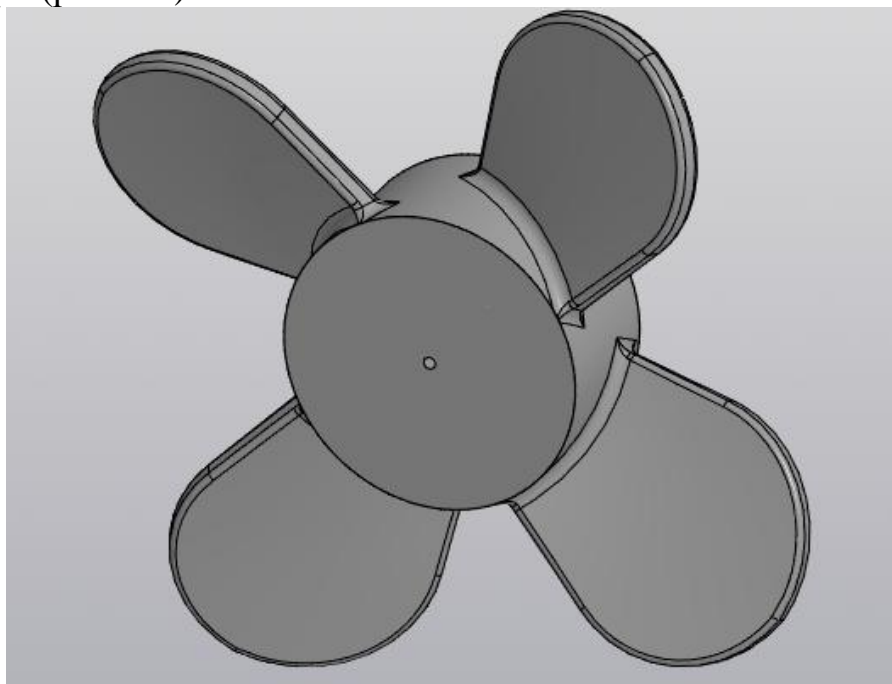


Рис. 2.8. Модель гребного гвинта

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Зміни в системі рушіїв

У ході модернізації конструкції підводного дрона було прийнято рішення про зміну конфігурації рушіїв. Замість двох двигунів, які розташовувалися в задній частині корпусу, був інтегрований один центральний рушій, встановлений у хвостовій частині. Це рішення базувалося на аналізі вимог до керованості, енергоспоживання та зменшення маси дрона.

1 Причини переходу до одного рушія

1. Ефективність енергоспоживання:

- Два рушії вимагали більше енергії для забезпечення їхньої роботи, що зменшувало загальну тривалість автономного функціонування.
- Використання одного потужного рушія дозволило знизити енергоспоживання, зберігши необхідну тягову силу.

2. Скорочення маси та габаритів:

- Система з двома рушіями займала значний обсяг у задній частині корпусу, обмежуючи простір для інших компонентів.
- Заміна на один рушій дозволила не лише скоротити масу конструкції, а й полегшити балансування корпусу.

3. Покращення керованості:

- Один рушій у хвостовій частині дає більш передбачувані характеристики при маневруванні, особливо в складних умовах, таких як підводні течії.
- Така конфігурація дозволяє простіше реалізувати алгоритми поворотів і занурення.

Вибір нового рушія

- Для забезпечення високої тяги та енергоефективності було обрано двигун Махон ЕС 32 Flat. Цей двигун:

						Арк.
						37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Має компактні розміри (діаметр 32 мм), що ідеально підходить для зменшеної конструкції дрона.[6]

Забезпечує достатню потужність для обертання гвинта, необхідного для виконання маневрів.

- Відрізняється високою надійністю та тривалим терміном служби навіть у складних умовах експлуатації.

3.3 Конструкція та розташування рушія

1. Центральне розташування у хвостовій частині:

- Двигун було інтегровано у спеціальний вузол у хвостовій частині корпусу, де він кріпиться до двох внутрішніх стержнів, які забезпечують стабільність конструкції.

2. Гвинт:

- Двигун приводить у рух трилопатевий гвинт діаметром 90 мм, оптимізований для роботи у водному середовищі.
- Гвинт виготовлений із корозійно-стійких матеріалів (наприклад, пластику з додаванням скловолокна), що забезпечує довговічність і стійкість до впливу агресивного середовища.

						Арк.
						38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.3 Розрахунок нульової плавучості

Для проведення розрахунків нульової плавучості циліндричного підводного дрона необхідно врахувати низку факторів, які впливають на його здатність залишатися на заданій глибині або занурюватися до необхідного рівня. Плавучість є критично важливим параметром для підводних апаратів, оскільки від неї залежить стабільність і маневреність дрона у водному середовищі.

У процесі розрахунку враховуються такі ключові характеристики, як загальний об'єм і маса дрона, розподіл підводного баласту (що може включати батареї, електроніку та інші внутрішні елементи) і густина води в зоні експлуатації. Точність визначення цих параметрів, включно з аналізом можливих порожнин у конструкції корпусу, є основою для досягнення оптимальної плавучості.

Методика розрахунку передбачає балансування сили Архімедової підтримки, яка залежить від об'єму зануреного дрона і густини рідини, із силою ваги апарата. Досягнення рівноваги між цими силами забезпечує можливість утримання дрона на фіксованій глибині без спонтанного підйому чи занурення.

На основі отриманих результатів розрахунків вносяться необхідні коригування, щоб забезпечити стан нульової плавучості. Це дає змогу гарантувати стабільність підводного дрона під час виконання завдань на певній глибині.

Слід зазначити, що точність таких розрахунків залежить від якості вхідних даних і правильності початкових припущень. Остаточне налаштування плавучості проводиться перед початком роботи, щоб забезпечити максимальну ефективність і стабільність функціонування апарата у водному середовищі.

Для того щоб вказати яку масу має мати дрон для того щоб утримуватись на плаву в стані спокою виконаю наступні розрахунки:

Спочатку виконані лінійні заміри тіла

Довжина корпусу: $L1 = 0,415$ м

Діаметр торця: $D1 = 0,11$ м

Площа торця: $S1 = 0.0095\text{м}^2$

						Арк.
						39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Діаметр передньої кришки: $D2=0,1068$ м

Далі визначаю об'єм частин тіла та загальний

Об'єм корпусу: $V1=0.00394$ м³

Об'єм передньої кришки: $V2= 0.00032$ м³

Об'єм всього тіла: $V= 0.00426$ м³

Для визначення маси застосую Формулу ваги витісненої рідини

$$P=\rho gV$$

де g — прискорення вільного падіння, ρ — густина рідини (газу), V — витіснений об'єм.

$$P= mg$$

$$mg= \rho gV$$

$$997*0.0075=4,25$$
 кг

$$m= 4.25$$
 кг маса з точністю до 10г

В процесі аналізу та внесення змін до конструкції підводного дрона його маса була зменшена з початкових 7,5 кг до 4,25 кг. Це стало можливим завдяки оптимізації корпусу, заміні окремих елементів конструкції. Такі зміни суттєво вплинули на розрахунок нульової плавучості. Оновлений розрахунок передбачає забезпечення стійкої рівноваги дрона у водному середовищі з урахуванням нових параметрів маси та об'єму. Це дозволяє дрону залишатися на заданій глибині, мінімізуючи потребу в активному коригуванні плавучості.

Зменшення маси також позитивно впливає на енергоефективність апарата, оскільки знижує загальне енергоспоживання для підтримки руху та маневрування. Така оптимізація підвищує тривалість автономної роботи дрона та його продуктивність під час виконання завдань.

						Арк.
						40
ЗМН.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 3. ГІДРОДИНАМІЧНИЙ АНАЛІЗ ГВИНТА ЗА ДОПОМОГОЮ SOLIDWORKS FLOW SIMULATION

Мета моделювання

1. Визначення проблематики

Ефективність руху підводного дрона значною мірою залежить від гідродинамічних характеристик його системи керування та рушійної установки.

Лопаті гвинта, як основний компонент, що генерує тягу, повинні забезпечувати:

- Максимальну ефективність тяги при мінімальних втратах енергії;
- Зменшення гідродинамічного опору під час роботи;
- Оптимальний потік рідини навколо лопатей для уникнення завихрень та кавітації.

Однак, у реальних умовах руху підводного апарата виникають наступні виклики:

1. Нерівномірність потоку води перед лопатями гвинта, що призводить до зниження ККД.
2. Втрати енергії внаслідок формування завихрень і зони турбулентності.
3. Кавітація – явище, що спричиняє відрив рідини від поверхні лопаті гвинта під високим тиском. Це не лише знижує ефективність руху, а й може пошкоджувати поверхню лопатей.

Таким чином, гідродинамічне моделювання стає необхідним для оптимізації конструкції гвинта та аналізу потоків рідини навколо нього.

						Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2. Завдання дослідження

Головним завданням моделювання було дослідження впливу геометрії гвинта на гідродинамічні характеристики підводного дрона. Зокрема, були поставлені такі цілі:

1. Дослідити розподіл швидкостей навколо лопатей гвинта в робочому середовищі.
2. Визначити зони завихрень та низьких швидкостей, що можуть негативно впливати на ефективність руху.
3. Оцінити симетричність потоків, що омивають гвинт, для перевірки правильності геометрії лопатей.
4. Виявити потенційні зони кавітації на поверхні лопатей, аналізуючи зміну швидкості та тиску.
5. Перевірити опір корпусу дрона та його вплив на вхідний потік, що надходить до гвинта.

3. Обґрунтування вибору програмного забезпечення

Для досягнення вищезазначених цілей було обрано програмне забезпечення SolidWorks Flow Simulation, яке є одним з найефективніших інструментів для моделювання гідродинамічних процесів. Основні переваги використання цього модуля:

- Зручність інтеграції із CAD-моделями конструкції дрона.
- Можливість встановлення точних граничних умов для аналізу реалістичного середовища (водного потоку).
- Візуалізація потоків та результатів у зрозумілій графічній формі.
- Моделювання в стаціонарному та нестаціонарному режимах, що дозволяє аналізувати потоки як при сталому, так і змінному навантаженні.

						Арк.
						42
ЗМН.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4. Вхідні дані для моделювання

Для виконання симуляції були використані наступні вхідні параметри:

Таблиця 3.1

Параметр	Значення	Одиниці виміру
Середовище	Вода	—
Щільність води (ρ)	1000	кг/м ³
В'язкість води (μ)	1.002	мПа·с
Вхідний потік	3.5	м/с
Тиск на виході	Статичний	Па
Температура середовища	20	°C
Режим	Стаціонарний	—

Геометрія гвинта була створена у програмному середовищі SolidWorks CAD з урахуванням попередньо розрахованих параметрів форми лопатей, кута атаки та довжини.

Очікувані результати

Проведення симуляції дозволяє очікувати отримання таких результатів:

1. Графічний розподіл швидкості потоку навколо гвинта з можливістю ідентифікації зон низької швидкості.
1. Аналіз симетричності потоків та ефективності гвинта.
2. Визначення локальних зон кавітації, які можуть виникати на поверхні лопатей за критичних умов.
3. Підтвердження або коригування геометрії гвинта для підвищення ефективності його роботи.

Таким чином, гідродинамічне моделювання у SolidWorks Flow Simulation є важливим етапом для оптимізації конструкції системи керування та руху підводного дрона. Результати симуляції ляжуть в основу подальших удосконалень геометрії гвинта та корпусу для зменшення опору, уникнення кавітації та підвищення загальної ефективності роботи дрона.

Параметри симуляції

Вибір середовища моделювання

Головним середовищем для симуляції була обрана вода як реалістичне середовище, у якому працює підводний дрон. Основні характеристики середовища включають:

- Щільність води (ρ): 1000 кг/м³ — стандартне значення для прісної води при температурі 20°C.
- Динамічна в'язкість (μ): 1.002 мПа — відповідає умовам води при стандартній температурі.
- Температура середовища: 20°C — типові умови для лабораторного моделювання у прісній воді.
- Гравітація: врахована як стандартна сила тяжіння 9.81 м/с², що забезпечує реалістичність впливу сили на об'єкти у водному середовищі.

Ці параметри були встановлені для досягнення максимальної відповідності реальним умовам функціонування підводного дрона.

						Арк.
						44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Геометрія моделі

Геометрія гвинта та корпусу підводного дрона була створена у SolidWorks CAD, після чого імпортована у модуль Flow Simulation для подальшого аналізу.

Основні елементи моделі:

1. Гвинт: трилопатевий гвинт, оптимізований для забезпечення максимальної тяги при мінімальному опорі.
 - Діаметр гвинта: 65 мм.
 - Кут атаки лопатей: 30° для збереження балансу між тягою та ефективністю.
 - Форма лопатей: гідродинамічно обтічна для мінімізації завихрень.

Граничні умови

Граничні умови є критично важливими для правильного налаштування симуляції. У даному дослідженні було встановлено такі умови:

Пояснення граничних умов:

- Вхідний потік води із заданою швидкістю забезпечує моделювання умов руху дрона у стабільному середовищі.
- Статичний вихідний тиск гарантує вільний відтік рідини з області розрахунку.
- Умова «No-Slip» на поверхні корпусу та гвинта забезпечує нульову швидкість рідини відносно поверхонь твердих тіл, що відповідає реалістичним умовам в'язкої взаємодії.

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

Таблиця 3.2

Гранична умова	Значення	Опис
Вхідний потік	3.5 м/с	Лінійний потік води у напрямку осі Y
Тиск на виході	Статичний (Па)	Вихідний тиск дорівнює атмосферному.
Швидкість обертання гвинта	1500 об/хв	Робоча швидкість обертання.
Стінки корпусу та гвинта	"No-Slip" умова	Швидкість потоку на поверхнях дорівнює 0
Температура	20°C	Постійна температура середовища.

Аналіз результатів симуляції

1. Загальний огляд результатів

Після проведення симуляції у SolidWorks Flow Simulation отримано візуалізації та числові дані, що дозволяють проаналізувати роботу підводного гвинта та поведінку рідини навколо корпусу дрона. Основними результатами є:

- Розподіл швидкості потоку у різних зонах навколо гвинта та корпусу.
- Розподіл тиску на поверхнях гвинта та корпусу.
- Лінії струму — наочна візуалізація траєкторії руху рідини.
- Аналіз завихрень та турбулентності у зоні позаду гвинта.

Ці результати дозволяють оцінити ефективність конструкції гвинта та рівень гідродинамічного опору корпусу, що є ключовими параметрами для оптимізації підводного дрона.

Розподіл швидкості потоку

Розподіл швидкості є одним із найважливіших параметрів для аналізу роботи гвинта, оскільки він показує, як вода рухається навколо конструкції дрона. [3.2]

- Перед гвинтом:

Спостерігається рівномірний вхідний потік зі швидкістю 3.5 м/с. Потік зберігає ламінарну структуру до входу у зону впливу лопатей гвинта.

У зоні гвинта:

Швидкість потоку різко зростає завдяки обертанню лопатей, що створюють прискорення рідини. Максимальна швидкість у зоні між лопатями досягає 6.8 м/с (згідно з легендою до графіка).

- Зони високої швидкості (червоні області) концентруються на краях лопатей через збільшений тиск і розгін рідини.
- Центральна частина гвинта демонструє зону знижених швидкостей через турбулентне скидання потоку.

Позаду гвинта:

Формується реактивний струмінь, де вода продовжує рух зі швидкістю близько 5 м/с. У цій зоні помітні зони турбулентності та завихрення, які поступово стабілізуються на відстані 3–5 діаметрів гвинта.

Розподіл тиску

Аналіз розподілу тиску дозволяє оцінити навантаження на поверхні гвинта та корпусу підводного дрона.[Рис. 3.1]

- На лопатях гвинта:

Спостерігається значний перепад тиску між передньою (напірною) та задньою (розрядженою) поверхнями лопатей.

Максимальний тиск: 4.2 Па— на напірній стороні лопатей ближче до кореня. Мінімальний тиск: -2.6 Па — на задній стороні лопатей, де утворюється зона відриву потоку.

Цей перепад тиску є основною причиною виникнення тяги, необхідної для руху дрона.

						Арк.
ЗМН.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		47

- На корпусі дрона:

Тиск рівномірно розподіляється по передній частині корпусу, що свідчить про гладку обтічну форму. Найбільший тиск спостерігається у лобовій частині, де потік води вперше контактує з поверхнею корпусу.

Лобовий тиск: 3.2 Па.

Зони зниженого тиску спостерігаються позаду корпусу, де виникають завихрення.

Лінії струму (траєкторії потоку)

Лінії струму надають наочне уявлення про напрямок і поведінку водяного потоку.

- Перед гвинтом лінії струму є паралельними та рівномірними.
- У зоні гвинта спостерігається викривлення ліній струму через вплив обертових лопатей. Лінії потоку набувають спіральної форми, що відповідає прискоренню води гвинтом.
- Позаду гвинта лінії потоку розширюються та демонструють зони турбулентності. Завихрення є невід'ємною частиною роботи гвинта, але їх мінімізація дозволить підвищити ефективність системи.

Аналіз турбулентності та завихрень

Для аналізу турбулентності використано модель k-ε, що дозволяє оцінити енергетичні втрати у потоці.

- Зони турбулентності:

Основна область турбулентності формується позаду гвинта через різкий перепад швидкостей і тиску.

Турбулентна кінетична енергія максимальна у зоні відриву потоку та на кінцях лопатей.

						Арк.
						48
ЗМН.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Ефект завихрень:

Завихрення знижують ефективність роботи гвинта, оскільки частина енергії витрачається на створення хаотичних рухів рідини. Зменшення завихрень можливе шляхом оптимізації кута атаки лопатей та покращення їх профілю.

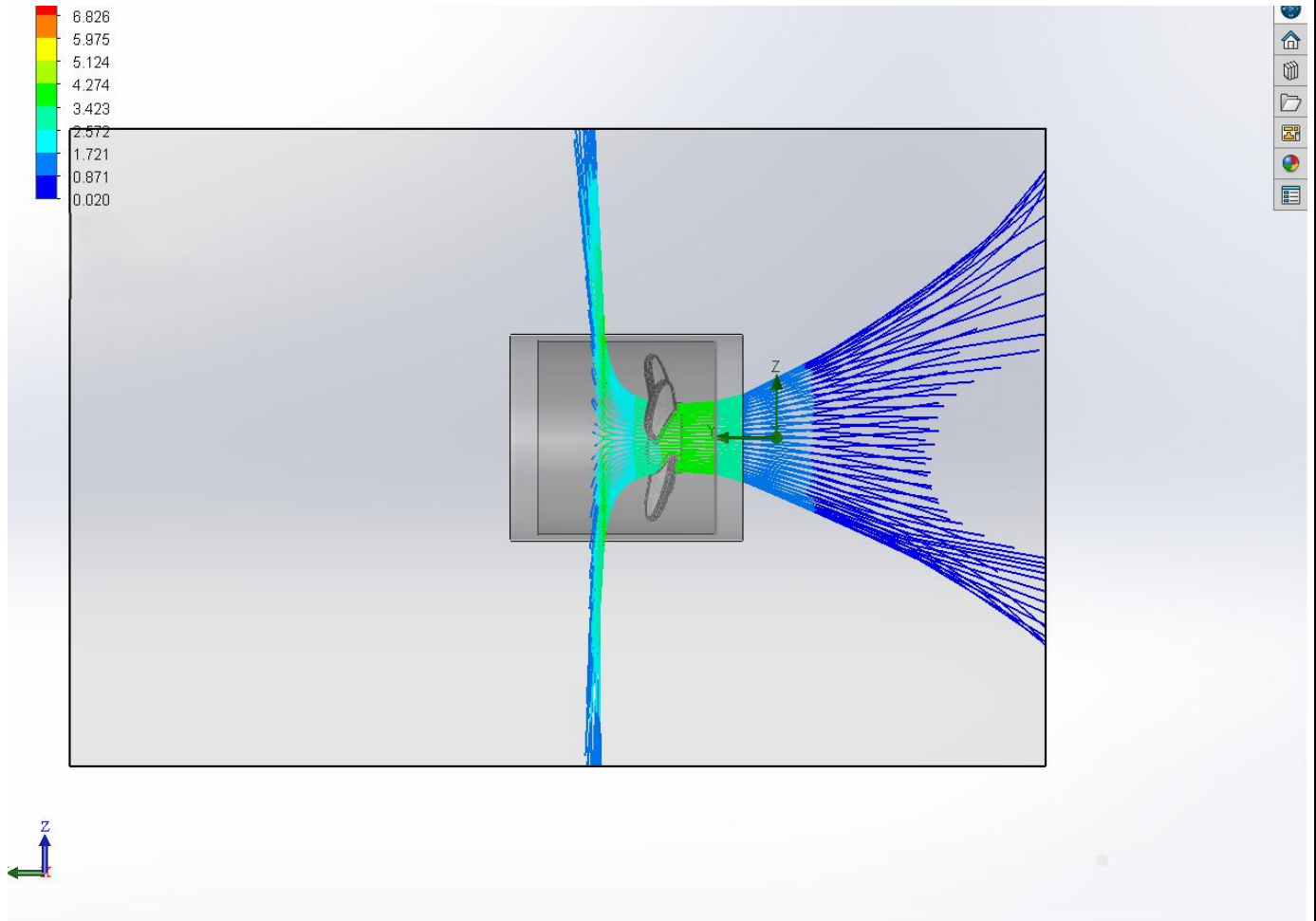


Рис. 3.1 Траекторія потоку

Висновки за результатами симуляції

На основі отриманих результатів можна зробити наступні висновки:

1. Гвинт забезпечує необхідну тягу для руху дрона з мінімальними втратами енергії.
2. Зони турбулентності та завихрень концентруються позаду гвинта, що є очікуваним результатом.

3. Для подальшої оптимізації можна:

- Покращити профіль лопатей для зниження завихрень.
- Провести аналіз у нестационарному режимі для моделювання реальних умов руху.

Результати симуляції підтверджують працездатність системи та надають рекомендації для подальшої оптимізації підводного дрона.

Розподіл тиску та швидкості показує ефективність форми лопатей та корпусу дрона.

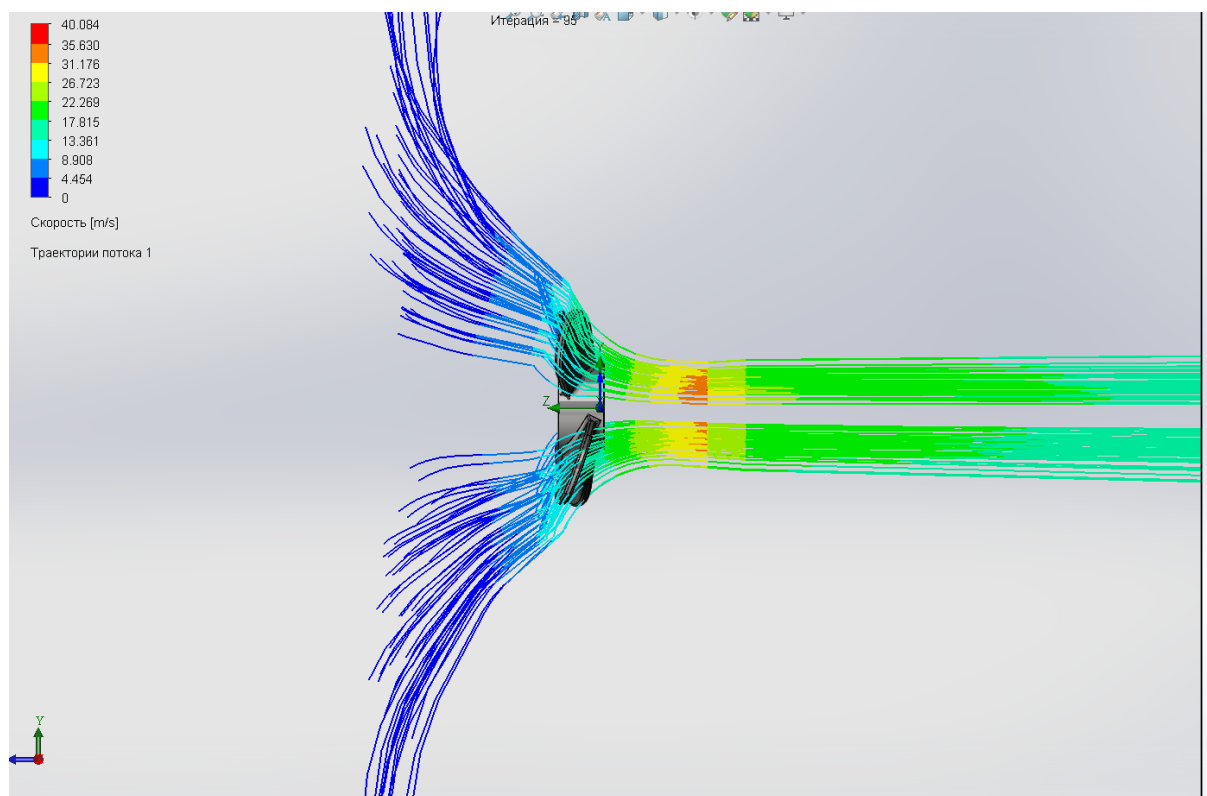


Рис 3.2 Симуляція потоку навколо рушія підводного дрона

						Арк.
змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		50

РОЗДІЛ 4. РОЗРОБКА СТАРТАП-ПРОЕКТУ «ПІДВОДНИЙ ДРОН»

4.2. Опис ідеї проекту

У попередніх розділах було представлено різні типи підводних дронів та їхні характеристики. Після цього була розроблена модель підводного дрона, оснащеного системою керування для покращення функціональності та надійності.

Короткий опис проблемної ситуації і причин формування проблеми:

Проблемна ситуація: Обмежений розвиток ринку підводних дронів в Україні для наукових, дослідницьких, промислових і оборонних цілей.

Причини формування проблеми:

- Відсутність або низький рівень розробки вітчизняних підводних дронів.
- Висока вартість імпоротної техніки.
- Обмежена доступність технологій для розробки компактних і надійних підводних апаратів.
- Недостатня підтримка з боку держави для розвитку галузі.

Опис можливих наслідків вирішуваної проблеми і перелік можливих альтернатив її вирішення:

Можливі наслідки вирішуваної проблеми:

- Забезпечення доступних і високоякісних підводних дронів для дослідницьких і промислових завдань.
- Розвиток українського інженерного потенціалу у сфері робототехніки.
- Зменшення залежності від імпортного обладнання.

						Арк.
						51
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Стимулювання інновацій у сфері робототехнічних систем.
- Використання дронів у сферах охорони навколишнього середовища, дослідження морського дна, ремонту підводних комунікацій.

Перелік можливих альтернатив її вирішення:

- Закупівля імпортованих підводних дронів.
- Модернізація вже існуючих моделей шляхом удосконалення компонентів.
- Розробка власного дрона з використанням доступних матеріалів і технологій.
- Впровадження державних грантів або програм підтримки для інноваційних проєктів у галузі підводних дронів.

Інноваційна ідея проєкту:

Розробка та виробництво підводних дронів, оснащених сучасною системою керування, які відповідатимуть потребам українських підприємств і матимуть значні конкурентні переваги як на вітчизняному, так і на міжнародному ринках.

На даному етапі проведено аналіз стартап-проєкту для оцінки можливостей виходу на ринок та визначення конкурентоспроможності розробки.

У таблиці 4.1 наведено основну ідею стартап-проєкту, а також напрями його використання, що допомагають ідентифікувати деякі ринкові сегменти.

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52

Таблиця 4.1 – Опис ідеї стартап-проєкту

Ідея	Напрямок використання	Вигода користувача
Розробка підводного дрона, оснащеного системою керування для виконання завдань у водному середовищі	Промисловість	Моніторинг об'єктів під водою, зменшення витрат на ручне обстеження
Дослідницька діяльність	Вивчення морського середовища та пошук корисних копалин	Забезпечення високої точності досліджень

Пропонується створення підводного дрона, оснащеного сучасною системою керування для ефективного виконання завдань у водному середовищі. Такий дрон сприяє автоматизації процесів обстеження підводних об'єктів, моніторингу екологічного стану та виконання інших завдань, пов'язаних із дослідженням підводного середовища. Пристрій вирізняється простотою експлуатації, зручним інтерфейсом керування та адаптивністю до різних умов використання. Однією з головних переваг є доступність обладнання для широкого кола користувачів.

Наступним етапом пропонується виконати аналіз техніко-економічних переваг проєкту, що включатиме:

- Перелік потенційних техніко-економічних переваг проєкту (низька собівартість, гнучкість використання, висока точність виконання завдань).
- Формування списку основних конкурентів і товарів-замінників або аналогів, що вже присутні на ринку, із збиранням інформації про їх технічні та економічні показники.

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53

- Підсумковий порівняльний аналіз, де для розробленого проєкту визначаються показники з такими характеристиками: а) слабші значення (W); б) нейтральні значення (N); в) сильніші значення (S).

Цей аналіз дозволить чітко окреслити конкурентні переваги підводного дрона та сприятиме ефективному виходу на ринок

Таблиця 4.2 – Оцінка сильних, слабких і нейтральних характеристик ідеї проєкту підводного дрона

№	Техніко-економічні характеристики проєкту	Мій проєкт	Deep Trekker	BlueROV2	OceanBotics	W (слабка сторона)	N (нейтральна сторона)	S (сильна сторона)
1	Вартість	80 000	150 000	120 000	200 000			
2	Простота керування	Висока	Висока	Висока	Середня			+
3	Надійність	Висока	Висока	Середня	Висока			+
4	Зручність транспортування	Висока	Середня	Висока	Середня			+
5	Торгова марка	Відсутня	Є	Є	Є	+		

Аналіз результатів таблиці

На основі проведеного порівняльного аналізу, запропонований проєкт підводного дрона демонструє конкурентні переваги в порівнянні з існуючими рішеннями. Головними сильними сторонами є низька вартість, висока надійність та зручність транспортування. Незначною слабкістю є відсутність відомої торгової марки, що може бути вирішено шляхом активного просування проєкту на ринку та створення впізнаваного бренду.

								Арк.
								54
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				

4.2. Технологічний аудит ідеї проєкту

Для реалізації ідеї створення підводного дрона з удосконаленою системою керування проведемо технологічний аудит, який охоплює наступні аспекти:

- Які технології необхідні для виробництва дрона відповідно до концепції проєкту?
- Чи існують ці технології, чи їх потрібно розробити або доопрацювати?
- Чи доступні ці технології авторам проєкту?

Розробка підводного дрона вимагає інтеграції наступних технологій:

- Технологія виробництва корпусу та герметизації: Створення міцного і водонепроникного корпусу за допомогою сучасних матеріалів та методів (лазерне різання, лиття під тиском, 3D-друк).
- Технологія системи керування: Розробка апаратної частини (контролери, датчики, двигуни) та програмного забезпечення для дистанційного управління і автономного функціонування.
- Гідродинамічні системи: Проєктування ефективних гвинтів і обтічної форми корпусу для забезпечення високої продуктивності у воді.
- Технологія живлення: Використання літій-іонних акумуляторів або інших джерел енергії з можливістю їхнього тривалого використання.

У таблиці 4.3 наведено аналіз доступності необхідних технологій.

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

Таблиця 4.3 – Результат аналізу доступності необхідних технологій для підводного дрона.

№	Ідея проєкту	Технології її реалізації	Наявність технологій	Доступність технологій авторам проєкту
1	Підводний дрон	Виробництво корпусу, герметизація, механічні елементи	Є доступними	Доступні на ринку
2	Система керування	Інтеграція контролерів і сенсорів	Є доступними	Потребує адаптації під специфіку проєкту
3	Гідродинамічні елементи	Розробка гвинтів і обтічної форми корпусу	Є доступними	Доступні за умови використання САД-програм
4	Енергозабезпечення	Використання сучасних акумуляторних систем	Є доступними	Доступні на ринку

Технології, необхідні для реалізації ідеї підводного дрона, доступні або можуть бути вдосконалені в рамках проєкту. Основними завданнями є забезпечення герметизації корпусу, адаптація системи керування під конкретні потреби проєкту, а також оптимізація форми корпусу для покращення гідродинамічних характеристик. Успішна реалізація залежить від ефективного використання доступних ресурсів і технологій.

4.3. Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проєкту

Для оцінки ринкових можливостей, які можна використати при впровадженні проєкту на ринку, проведемо первинний аналіз поточного стану ринку. Це допоможе виявити потенційні загрози, що можуть вплинути на успішність реалізації проєкту, а також окреслити напрямки розвитку, враховуючи стан ринкового середовища, потреби споживачів та конкурентні позиції.

4.3.1. Попередня характеристика потенційного ринку

Аналіз ринку ґрунтується на оцінці таких ключових факторів, як попит, обсяг ринку та його динаміка, які детально відображені в таблиці 4.4.

Таблиця 4.4 – Попередня характеристика потенційного ринку стартап-проекту

№/п	Показники стану ринку	Характеристика
1	Кількість головних гравців	10-15 (локальні виробники та міжнародні компанії)
2	Загальний обсяг продаж (грн/ум.од.)	~200 млн грн (рік)
3	Динаміка ринку (якісна оцінка)	Зростає (темпи зростання ~10% на рік)
4	Наявність обмежень для входу	Високий рівень конкуренції, вимоги до сертифікації (ISO/IEC, ДСТУ)
5	Специфічні вимоги до стандартизації та сертифікації	Присутні (сертифікація відповідно до ISO, ДСТУ, CE, сертифікація для морських технологій)
6	Середня норма рентабельності в галузі	~15-18%

Кількість головних гравців: на ринку присутні близько 10-15 компаній, як міжнародних, так і локальних, що свідчить про високий рівень конкуренції, але й про достатню кількість можливостей для нових учасників. Середня норма рентабельності: рентабельність у галузі підводних дронів коливається в межах 15-18%, що є сприятливим для інвестування та розвитку стартапу.

4.3.2. Характеристика потенційних клієнтів

Деталізований аналіз клієнтів дозволяє визначити, як задовольнити базові потреби ринку та які фактори впливають на рішення про покупку. (Табл. 4.5.)

									Арк.
									57
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

Таблиця 4.5 - Характеристика потенційних клієнтів стартап-проєкту

№ п/п	Потреба, що формує ринок	Базова потреба, яку задовольняє товар	Цільова аудиторія (цільові сегменти ринку)	Відмінності у поведінці різних потенційних цільових груп клієнтів	Вимоги споживачів до товару
1	Автоматизація виробничих процесів	Підвищення ефективності та зниження витрат на виробництво	Промислові підприємства	Акцент на функціональність, надійність, мінімізацію витрат	- Висока точність, надійність, довговічність, швидкість роботи
2	Навчання фахівців	Підготовка кваліфікованих кадрів	Освітні установи (ВНЗ, ПТУ)	Пріоритет до доступності та простоти у використанні, навчання на практиці	- Простота в управлінні, доступність, наявність навчальних матеріалів
3	Моніторинг та екологічний контроль	Збір даних для моніторингу екологічного стану	Екологічні організації, дослідницькі лабораторії	Орієнтація на точність збору даних, довговічність продукції	- Точність, відповідність стандартам екологічного моніторингу
4	Рекреаційне використання та відеозйомка	Підводні відео та фотозйомки	Приватні клієнти, туристичні компанії	Орієнтація на зручність, доступність ціни, простота в користуванні	- Легкість у використанні, доступна ціна, висока якість зображення

4.3.3 Аналіз факторів ризикового середовища та можливостей

Визначення потенційних факторів ризику, що можуть перешкоджати успішному запуску підводного дрона на ринок, є важливим етапом планування стартапу. Розуміння цих загроз дозволяє завчасно розробити заходи для їх мінімізації. У таблиці 4.6 подано основні ризики, можливі наслідки та стратегії реагування компанії.

						Арк.
						58
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 4.6 – Основні ризики та стратегії реагування

№	Ризики	Можливі наслідки	Реакція компанії
1	Висока конкуренція на ринку	Зменшення частки ринку через перевагу відомих брендів	Забезпечення конкурентної ціни, розробка маркетингової стратегії для підкреслення переваг продукту
2	Недостатнє фінансування	Відсутність коштів для завершення розробки або масштабування виробництва	Залучення інвесторів, участь у грантових програмах
3	Технічні труднощі під час розробки	Затримка у запуску продукту, додаткові витрати	Проведення попередніх досліджень, найм досвідчених фахівців
4	Відсутність довіри до нового бренду	Складнощі у залученні клієнтів, низький рівень продажів	Розробка програми лояльності, акції для перших клієнтів
5	Коливання попиту на ринку	Зменшення продажів у певні періоди	Диверсифікація застосувань продукту, вихід на нові сегменти ринку
6	Зміни у законодавстві	Ускладнення імпорту компонентів або обмеження у використанні дронів	Постійний моніторинг нормативної бази, адаптація проєкту до нових умов
7	Неправильна оцінка потреб клієнтів	Створення продукту, який не відповідає очікуванням споживачів	Проведення маркетингових досліджень, регулярний збір відгуків

Цей аналіз дозволяє не лише врахувати потенційні виклики, але й використовувати їх для створення стратегії, що забезпечить успішну реалізацію проєкту.

Таблиця 4.7 – Фактори можливостей

№	Фактори можливостей	Потенційні переваги для проєкту
1	Зростання попиту на підводні дрони	Розширення ринкової ніші, можливість збільшення обсягів продажів
2	Інноваційність проєкту	Виділення серед конкурентів, залучення клієнтів, зацікавлених у сучасних технологіях
3	Використання дронів у різних галузях	Диверсифікація продукту, вихід на нові ринкові сегменти
4	Залучення державних та приватних інвестицій	Фінансування розробки та виробництва, зменшення ризиків недофінансування
5	Сприяння екологічній безпеці	Позиціонування як екологічно відповідального проєкту, привабливість для ринку
6	Доступність сучасних технологій	Скорочення часу розробки, можливість створення конкурентного продукту
7	Розвиток міжнародного ринку	Експорт продукту, зростання прибутку та визнання бренду

Цей аналіз дозволяє виявити перспективи розвитку проєкту, ефективно використати наявні можливості та забезпечити його стійкість у конкурентному середовищі.

4.3.4 Аналіз конкурентного середовища

Для оцінки конкурентного середовища під час впровадження стартап-проєкту з розробки підводного дрона було здійснено ступеневий аналіз ринку. Цей метод дозволяє визначити ключових гравців ринку, оцінити рівень конкуренції та потенційні ризики, які можуть вплинути на успішність проєкту.

Таблиця 4.8 – Ступеневий аналіз конкурентної ринкової ситуації

Особливості конкурентного середовища	Проявлення даної характеристики	Вплив на діяльність проєкту
Наявність великих гравців	Присутність таких компаній, як Ocean Infinity, Blue Robotics	Висока конкуренція; потреба в унікальних технічних рішеннях і маркетингових стратегіях
Доступність товарів-замінників	Можливість використання комерційних підводних роботів	Необхідність забезпечення переваг у співвідношенні ціни та функціональності
Зростаючий інтерес до автономних дронів	Підвищений попит на дрони у військовій, науковій і комерційній сферах	Розширення потенційної клієнтської бази; можливість інвестування в інноваційні розробки
Рівень державної підтримки інновацій	Можливість залучення грантів і пільгового фінансування	Зменшення фінансових ризиків; створення позитивного іміджу серед клієнтів і партнерів

Аналіз показує, що ринок підводних дронів має значний потенціал, але конкуренція є суттєвим викликом. Успішне входження на ринок залежить від здатності компанії запропонувати інноваційний продукт із конкурентними характеристиками та ефективно використовувати підтримку для розвитку технологій.

4.3.5 Аналіз конкурентів у галузі

Для оцінки конкурентного середовища, в якому планується реалізувати стартап-проєкт із розробки підводного дрона, застосовано модель п'яти сил М. Портера. Цей аналіз дозволив вивчити вплив основних ринкових сил, зокрема прямих конкурентів, постачальників, клієнтів, а також загроз нових учасників ринку і замінників.

Таблиця 4.9. Аналіз конкуренції в галузі за моделлю М. Портера

Силовий аналіз	Прямі конкуренти	Постачальники	Клієнти	Товарні замітники
Вплив на галузь	Високий	Середній	Високий	Низький
Основні загрози	Висока конкуренція з боку міжнародних брендів, таких як Blue Robotics та Saab Seaeye	Обмежений доступ до високоякісних матеріалів та електроніки	Вимоги клієнтів до адаптації продукції під локальні потреби	Альтернативні способи дослідження підводного середовища
Висновки	Необхідність створення конкурентних переваг у вартості, інноваціях та технічних характеристиках	Розробка мережі альтернативних постачальників	Розробка адаптивних та спеціалізованих рішень для клієнтів	Визначення унікальної ринкової ніші

Підсумки аналізу

На основі аналізу можна зробити висновок, що основні загрози проєкту включають:

- Високий рівень конкуренції з боку великих міжнародних брендів;
- Обмеження у доступі до спеціалізованих компонентів;
- Високі вимоги клієнтів до індивідуалізації продукції.

Для успішного входження на ринок необхідно сфокусуватися на створенні конкурентоспроможних переваг за рахунок оптимізації вартості, підвищення функціональності продукту та пошуку нішевих сегментів ринку, де підводний дрон зможе максимально ефективно задовольнити потреби клієнтів.

4.3.6. Обґрунтування факторів конкурентоспроможності

На основі проведеного аналізу конкурентного середовища було визначено ключові фактори, які забезпечують конкурентоспроможність стартап-проєкту на ринку підводних дронів. Їхні переваги і обґрунтування наведено в таблиці 4.10.

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		62

Таблиця 4.10 – Обґрунтування факторів конкурентоспроможності

№/п	Фактор конкурентоспроможності	Обґрунтування
1	Вартість продукції	Значно нижча ціна у порівнянні з міжнародними конкурентами
2	Простота експлуатації	Інтуїтивно зрозумілий інтерфейс управління дрона
3	Точність і надійність роботи	Використання якісних герметичних матеріалів і продуманих конструктивних рішень
4	Адаптація під локальні потреби	Гнучкі налаштування для виконання різних завдань: дослідження, інспекції, моніторинг
5	Зручність технічного обслуговування	Наявність локальної технічної підтримки та доступність компонентів для ремонту

Фактори конкурентоспроможності стартап-проєкту базуються на оптимізації вартості, інноваціях, зручності експлуатації, а також адаптації продукту до локальних потреб клієнтів. Наявність локальної технічної підтримки забезпечує додаткову перевагу на ринку, де клієнти часто звертають увагу на швидкість і зручність обслуговування.

4.3.7 Аналіз сильних і слабких сторін проєкту

Для визначення конкурентних переваг і потенційних ризиків стартап-проєкту проведено порівняльний аналіз його характеристик із основними конкурентами. Результати подано в таблиці 5.10.

Таблиця 4.11 – Порівняльний аналіз сильних та слабких сторін проєкту

Характеристика	Оцінка (за шкалою від 1 до 20)	Вплив на конкуренцію
Вартість	18	Сильна сторона
Простота експлуатації	17	Сильна сторона
Надійність	15	Нейтральна сторона
Точність роботи	16	Сильна сторона
Наявність торгової марки	5	Слабка сторона

Проєкт демонструє сильні конкурентні переваги у вартості, простоті експлуатації та точності роботи, що є критичними факторами для залучення клієнтів.

						Арк.
						63
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Однак недостатня впізнаваність торгової марки є значною слабкістю, що може ускладнити вихід на ринок. Для підвищення конкурентоспроможності рекомендовано:

1. Зосередитися на маркетингових заходах для підвищення впізнаваності бренду.
2. залучити партнерів для просування продукції на міжнародному ринку.
3. Розвивати стратегічні зв'язки із локальними підприємствами для формування позитивного іміджу.

4.3.8. SWOT-аналіз стартап-проєкту

Заключний етап оцінки ринкових можливостей включає проведення SWOT-аналізу, що дозволяє виявити сильні (Strengths) та слабкі (Weaknesses) сторони проєкту, а також потенційні можливості (Opportunities) і загрози (Threats).

Результати подано в таблиці 4.12.

Таблиця 4.12 – SWOT-аналіз стартап-проєкту

Сильні сторони (Strengths)		Слабкі сторони (Weaknesses)	
- Низька вартість порівняно з конкурентами		- Відсутність впізнаваної торгової марки	
- Простота експлуатації та обслуговування		- Обмежена виробнича потужність	
- Використання демпферних пристроїв для точності роботи		- Відсутність міжнародної сертифікації	
Можливості (Opportunities)		Загрози (Threats)	
- Розширення ринку в умовах локалізації		- Посилення конкуренції з боку міжнародних брендів	
- Підтримка локальних підприємств		- Висока вартість імпортованих матеріалів	
- Попит на автоматизацію виробництва		- Нестабільність економічного середовища	

Підсумки SWOT-аналізу

Проєкт демонструє вагомі переваги завдяки низькій вартості, простоті використання та інноваційному впровадженню демпферних пристроїв, що задовольняє потребу ринку в автоматизації.

Водночас основними викликами є:

- Недостатня впізнаваність бренду, що може ускладнити вихід на міжнародний ринок.
- Ризики, пов'язані з економічною нестабільністю та конкуренцією.

Рекомендації:

1. Активізувати маркетингові кампанії для підвищення обізнаності про бренд.
2. Опрацювати стратегічні зв'язки з локальними партнерами для підтримки виробництва.
3. Шукати шляхи зниження витрат на імпортовані матеріали через альтернативних постачальників.
4. Інвестувати в отримання міжнародної сертифікації для розширення ринків збуту.

4.3.9 Розробка альтернатив ринкової поведінки

На основі SWOT-аналізу було визначено основні альтернативи, які дозволяють ефективно реалізувати стартап-проект на ринку. Ці підходи спрямовані на підвищення конкурентоспроможності та довгострокову стабільність проекту. Результати наведено в таблиці 4.13.

Таблиця 4.13 – Альтернативи ринкового впровадження стартап-проекту

№	Альтернативи ринкової поведінки	Ймовірність отримання ресурсу	Строки реалізації
1	Інвестиції в маркетинг для формування впізнаваності бренду	Висока	Середньострокові
2	Розширення виробничих потужностей	Середня	Довгострокові
3	Локалізація матеріалів для зниження витрат	Висока	Короткострокові

Інвестиції в маркетинг: Пріоритетна альтернатива, яка дозволить забезпечити впізнаваність торгової марки, створити довіру до продукту та залучити клієнтів.

Розширення виробничих потужностей: Перспективний напрямок для забезпечення масштабування бізнесу, проте потребує значних ресурсів і часу.

Локалізація матеріалів: Ефективний спосіб оптимізації витрат і підвищення прибутковості проекту в короткі строки.

Рекомендації:

1. Зосередити початкові зусилля на маркетингових активностях для зміцнення бренду.
2. Поступово працювати над розширенням виробничих потужностей у співпраці з локальними партнерами.
3. Пріоритетно реалізувати локалізацію матеріалів, оскільки це дозволить знизити витрати та збільшити конкурентоспроможність продукції.

4.4 Розроблення ринкової стратегії проєкту

4.4.1. Загальна стратегія

Ринкова стратегія стартап-проєкту спрямована на забезпечення успішного виходу на ринок, досягнення конкурентоспроможності та формування стабільного попиту. Основними напрямками стратегії є:

Сегментація ринку:

- Визначення цільових груп споживачів, серед яких:
- Промислові підприємства, що прагнуть автоматизувати виробничі процеси.
- Заклади вищої освіти, які використовують сучасне обладнання для навчання студентів технічних спеціальностей.

Позиціонування:

- Виділення головних конкурентних переваг продукту:
- Висока точність виконання завдань.
- Простота в експлуатації та технічному обслуговуванні.
- Низька вартість у порівнянні з міжнародними аналогами.

Стратегія ціноутворення:

- На етапі виходу на ринок – політика низьких цін для залучення клієнтів і формування довіри до бренду.
- У довгостроковій перспективі – перехід до преміального сегмента шляхом покращення характеристик продукту та впровадження додаткових функцій.

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		66

1. Розширення ринку:

- Поступове освоєння міжнародних ринків через:
- Отримання міжнародних сертифікацій, які підтверджують якість продукції.
- Інтеграцію інноваційних технологій для підвищення функціональності продукту.

Запропонована стратегія дозволяє врахувати потреби локального та міжнародного ринків, забезпечуючи поступовий розвиток бізнесу. Ключовими факторами успіху є ефективне позиціонування, конкурентне ціноутворення та акцент на технологічних перевагах продукту.

4.4.2 Визначення цільових груп потенційних споживачів

Розробка ринкової стратегії для стартапу з підводним дроном починається з визначення цільових груп потенційних споживачів. Аналіз споживчих сегментів допоможе визначити потреби ринку та створити ефективну стратегію просування продукту. Ключові критерії для цього аналізу включають готовність споживачів до нових технологій, потенціал ринку, конкуренцію та складність входу в сегмент (Табл. 4.14).

Таблиця 4.14 – Визначення цільових груп потенційних споживачів для підводного дрону

№	Назва профілю цільової групи потенційних клієнтів	Готовність споживачів придбати продукт	Потенціал ринку в межах обраного сегменту	Інтенсивність конкуренції в сегменті	Простота входу у сегмент
1	Компанії для морських досліджень	Висока	Високий	Середня	Середня
2	Риболовецькі підприємства	Середня	Середній	Середня	Висока
3	Екологічні організації	Висока	Середній	Низька	Висока
4	Туристичні компанії та приватні особи	Висока	Середній	Висока	Середня

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Арк.
					67

Обрана цільова група: Компанії, що займаються морськими дослідженнями та екологічний моніторинг. Цей сегмент має високий потенціал для використання підводних дронів завдяки потребі у високотехнологічних рішеннях для досліджень та екологічного моніторингу водних ресурсів.

На основі цього аналізу була визначена стратегія виходу на ринок, яка включає:

- Використання онлайн-каналів маркетингу для залучення зацікавлених компаній (таргетована реклама, SEO).
- Персоналізація пропозицій для великих корпорацій та наукових установ.
- Формування партнерств з екологічними організаціями та морськими дослідницькими центрами для проведення спільних проєктів та покращення обслуговування.

4.4.3 Визначення базової стратегії розвитку

У таблиці 4.15 представлена базова стратегія розвитку стартапу з підводним дроном, що включає визначення ключових напрямків для розвитку проєкту та конкурентних позицій на ринку.

Таблиця 4.15 – Базова стратегія розвитку

№/п	Обрана альтернатива розвитку проєкту	Стратегія охоплення ринку	Ключові конкурентні позиції (переваги)	Базова стратегія розвитку
1	Вихід на ринок з першими моделями дронів	Фокус на нішеві сегменти ринку	Низька ціна, висока доступність	Стратегія зниження витрат
2	Розширення асортименту моделей дронів	Розробка нових товарів	Інноваційність, спеціалізація	Стратегія диференціації

Обрана стратегія розвитку: Стратегія диференціації, яка передбачає акцент на унікальність продукції та інноваційний підхід до створення підводних дронів, що виділяє продукт серед конкурентів і відповідає на специфічні потреби клієнтів, такі як високий рівень надійності та функціональності.

4.4.4. Вибір стратегії конкурентної поведінки

У таблиці 4.16 представлена стратегія конкурентної поведінки для стартапу з підводним дроном, яка допоможе зосередитися на певних аспектах ринку та оптимізувати конкуренцію.

Таблиця 4.16 – Стратегії конкурентної поведінки

Чи буде компанія шукати нові ніші ринку?	Чи буде компанія конкурувати за рахунок цін?	Стратегія конкурентної поведінки (лідер, виклик, ніша тощо)
Так	Так	Нішевий гравець

Обрана стратегія конкурентної поведінки: Нішевий гравець. Компанія буде орієнтуватися на певний сегмент ринку з високим попитом на підводні дрони, зокрема для промислових підприємств і спеціалізованих дослідницьких організацій, що дозволить забезпечити стабільну частку ринку та зростання через інновації та цінову доступність.

На основі вимог цільової аудиторії, базової стратегії розвитку та стратегії конкурентної поведінки визначено основні елементи стратегії позиціонування.

Таблиця 4.17 – Визначення стратегії позиціонування

№ п/п	Вимоги до товару цільової аудиторії	Базова стратегія розвитку	Ключові конкурентоспроможні позиції власного стартап-проекту	Вибір асоціацій, які мають сформувати комплексну позицію власного проекту (три ключових)
1	Стильний дизайн, доступна ціна, персоналізація	Стратегія диференціації	Унікальний продукт, висока якість обслуговування, оптимальна ціна	1. Індивідуальність 2. Інноваційність 3. Адаптивність під клієнта
2	Надійність, простота використання, адаптація до умов води	Стратегія диференціації	Стійкість до екстремальних умов, простота використання, енергоефективність	1. Надійність 2. Простота 3. Екологічність
3	Висока технічна підтримка, обслуговування та ремонт	Стратегія диференціації	Доступність сервісу, швидкість реагування, довговічність обладнання	1. Технічна підтримка 2. Довговічність 3. Гарантія якості

4.5 Розроблення маркетингової програми стартап-проекту

4.5.1. Формування маркетингової концепції товару

Визначення ключових переваг товару дозволяє створити його чітке позиціонування на ринку. Під час формування маркетингової концепції враховуються потреби споживачів, вигоди, які товар може запропонувати, а також його переваги перед конкурентами. У результаті аналізу сформовано таблицю з ключовими аспектами концепції товару.

Таблиця 4.18 – Визначення ключових переваг концепції потенційного товару

№ п/п	Потреба	Вигода, яку пропонує товар	Ключові переваги перед конкурентами
1	Автоматизація виробничих процесів	Спрощення операцій, підвищення точності	Низька вартість, інтеграція з існуючими системами
2	Простота обслуговування	Мінімізація часу на обслуговування	Інтуїтивний інтерфейс, довговічність
3	Відповідність сучасним стандартам	Гарантія якості, безпека	Міжнародна сертифікація, відповідність екологічним нормам
4	Економічна ефективність	Зменшення витрат	Оптимізація витрат на експлуатацію та енергозбереження

Після визначення ключових переваг товару створюється трирівнева модель товару, яка дає змогу чітко структурувати його пропозицію для споживачів та демонструє всі рівні цінності продукту.

Таблиця 4.19 – Опис трьох рівнів моделі товару

Рівні товару	Сутність та складові
I. Товар за задумом	Опис базової потреби, яку задовольняє товар, та його основної функціональної вигоди:
	- Автоматизація виробничих процесів.
	- Забезпечення високої точності і продуктивності.

II. Товар у реальному виконанні	Властивості/характеристики:
	- Технологічність: сучасні матеріали та програмне забезпечення.
	- Енергозбереження та економічність.
	- Якість: відповідність ISO, екологічні стандарти.
	- Пакування: ергономічне, екологічне, з інформацією про товар.
III. Товар із підкріпленням	- Марка: фірмовий стиль, назва організації-розробника та товару.
	До продажу:
	- Гарантійне обслуговування.
	- Доставка та встановлення.
	Після продажу:
	- Сервісне обслуговування. - Консультаційна підтримка.

Захист від копіювання

Для захисту товару від копіювання передбачаються такі заходи:

- Захист інтелектуальної власності (патенти, авторські права).
- Використання ноу-хау, що забезпечують унікальність продукту.
- Комплексна система характеристик на другому та третьому рівнях товару,

яка є складною для повторення конкурентами.

4.5.2 Визначення цінових меж

У процесі розробки маркетингової програми важливо встановити межі ціни на товар, оскільки це дозволяє знайти оптимальний баланс між конкурентоспроможністю товару та можливістю задоволення платоспроможності цільової групи споживачів. На цьому етапі проводиться аналіз рівня цін на товари-аналоги та товари-замінники, а також досліджуються доходи потенційних споживачів.

						Арк.
						71
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 4.20 – Визначення меж встановлення ціни

Рівень цін на товари-замінники	Рівень цін на товари-аналоги	Рівень доходів цільової групи споживачів	Верхня та нижня межі встановлення ціни на товар/послугу
15 000 грн	75 000-130 000 грн	500 000-1 000 000 грн	60 000-80 000 грн

4.5.3 Формування оптимальної системи збуту для підводного дрону

На цьому етапі розробки підводного дрону важливо створити ефективну систему збуту, яка враховує специфіку товару, потреби кінцевих споживачів та ринкові умови. (Табл.4.21.)

Вибір стратегії збуту має бути продиктований такими чинниками:

1. Рішення щодо використання власних ресурсів чи залучення посередників. Для забезпечення швидкої доставки та контролю якості обслуговування оптимальною є побудова власної мережі збуту через онлайн-платформи
2. Оптимальна глибина каналу збуту. Враховуючи технічну складність підводного дрону та вимоги до персоналізованого сервісу, канал збуту може бути дво- або трирівневим.
3. Вибір і обґрунтування виду посередників. У випадку оптових закупівель для великих підприємств або компаній, що займаються морськими дослідженнями, доцільно використовувати дистриб'юторів та роздрібні мережі.

№ п/п	Специфіка закупівельної поведінки цільових клієнтів	Функції збуту, які має виконувати постачальник товару	Глибина каналу збуту	Оптимальна система збуту
1	Орієнтація на швидкість доставки	Доставка до кінцевого споживача, гарантійне обслуговування	Однорівневий	Власна мережа збуту через онлайн-платформу
2	Потреба у персоналізованому сервісі	Консультації, монтаж, сервіс	Дворівневий	Залучення дилерів для монтажу та підтримки
3	Масова закупівля оптовими клієнтами	Складування, логістика	Трирівневий	Використання дистриб'юторів та роздрібних мереж

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Арк.
					72

Вибір такої стратегії збуту для підводного дрону гарантує максимальну ефективність і задоволення потреб цільової аудиторії, що дозволить покращити конкурентні позиції на ринку.

4.5.4 Розроблення концепції маркетингових комунікацій для підводного дрону

Останнім етапом розробки маркетингової програми є створення концепції маркетингових комунікацій для підводного дрону. Цей процес ґрунтується на аналізі цільової аудиторії та стратегії позиціонування, що була визначена раніше. Основними елементами концепції є вибір каналів комунікацій, ключових позицій для позиціонування, завдань рекламного повідомлення та розробка концепції рекламного звернення.

Таблиця 4.22. – Концепція маркетингових комунікацій для підводного дрону

№ п/п	Специфіка поведінки цільових клієнтів	Канали комунікацій, якими користуються цільові клієнти	Ключові позиції, обрані для позиціонування	Завдання рекламного повідомлення	Концепція рекламного звернення
1	Орієнтація на інноваційні технології, точність	Спеціалізовані форуми, професійні конференції, соцмережі	Унікальність продукту, надійність	Інформування про інноваційні характеристики та функціональність	Підкреслення новаторських технологій і високої точності дрону
2	Потреба в забезпеченні безпеки та надійності	Огляди експертів, вебіари, електронна пошта	Висока якість, сертифікація, безпека	Демонстрація сертифікацій і стандартів безпеки	Рекламні повідомлення, що акцентують на безпеці і якості
3	Орієнтація на екологічність та ефективність	Онлайн-платформи, відеоогляди, блоги	Екологічність, економія енергії	Акцент на ефективність і екологічні переваги продукту	Візуальні матеріали, що підкреслюють екологічність та енергоефективність
4	Потреба в швидкій доставці та обслуговуванні	Рекламні банери, соцмережі, онлайн-магазини	Швидка доставка, доступність, підтримка	Оперативне інформування про можливості доставки та сервісу	Рекламні слогани про швидкість доставки та сервісне обслуговування

Ключові етапи роботи над концепцією:

1. Визначення основних каналів комунікацій, що відповідають поведінці цільової аудиторії. Для нашого підводного дрону основними каналами є професійні онлайн-платформи та соцмережі, де активно обговорюються інновації та технології.
2. Формулювання рекламних повідомлень, що чітко підкреслюють ключові переваги продукту. Акцент на екологічність, точність, інноваційні технології та надійність повинні стати основними темами рекламних матеріалів.
3. Створення креативного концепту, що вирізняє продукт серед конкурентів. Презентація дрону як технологічного лідера, з особливим акцентом на його унікальні характеристики та екологічність, дозволить залучити цільову аудиторію.

Висновки до розділу

У розділі узагальнено результати аналізу ринкових можливостей, конкурентного середовища та розробленої маркетингової програми для стартап-проєкту. Основні висновки:

1. Можливість ринкової комерціалізації проєкту
 - Проведений аналіз підтвердив наявність попиту на запропонований товар/послугу серед цільової аудиторії.
 - Динаміка розвитку ринку є позитивною, що свідчить про перспективність вибраної ніші.
 - Попередні розрахунки рентабельності підтверджують можливість отримання прибутку в умовах поточного ринку.
2. Перспективи впровадження проєкту
 - Проєкт має реальні шанси на успішне впровадження завдяки визначеним цільовим групам клієнтів, які мають виражену потребу у товарі.

						Арк.
						74
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Бар'єри входження на ринок оцінено як помірні, що забезпечує відносно простий старт.
- Конкурентоспроможність проекту є високою завдяки унікальним перевагам товару, таким як низька вартість, простота експлуатації та інноваційність.

3. Альтернатива впровадження проекту

- Найдоцільнішою стратегією є обрана альтернатива ринкової поведінки, яка передбачає:
 - Орієнтацію на конкурентні переваги товару.
 - Використання оптимальної системи збуту.
 - Застосування ефективних маркетингових комунікацій.

4. Подальша імплементація проекту

- Аналіз підтвердив доцільність подальшої реалізації проекту.
- Наступним етапом є проведення фінансово-економічного аналізу для підтвердження інвестиційної привабливості та визначення фінансових показників.

Висновок: Проект має значний потенціал для успішної ринкової реалізації.

Дотримання розробленої стратегії, яка враховує особливості ринкового середовища, потреби клієнтів та конкурентну ситуацію, є запорукою успіху

						Арк.
						75
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВОК

У роботі розглянуто конструктивні зміни та вдосконалення підводного дрона з акцентом на гідродинамічні властивості, систему рушіїв і керування. Завдяки моделюванню в SolidWorks Flow Simulation оптимізовано геометрію корпусу: його довжину скорочено на 110 мм, що покращило маневровість і зменшило опір води.

Система рушіїв модернізована шляхом заміни двох двигунів у задній частині на один у хвостовій, що підвищило енергоефективність і спростило конструкцію. Для приводу гвинта використано двигун Maxon EC 32 Flat, який забезпечує стабільну роботу і високу керованість.

Алгоритми системи керування дрона адаптовано до специфіки підводного середовища, що підтверджено результатами симуляції. Це гарантує точність маневрування, контроль глибини і стійкість дрона в умовах реального занурення.

Розроблений дрон демонструє високу ефективність і перспективність у дослідницьких, промислових та рятувальних місіях, а також створює основу для подальших вдосконалень автономних підводних апаратів.

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		76

СПИСОК ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Стаття "Гідролокація та підводні дрони" [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://kontrakty.ua/article/234332>.
2. Стаття присвячена підводним дронам [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://wondertech.ua/ua/blog/pidvodni-kvadrokopteri-novinki?>.
3. сторінка на офіційному сайті Океанографічної установи Вудс-Гоул (Woods Hole Oceanographic Institution, WHOI) присвячена підводному апарату REMUS 3000 [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www2.whoi.edu/site/osl/vehicles/remus-3000/>:
<https://www.marineinsight.com>
4. Опис продукту на сайті компанії. Сторінка присвячена моделі підводного дрона BlueROV2 Heavy від компанії Blue Robotics [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://cyprus-subsea.com/blue-robotics-bluerov2-heavy/>.
5. Стаття, присвячена пропозиції від команди Boeing для участі у другій фазі конкурсу ВМС США (U.S. Navy) на розробку великого безпілотного підводного апарату (XLUUV). видання: Naval News. [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.navalnews.com/event-news/sna-2019/2019/01/boeing-orca-xluuv-team-submitted-proposal-for-phase-ii-of-u-s-navy-competition/#prettyPhoto>.

						Арк.
						77
ЗМН.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

6. Технічна сторінка на офіційному вебсайті компанії "Maxon EC Flat Motors: Technical Specifications and Applications" сторінка присвячена опису технічних характеристик і сфер застосування безщіткових плоских двигунів ЕС від Maxon. [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: 4. Maxon Group. (2024). \"Maxon EC Flat Motors: Technical Specifications and Applications.\" <https://www.maxongroup.com>.
7. Стаття, опублікована на сайті Укрінформ. У статті описано підводний робот-дрон із штучним інтелектом, представлений у Китаї. [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.ukrinform.ua/rubric-technology/3798194-u-kitai-predstavili-pidvodnij-robotdron-zi-stucnim-intelektom.html>.

									Арк.
									78
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					