

## Магістерська дисертація

на тему: Біоподібний підводний мікроробот

---

---

Київ – 2019 рік

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ  
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

Приладобудівний факультет

Кафедра приладобудування

«На правах рукопису»  
УДК \_\_\_\_\_

«До захисту допущено»  
В.О. Завідувача кафедри  
Киричук.Ю.В.  
(підпис)

“ \_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

**Магістерська дисертація**

зі спеціальності

на тему: Біоподібний підводний мікроробот

Виконав: студент  2  курсу, групи  ПМ-81мп   
(шифр групи)

Брацлавський Тимофій Вячеславович \_\_\_\_\_ (підпис)  
(прізвище, ім'я, по батькові)

Науковий керівник доцент, к.т.н, Дубінець В.І. \_\_\_\_\_ (підпис)  
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

Консультант стартап-проект \_\_\_\_\_ (підпис)  
(назва розділу) (науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ініціали)

Консультант \_\_\_\_\_ (підпис)  
(назва розділу) (науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ініціали)

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

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

Студент \_\_\_\_\_

(підпис)

Київ – 2019 року  
**ВІДОМІСТЬ МАГІСТЕРСЬКОЇ ДИСЕРТАЦІЇ**

№ з/п	Формат	Позначення	Найменування	Кількість листів	Примітка
1	A4		Завдання на магістерську дисертацію	2	
2	A4	МД ПМ-81мп.02 ПЗ	Текстовий матеріал	100	
3	A1	МД ПМ-81мп.02 СХ	Схеми	2	
4	A1	МД ПМ-81мп.02 Ск	Складальні кресленики	2 (3)	
5	A1	МД ПМ-81мп. 02 КХ	Кресленик деталей	1	
6	A1	МД ПМ-81мп. 02 ГХ	Графіки	1 (2)	
7	A1		Презентаційний аркуш	1	

				МД ПМ-81мп.02.ВД		
	ПІБ	Підп.	Дата	Відомість дипломного проекту	Лист	Листів
Розробн.	Брацлав. Т.				1	1
Н. Керівн.	Дубінець				КПІ ім. Ігоря Сікорського Каф. ПБ Гр. ПМ-81мп	
Консульт.						
Н/контр.						
Зав.каф.	Киричук					

**Національний технічний університет України  
«Київський політехнічний інститут  
імені Ігоря Сікорського»**

Приладобудівний факультет

Кафедра приладобудування

Рівень вищої освіти – другий (магістерський) за освітньо-професійною програмою

Спеціальність \_\_\_\_\_

**ЗАТВЕРДЖУЮ**  
Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ (підпис) \_\_\_\_\_ (ініціали, прізвище)

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

**ЗАВДАННЯ**

**на магістерську дисертацію студенту**

\_\_\_\_\_ (прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема дисертації \_\_\_\_\_

науковий керівник магістерської дисертації

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

затверджені наказом по університету від «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р. № \_\_\_\_\_

2. Строк подання студентом дисертації \_\_\_\_\_

3. Перелік завдань, які потрібно розробити \_\_\_\_\_

4. Перелік графічного (ілюстративного) матеріалу \_\_\_\_\_

5. Орієнтовний перелік публікацій \_\_\_\_\_



## **РЕФЕРАТ БІОПОДІБНИЙ ПІДВОДНИЙ МІКРОРОБОТ**

Об'єктом проектування є АПМА.

Мета роботи – спроектувати АПМА, менший за світові аналоги.

В ході виконання роботи був розроблен підводний мікроапарат, який має рушій у формі хвоста. Складена математична модель підводного мікроробота та проведені експериментальні дослідження у системі Matlab Simulink. Розраховані плавучість цього апарату, опір води на рух, міцність. За отриманими даними був виконаний підбір приладів та пристроїв для цього апарату.

**ABSTRACT**  
**BOPODI UNDERWATER MICROROBOT**

Association the object of design is APMA.

The purpose of the work is to design APMA, less than world analogues.

During the execution of work was developed an underwater microapproach that has propulsion in the form of HST. A mathematical model of an underwater micro-robot has been drawn up and experimental studies have been carried out in the Matlab Simulink system. The buoyancy of this device, the resistance of water to movement, strength are calculated. According to the obtained data, the selection of devices and devices for this device was performed.

## ЗМІСТ

Зміст.....	7
Перелік умовних позначень, символів і скорочень .....	9
Вступ.....	10
1. Огляд та аналіз матеріалів за темою магістерської дисертації .....	12
1.1. Класифікація й призначення підводних роботів .....	12
1.2. світові розробники мікророботів.....	18
1.3. Приклади морської робототехніки військового і спеціального призначення .....	20
1.4. АПМА на біонічних принципах .....	23
2. Проектно-конструкторський розділ.....	26
2.1. Загальна характеристика підводних мікророботів і умов їх експлуатації.....	26
2.2. Принципи побудови сучасних систем керування апма .....	28
2.2.1. Склад АПМА як об'єкта керування .....	28
2.2.2. Класифікація систем керування АПМА .....	29
2.2.3. Структура системи автоматичного керування рухом АПМА.....	30
2.3. Аналіз режимів керованого руху підводного апарата.....	32
2.3.1. Характеристика АПМА як об'єкта керування.....	33
2.3.2. Стабілізація траєкторного руху .....	34
2.3.3. Рух при обстеженні підводних об'єктів і областей підводного Простору.....	35
2.4 Математична модель підводного мікроробота .....	37
2.5. Результати моделювання.....	40
2.5. Конструкція підводного мікроробота .....	42

Зм.	Арк.	№ док.им.	Підпис	Дата





## ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ І СКОРОЧЕНЬ

**НПА** – незаселений підводний апарат.

**ТНПА** – телекеровані незаселений підводний апарат.

**АНПА** – автономний незаселений підводний апарат.

**АПМА** – автономний підводний мікроапарат.

**ІПМТ** – інститут проблем морських технологій.

**SSAM** – Small Synthetic Aperture Minehunter.

**ПА** – підводний апарат.

**РРС** – рушійно-рульова система.

**ІС** – інформаційна (сенсорна) система.

**КС** – комунікаційна система.

**САК** – система автоматичного керування.

					МД.ПМ – 81мп.02.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		9





















підрозділ компанії Nekton Research LLC спільно з університетом Дьюка (США). Мікроапарати довжиною 5-20 см призначені для відпрацювання концепцій застосування угруповань з мініатюрних підводних роботів для виявлення цілей, цілевказівки і наведення торпедної зброї, а також моніторингу властивостей водного середовища (вимірювання температури, солоності тощо). Один з діючих макетів, призначених для оглядово-пошукових робіт, має довжину 20 см, діаметр корпусу ~ 5 см, глибину занурення до 100 м і розвиває швидкість до 2 вузлів. До складу системи енергозабезпечення входить акумуляторна батарея типу АА, що забезпечує автономність плавання в межах 3 годин, що відповідає дальності ходу до 10 км. Самий мініатюрний апарат серії MicroHunter з дальністю дії близько 30 км має довжину всього 5 см і масу близько 5 кг. В своїх розробках Nekton Research LLC застосувала ряд оригінальних конструкторських рішень, що забезпечили високу маневреність MicroHunter. Крім того, вбудовані в них системи керування дозволяють ефективно застосовувати досить велике угруповання MicroHunter (більше 30 мікроапаратів) для вирішення завдань збору тривимірної інформації про підводні об'єкти[1].

					МД.ПМ – 81мп.02.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		19





600» має батарею з енергією більше ніж  $5,4 \cdot \text{кВт} \cdot \text{год}$  (в одному модулі). Використовуючи вільне місце корисного навантаження (тобто видаляючи SSAM), можна розмістити ще два додаткових модуля батареї, довівши запасені енергію до  $16,2 \text{ кВт} \cdot \text{г}$ , що дозволить збільшити дальність ходу до 280 миль і автономність плавання - до декількох діб. Досвід експлуатації в бойових умовах системи Mk 18 Mod.0 «Skulpin» привів до рішення про її модернізацію. Нова модифікація - Mk 18 Mod. 1 «Swordfish» масою 43 кг призначена для збору гідрологічної та батиметричної інформації, а також для розкриття системи інженерних загороджень протидесантної оборони противника в прибережній смузі на глибинах від 3 до 12 м. З 2008 року на озброєнні складаються дев'ять комплектів цієї системи з 27 адаптованими варіантами АНПА «Remus-100» - АСАТ IV-Т Mk 14 Mod 0 SAHRV. Завдяки високим тактико-технічними характеристиками переносні АНПА зазначених типів широко використовуються не тільки в ВМС США, а й у флотах Великобританії, Німеччини, Італії, Нідерландів, Бельгії, Норвегії, Швеції, Фінляндії, Естонії, Сінгапуру, Австралії і Нової Зеландії [4].

					МД.ПМ – 81мп.02.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ док.им.	Підпис	Дата		22

#### 1.4. АПМА НА БІОНІЧНИХ ПРИНЦИПАХ

Істотна частина проектів перспективних АПМА розробляється на основі біонічних підходів. Великий обсяг наукових досліджень по створенню мініатюрних підводних роботів проводиться в рамках американської комплексної програми "Підводні роботи на біомімікрічних принципах" (Biomimetic Underwater Robot) ". Керує цією програмою Центр морських наук (Marine Science Center) Північно-східного університету (Бостон) на замовлення DARPA (в особі її відділу оборонних наук DSO) і Відділу наукових досліджень ВМС США (ONR). Основна мета програми - створення повністю автономних підводних роботів, що імітують принципи руху морських біологічних об'єктів. Очікується, що отримані результати знайдуть широке застосування при вирішенні різного роду завдань, наприклад: виявлення донних (в тому числі і замулених) хвиль на мілководді; проведення оглядових-інспекційних робіт; збір інформації з автономних донних станцій; освітлення підводної обстановки; підтримка аварійно-рятувальних і оглядово-пошукових робіт; організація гідроакустичного зв'язку з підводними човнами та іншими підводними технічними засобами. В ході реалізації програми Biomimetic Underwater Robot були розроблені макетні зразки мініатюрних підводних роботів "Робот-лобстер" (Lobster Robot) і "Робот-мінога" (Undulatory Robot) (рис.18). Ці розробки проводились за фінансової підтримки DARPA (Відділ оборонних наук) і ONR.

В іншій науково-дослідницькій організації США - лабораторії Дрейпера (Draper Laboratory) інтенсивно ведуться дослідження зі створення незаселених підводних апаратів підвищеної маневреності. Передбачається, що на основі технічної імітації руху риб будуть створені Підводні апарати, що володіють малим радіусом розвороту, істотно скороченим часом розгону і гальмування. Робот-риба має масу 130-150 кг, довжину ~ 2,4 м і може розвивати швидкість до 5 км / год. В ході численних випробувань в закритому басейні Нью-хемпширською університету і в відкритих акваторіях

Зм.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата











## 2.2. ПРИНЦИПИ ПОБУДОВИ СУЧАСНИХ СИСТЕМ КЕРУВАННЯ АПМА

### 2.2.1. СКЛАД АПМА ЯК ОБ'ЄКТА КЕРУВАННЯ

Підводний мікроробот можна уявити як складний об'єкт автоматичного керування, що складається з наступних складових елементів[5]:

- корпус АПМА як тверде тіло, що рухається в воді;
- рушійно-рульова система (PPC);
- інформаційна (сенсорна) система (IC);
- система автоматичного керування рухом;
- комунікаційна система (КС).

Архітектура АПМА як керованого рухомого об'єкта приведена на рис.

2.1.

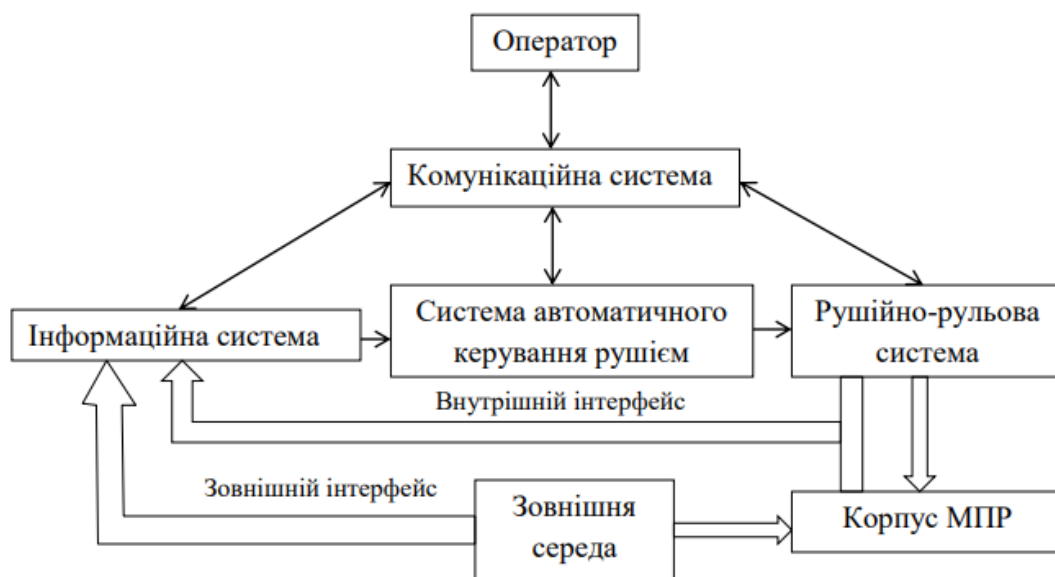


Рисунок 2.1. Архітектура АПМА як керованого підводного рухомого об'єкта

Елементи ІС включають датчики внутрішньої інформації про поточні параметри механізмів PPC, датчики інформації про просторові параметри руху і датчики для вимірювання параметрів зовнішнього середовища. До першої групи сенсорів відносяться датчики частоти коливань біоподібного





САК по кожній керованій осі руху як функції часу або відповідних контрольованих змінних - параметрів керованого руху.

Локальний рівень служить для автоматичного керування окремими виконавчими механізмами, які забезпечують керований рух АПМА у водній товщі.

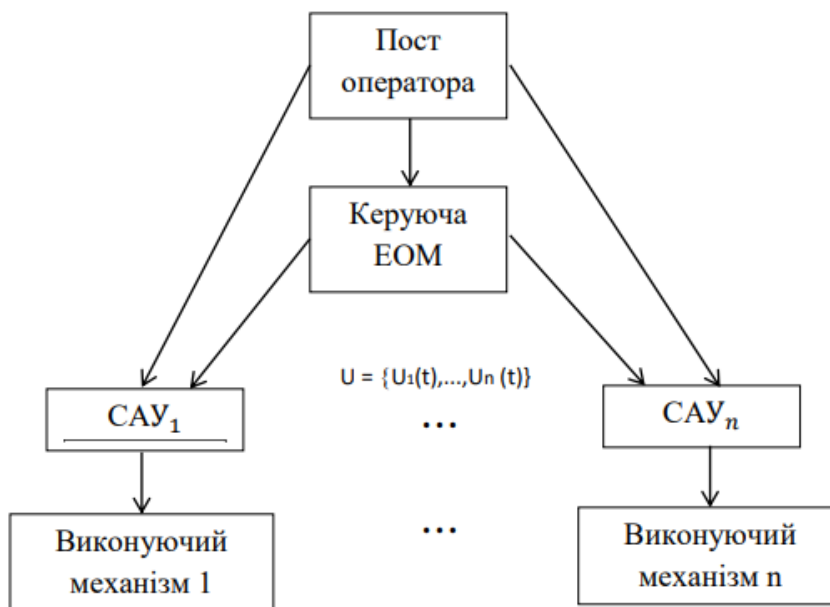


Рис. 2.2 - Структура багаторівневої ієрархічної розподіленої системи автоматичного керування рухом АПМА

Таким чином, сучасні системи керування просторовим рухом АПМА будуються, як правило, як багатоканальні, причому кожен канал (тракт) забезпечує керування окремим параметром просторового руху - глибиною, курсом, диферентом.



## 2.3. АНАЛІЗ РЕЖИМІВ КЕРОВАНОГО РУХУ ПІДВОДНОГО АПАРАТА

Класифікація АПМА, наведена в п. 2.1, обумовлює режими керованого руху АПМА різних типів. При всьому різноманітті функцій і умов роботи АПМА, ці режими можуть бути зведені до кількох типових варіантів. Типові режими просторового руху ПА показані на рис. 2.3.

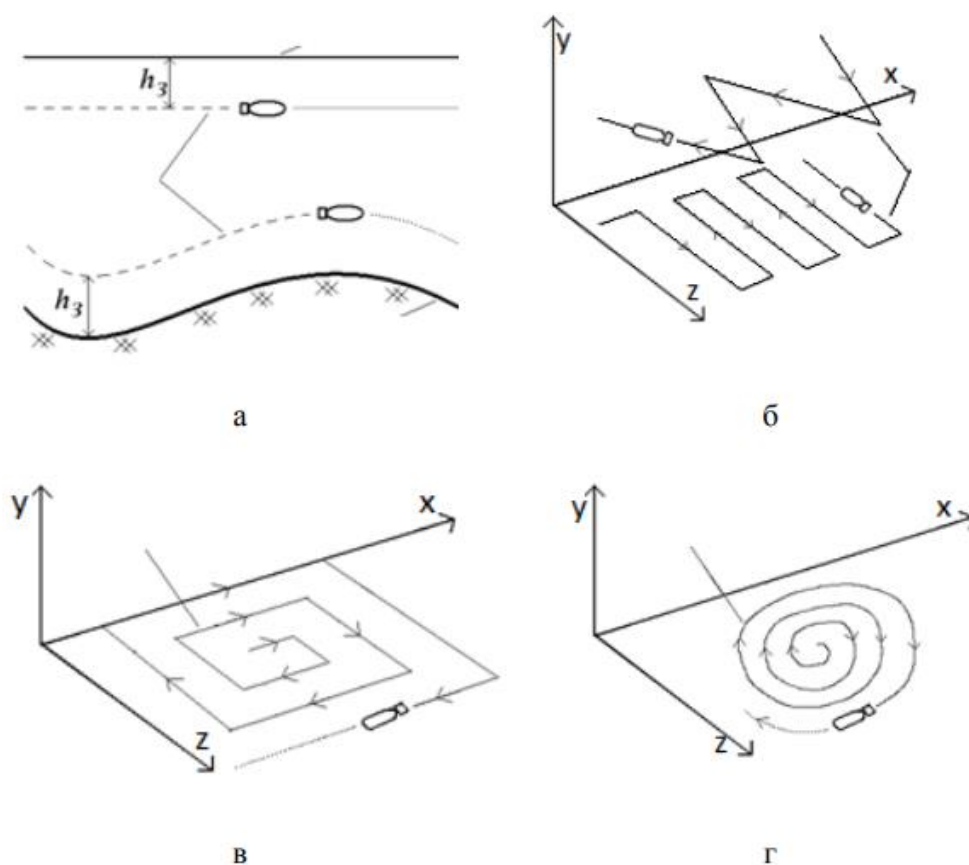


Рисунок 2.3 – Типові режими просторового руху ПА

Можна відзначити наступні типові режими траєкторного руху АПМА, що визначають вимоги до їх систем автоматичного керування:

- по прямій - зі стабілізацією на курсі, глибині, висоті над ґрунтом;
- гаслами - трикутними, прямокутними;
- по плоскій кривій - по спіралі, по кусково-ламаний траєкторії;
- вздовж досліджуваного об'єкта - рух по кривій з контролем відстані;

- вздовж трубопроводу - стабілізація висоти над підводним об'єктом і на траєкторії;
- уздовж вертикальних конструкцій - рух уздовж опор морських стаціонарних платформ;
- просторове рух в обмежених навігаційних умовах тощо.

Особливістю сучасних підводних роботів є зміна їх параметрів як твердих тіл в потоках води під час експлуатації. До найбільш поширених випадків відносяться зміна маси підводного робота і зміна коефіцієнтів гідродинамічного опору, яке має місце при доставці на морське дно корисного вантажу або зміні маніпуляторів, антен і т. д. Тому САК для сучасних підводних роботів повинні бути орієнтовані на можливість роботи в умовах змінних параметрів самих роботів.

### 2.3.1. ХАРАКТЕРИСТИКА АПМА ЯК ОБ'ЄКТА КЕРУВАННЯ

Автономний підводний мікроапарат можна уявити як тверде тривимірне тіло в потоці рідини, до якого додані такі види сил:

- сили гідродинамічної природи  $R_{x,y,z}$ , які виникають на корпусі АПМА при його русі;
- сила тяжіння АПМА  $G$  і сила плавучості (сила Архімеда)  $A$ ;
- збуджуючі сили, що діють на корпус АПМА і окремі його елементи (наприклад, підводні течії, хвилювання) сили упорів двигунів  $T_{x, y, z}$  АПМА.

Усталений рух АПМА в базовій системі координат представляють рівняннями виду:

$$\begin{aligned} \dot{x}_0 &= v(u) \cos \varphi(u) \cos \psi(u) + v_{Tx}; \\ \dot{y}_0 &= v(u) \cos \psi(u) \sin \varphi(u) + v_{Ty}; \\ \dot{z}_0 &= v(u) \sin \psi(u) + v_{Tz}. \end{aligned} \quad (2.1)$$

Де -  $\dot{x}_0, \dot{y}_0, \dot{z}_0$  проекції вектора швидкості  $\vec{v}$  руху АПМА на відповідні осі базової системи координат;

$\varphi$  - курс АПМА;

Зм.	Док.	№ док.	Підпис	Дата



$$\Delta = \sum \sqrt{(X_{kII} - X_{k3})^2 + (Y_{kII} - Y_{k3})^2} \Rightarrow \min \quad (2.2)$$

або з мінімальною довжиною траєкторії

$$S = \sum \sqrt{(X_{kII}(t_k) - X_{k3}(t_{k-1}))^2 + (Y_{kII}(t_k) - Y_{k3}(t_{k-1}))^2} \Rightarrow \min \quad (2.3)$$

В цьому режимі САК руху АПМА забезпечує обхід заданих точок підводного простору  $W_3$  послідовно або по довільному контуру.

Спілкування алгоритмів керування виконує наступні функції: формує програму траєкторію руху, виходячи з пріоритетів завдання і оцінки поточної підводного навігаційної ситуації; контроль умов виконання корекції курсу АПМА при його русі до наступної точки  $W_{k3} = \{X_{k3}, Y_{k3}\}$ , і при переході на наступний галс; контроль інтервалів часу, відведених на окремі фрагменти програми.

При формуванні умов переходів до наступного фрагменту програми використовують: число заданих точок безлічі  $W_3$ , радіус  $\Delta$  околиця точки цілі, що характеризує точність роботи закону корекції, допустимі значення кута пеленга на ціль і інтервалу часу на виконання фрагмента руху.

### 2.3.3. РУХ ПРИ ОБСТЕЖЕННІ ПІДВОДНИХ ОБ'ЄКТІВ І ОБЛАСТЕЙ ПІДВОДНОГО ПРОСТОРУ

Цей вид руху є кінцевим етапом пошуку підводних об'єктів і його характерними завданнями керування є:

- маневрування АПМА поблизу об'єкта з малою змінною швидкістю і корекцією курсу і глибини з метою визначення його загального просторового розташування та підводної навігаційної обстановки поблизу нього;
- підхід до об'єкта з малою змінною швидкістю і курсом для визначення зон обстеження;
- зближення на малій швидкості з об'єктом на дистанції  $d_3$ , на якій працюють бортові системи технічного зору та апаратура корисного вантажу АПМА;

Зм.	Док.	№ док.	Підпис	Дата



Аналогічно організовується керування АПМА при обході об'єкта по контуру.

## 2.4 МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ПІДВОДНОГО МІКРОРОБОТА

В якості розрахункової схеми математичної моделі переміщення біоподібного підводного мікроробота в горизонтальній площині була прийнята кінематична схема, представлена на рис 2.3.

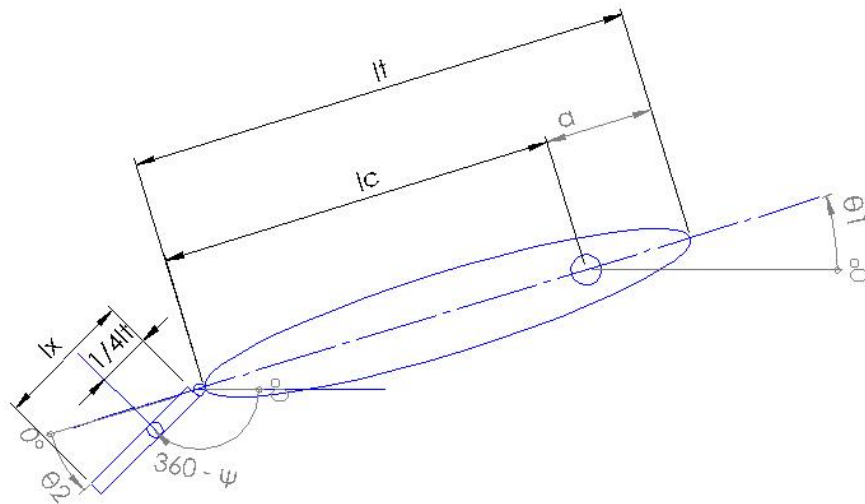


Рисунок 2.3. Розрахункова схема біонічного плаваючого робота в горизонтальній площині:  $X$ - $Y$  - прямокутна інерціальна система координат;  $l_T$  - довжина «тіла» робота;  $l_C$  - довжина хвостового стебла;  $l_T$  - довжина хвостового плавника;  $C_T$  - точка, відповідна центру мас «тіла» робота;  $V$  - вектор абсолютної швидкості центру мас;  $V_q$  - вектор лінійної швидкості точки хвостового плавника, віддаленої на відстані  $1/4$  його довжини від осі обертання;  $\theta$  - кутова координата центральної поздовжньої осьовій лінії тіла робота;  $\theta_1$  - відносний кут повороту хвостового плавника відповідно навколо своїх осей обертання;  $\psi$  - абсолютна кутова координати положення хвостового плавника;  $F_T$  - вектор сили тяги, що виникає при обертальному русі хвостового плавника;  $F_{\text{сopr}}$  - вектор сили опору руху тіла робота.







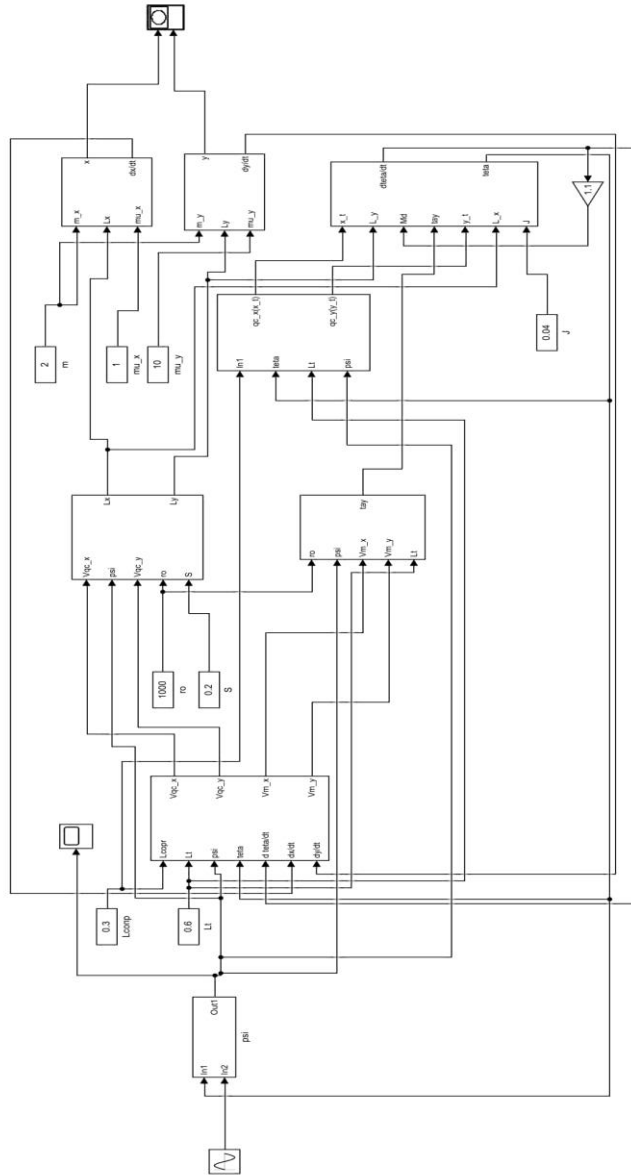


Рисунок 2.2. Модель досліджуваної системи в середовищі MATLAB / Simulink

### 2.4.1. РЕЗУЛЬТАТИ МОДЕЛЮВАННЯ

Як приклад розглянемо задачу розвороту корпусу робота-риби в процесі «прямолінійного» руху на  $180^\circ$ . З цією метою поставимо закон зміни відносного кута повороту хвостового руцця у вигляді напівхвилі синусоїди, графік якої представлений на рис. 2.2.1.

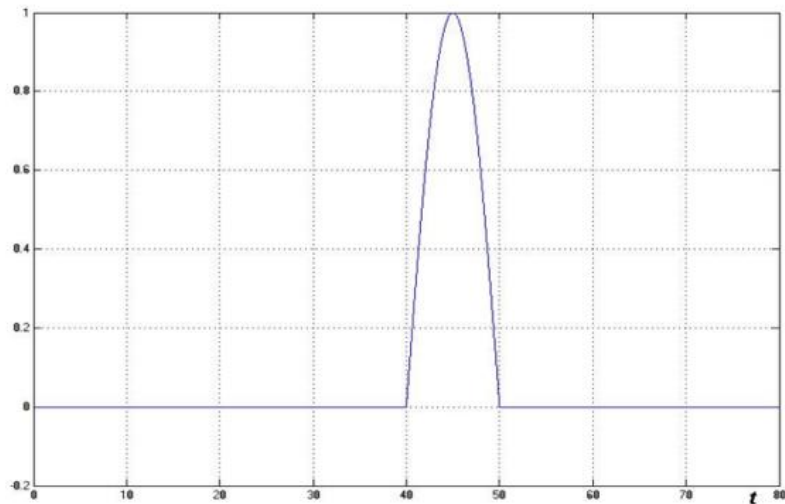


Рисунок 2.2.1. Закон зміни відносного кута повороту хвостового руцця у вигляді напівхвилі синусоїди

Траєкторія такого руху і розвороту на  $180^\circ$  робота-риби за 80 секунд представлена на рис. 2.2.2. Як видно з аналізу отриманої траєкторії, розворот корпусу відбувається з малим радіусом, без істотного занесення і спотворення траєкторії.

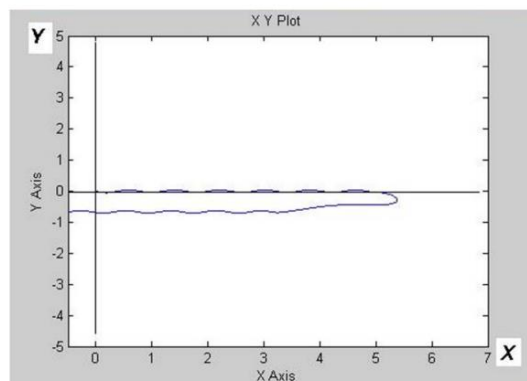


Рисунок 2.2.2. Отримана траєкторія роботи при розвороті

Вибір чисельного методу комп'ютерного моделювання, його точності, інтервалу часу рахунки та інших необхідних параметрів здійснюється за допомогою стандартних меню середовища Simulink.

В ході комп'ютерного імітаційного моделювання було досліджено вплив параметрів математичної моделі конструкції розроблюваного робота-риби на його функціональні та динамічні характеристики.

Зм.	Док.	№ док.им.	Підпис	Дата

Однією з найважливіших кінематичних характеристик мобільного робота, з точки зору оцінки його динамічної ефективності, є швидкість плавання. Найбільший вплив на швидкість плавання надають частота коливань хвостового плавника, маса робота і площа бічної поверхні хвостового плавника: чим більше частота коливань і площа хвоста і менше маса робота, тим більше швидкість його поступального руху в горизонтальній площині.

## 2.5. КОНСТРУКЦІЯ ПІДВОДНОГО МІКРОРОБОТА

За результатами моделювання обираємо прилади та пристрої, що забезпечують роботу АПМА. Як представлено у розділі 2.1 АПМА складається з наступних елементів:

- корпус АПМА як тверде тіло, що рухається в воді;
- рушійно-рульова система (PPC);
- інформаційна (сенсорна) система (IC);
- система автоматичного керування рухом;
- комунікаційна система (КС).

### 2.5.1. КОРПУС АПМА

Згідно міжнародній класифікацією підводних роботів, підводний мікроробот повинен бути не більшим за 600 мм у довжину та 150 мм за діаметром, а також згідно технічному завданню підводний робот повинен мати спроможність занурюватись на глибину не менш ніж на 50м.

Використовуючи ці данні розрахуємо міцність корпусу при умові, що він буде виготовлений з скловолокнистого пластику, який має наступні параметри:

- коефіцієнт Пуассона 0.257;
- модуль Юнга 75 ГПа.

Скориставшись онлайн програмою для розрахунку міцності – отримуємо наступні результати (рис. 2.3)[7]:

					МД.ПМ – 81мп.02.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ док.им.	Підпис	Дата		42



- нерухої платформи;
- п'єзодвигуна, жорстко закріпленого на нерухомій платформі;
- вала, який передає кут повороту з п'єзодвигуна на біоподібний рушій;
- віделка, яка передає поворот з валу на біоподібний рушій;
- накладку, яка з'єднує вал та віделку;
- біоподібного хвіста, який виступає у ролі рушія підводного мікроапарату.

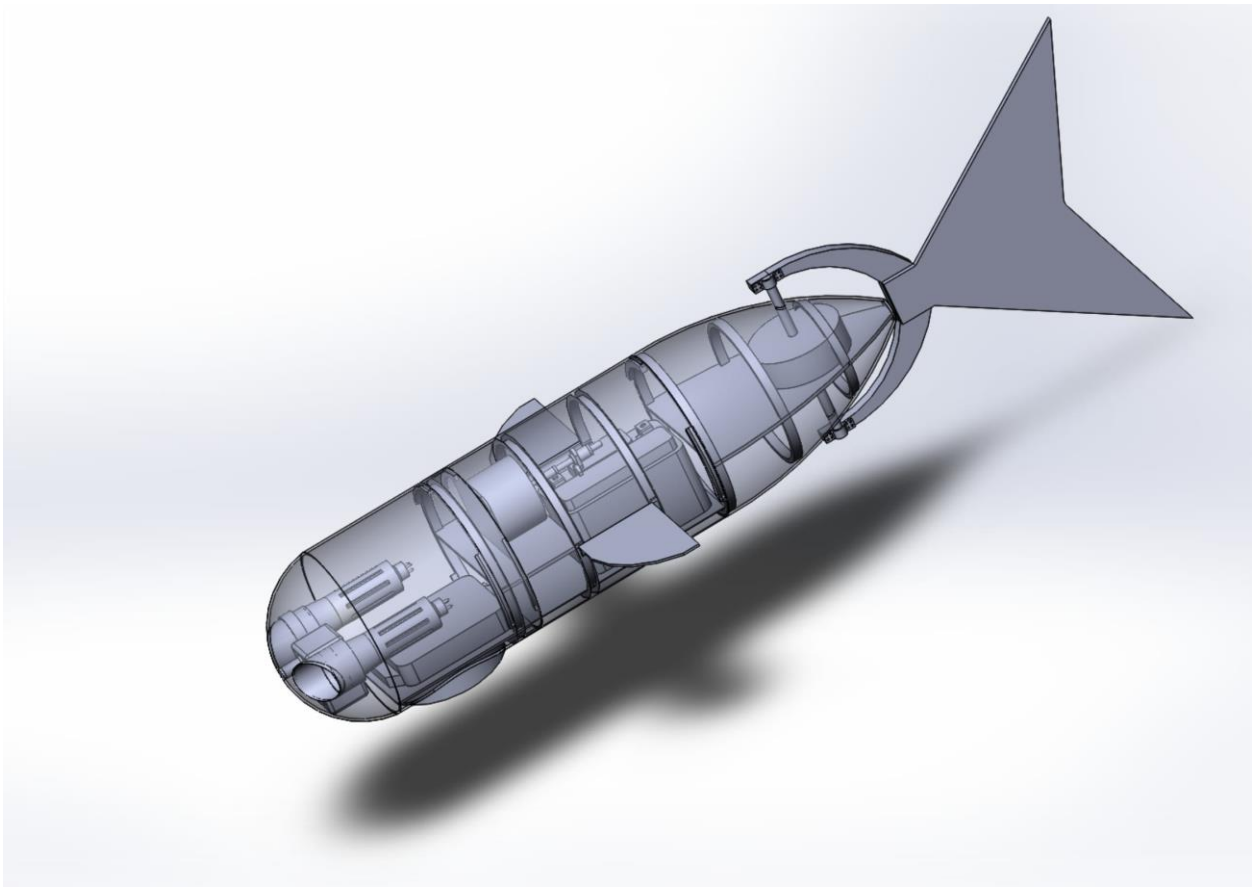


Рисунок 2.4. Автономний підводний мікроапарат

Зм.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата

МД.ПМ – 81мп.02.ПЗ

Арк.

44

## 2.5.2. РУШІЙНО-РУЛЬОВА СИСТЕМА

Рушійна рульова система складається з двох підсистем.

Перша система відповідає за рух підводного мікроробота у горизонтальній площині. Вона складається з наступних елементів:

- П'єзодвигун - створює крутний момент, який через систему з'єднань передається на хвостову пластину;
- Вал – передає крутний момент з п'єзодвигуна на виделку ;
- Накладка з'єднує виделку та вал;
- Виделка передає крутний момент з валу на хвостову пластину;
- Хвостова пластина – приймає крутний момент, починає рухатись за синусоїдною траєкторією, імітую коливальний рух хвоста риби, тим саме приводячи в рух підводний мікроробот.

### 2.5.2.1. ВИБІР П'ЄЗОДВИГУНА

PM-28 R п'єзодвигун, виконаний згідно з патентом України №20182. Області використання: силовий привід у точному приладобудуванні. Технічні характеристики приведені у таблиці 2.1.

Низькошвидкісний, прецизійний, безшумний, п'єзоелектричний ультразвуковий мотор PM-28R реверсивного обертання призначений для формування як безперервної, так і крокового режимів обертання, а також точного кутового позиціонування. Коли двигун знеструмлений, він працює як зберігач положення. Двигун виконаний в єдиному металевому корпусі, він з'єднується з драйвером через спеціальний кабель. Керування двигуном здійснюється за допомогою драйвера "RM". Зазначені технічні характеристики дозволяють створювати: жорсткі безззорні безредукторні електромеханічні виконавчі механізми з низькою швидкістю обертання і переміщень; електромеханічні пристрої, ефективно замінюють силові електроприводи, електромагнітні та інші електромеханічні пристрої. [13]

Таблиця 2.1. Технічні характеристики п'єзодвигуна

Максимальний момент	12,0 кг*см
---------------------	------------

Зм.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата

МД.ПМ – 81мп.02.ПЗ

Арк.  
45



Таблиця 2.2. Характеристики акумуляторного модуля

<b>Акумуляторний модуль</b>	
Тип акумуляторного блока	литтєво-йоний
Число блоків у модулі	1
Потужність	400 Вт
Плавуність	4,2 кг
Габаритні розміри	100x100x150 мм
Маса	4,5 кг

### 2.5.3. ІНФОРМАЦІЙНА (СЕНСОРНА) СИСТЕМА

Інформаційна група складається з датчиків та приладів, які виконують завдання моніторингу навколишнього середовища. До таких датчиків і приладів входять:

- Камера;
- Освітлювальна система;
- Навігаційна система (компас, датчик тиску, ехолот, сонар тощо);
- Система збору інформації про навколишнє середовище (лад, датчик температури тощо).

#### 2.5.3.1. ВИБІР КАМЕРИ

Гарним варіантом є камера, яка встановлена на підводний апарат ГНОМ, Sony Super HAD 2 CCD (рис.2.5), яка має наступні параметри (табл. 2.3.) [10]:

Таблиця 2.3. Параметри камери Sony Super HAD 2 CCD

Параметр	Значення параметру
Роздільна здатність	700 ТВЛ
Матриця	1/3" Interline Transfer CCD
Мінімальна чутливість	0.1 Лк (0.01 - ч/б режим)

Зм.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата

МД.ПМ – 81мп.02.ПЗ

Арк.

47



Об'єктив	3.6 мм/F2.0
Керування діафрагмою	Автоматичне
Фокусировка	Автоматична
Кут огляду	66°
Нахил камери	+/-50°
Розміри	25x25мм
Маса	14.6г
Робоча температура	-10°C – 50°C
Робоча вологість	20-80%



Рисунок 2.5. Камера Sony Super HAD 2 CCD.

Камера має малі масогабаритні розміри, високу чутливість і роздільну здатність, низьке енергоспоживання повністю відповідає технічному завданню.

### 2.5.3.2. ВИБІР ОСВІТЛЮВАЛЬНОЇ СИСТЕМИ

Першим варіантом є підводний галогенний світильник ГС-100 (рис. 2.6), його характеристики наведено у табл. 2.4[9].



Рисунок 2.6. Підводний галогенний світильник ГС-100

Зм.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата

МД.ПМ – 81мп.02.ПЗ

Арк.  
48



Максимальна глибина	250 м
Тип лампи	Світлодіодна
Живлення	18 В постійного току
Потужність	18 Вт
Маса	300 г
Максимальний діаметр	46 мм
Діаметр у точці закріплення	40 мм
Довжина з роз'ємом	70 мм
Світловий потік	2500 лм

Як ми бачимо світильник СДВС 7 є більш привабливим по всім параметрам окрім живлення, він живиться від постійного джерела струму з напругою 18 В, а попередній світильник міг житися від джерела струму з напругою 12 В. Але незважаючи на вказаний мінус та приймаючи інші позитивні характеристики, для підводного мікроробота будемо використовувати саме цей світильник.

Таким чином освітлювальна система буде складатися з 2 світильників типу СДВС 7, які будуть розташовані по бокам від камери і вмикатися лише у процесі з'йомки навколишнього середовища.

### 2.5.3.3. ВИБІР НАВІГАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ

В якості системи датчиків виступає датчик MPU-9250 (рис 2.7).

MPU-9250 - це 9-осьовий пристрій стеження за рухом, який об'єднує 3-осьовий гіроскоп, 3-осьовий акселерометр, 3-осьовий магнітометр і цифровий процесор Motion™ (DMP) в невеликому корпусі 3x3x1 мм.

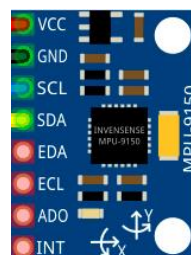






Рисунок 2.8. Датчик температури і тиску.

Датчик має наступні технічні характеристики:

- Робочий тиск до 15000 фунтів / кв. дюйм (1034 бар)
- Діапазон вимірювання температур від  $-29^{\circ}\text{C}$  до  $135^{\circ}\text{C}$
- Конструкційні матеріали: Зонд і матеріали, що контактують з робочим середовищем: сплав 625 (UNS N06625)
- Фланець: двофазний сплав згідно ASTM A182-F51 (10000 фт / кв. Дюйм) або сплав 925 (UNS N09925 (15000 фт / кв. Дюйм)
- Типи з'єднань: Нес'ємний фланець API 6A 6BX 2 1/16 ", PSL3, PR1

#### **2.5.4. СИСТЕМА АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ РУХОМ ТА КОМУНІКАЦІЙНА СИСТЕМА**

Intel Edison(рис. 2.9) - міні-комп'ютер з Linux на борту, базис для побудови нового світу речей заснованого на мережевій взаємодії один з одним[14].

Зм.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата

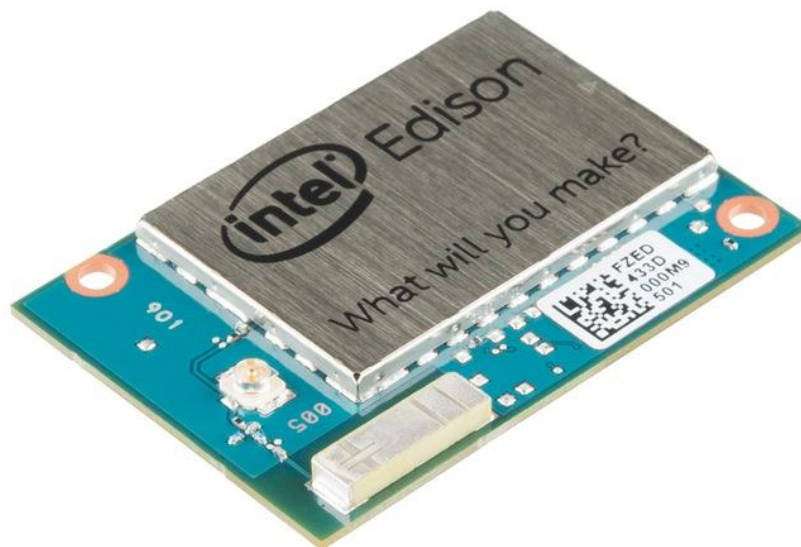


Рисунок 2.9. Міні-комп'ютер Intel Edison.

Специфікація модуля Intel Edison:

- Процесор: SoC «Tangier», включає в себе два ядра Intel Atom (Silvermont) processor (22nm) processor @ 500 MHz і 32-bit Intel Quark micro-controller @ 100 MHz
- Оперативна пам'ять: 1 GB LPDDR3 (PoP memory) - 2 channel 32bits @ 800MT / sec
- Пам'ять користувача: 4 GB eMMC (v4.51 spec) + роз'єм для micro SD карт
- Мережа: 802.11 a / b / g / n Wi-Fi (з підтримкою 5 ГГц, чіп Broadcom 43340) з вбудованою антеною або зовнішньої, і Bluetooth 4.0
- USB: один роз'єм micro USB
- Програмовані контакти:
  - 2x UART (1 full flow control, 1 Rx / Tx)
  - 2x I2C, 1x SPI with 2 chip selects
  - 1x I2S
  - 12x GPIO включаючи 4 контакту ШІМ (PWM)
- Підключення периферійних модулів: 70-контактний роз'єм (Hirose DF40 series - 1.5, 2.0, або 3.0 mm висоти стека)

Зм.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата

МД.ПМ – 81мп.02.ПЗ

Арк.

53

- Харчування: вхід від 3.3 до 4.5 V; вихід: 100mA @ 3.3V і 100 mA @ 1.8V
- Режими харчування: очікування (без радіопередачі): 13 mW; очікування (Bluetooth 4.0): 21.5 mW (BLE in Q4 2014 року); очікування (Wi-Fi): 35 mW.
- Розміри: 35.5 × 25.0 × 3.3 mm
- Температурний діапазон роботи: від 0 до 40 ° C

### Програмне забезпечення

Intel Edison включає в себе Intel Atom, який працює під версією Linux Yocto 1.6, і Quark MCU під ViperOS (усічений варіант VxWorks від Wind River). В інструменти розробника входить Arduino IDE, Eclipse з підтримкою C, C ++, підтримка Python і Intel XDK для Node.JS і HTML5 розробників. Достатньої багатий набір засобів розробки.

Загальна схема підтримки засобів розробки приведена на рисунку 2.10

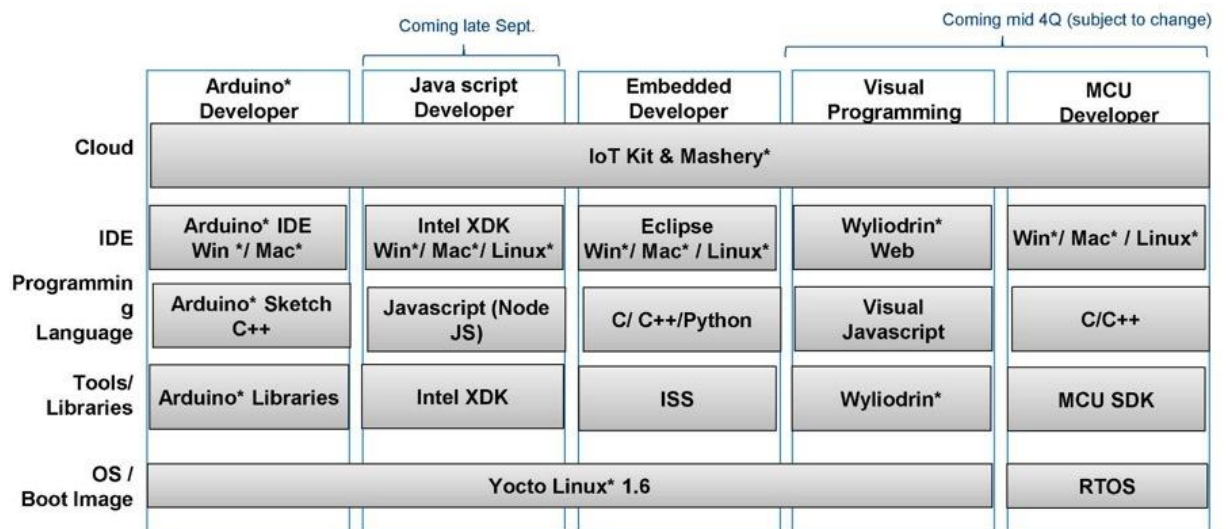


Рисунок 2.10. Загальна схема підтримки засобів розробки.

## 2.6. РОЗРАХУНКИ ХОДОВИХ ХАРАКТЕРИСТИК

Ходовими якостями називається здатність судна розвивати певну швидкість при заданій потужності двигуна. Ходові якості будь-якого судна визначаються двома основними характеристиками — опір води руху судна та ефективністю рушія (пристрою, що перетворює енергію двигуна в силу, яка рухає судно вперед).

У сучасній гідромеханіці вважають, що сила опору складається з трьох умовно незалежних складових: опору тертя, опору форми і хвильового опору.

Опір тертя обумовлено дією сил в'язкості води, яка оточує корпус судна. При розгляді явищ, що відбуваються поблизу корпусу, використовується принцип оборотності, тобто корпус вважається нерухомим і обтічним потоком води зі швидкістю, рівної швидкості судна. Очевидно, що частинки води, що безпосередньо примикають до обшивки судна, повинні бути відносно неї нерухомими — вони прилипають до обшивки. На деякій відстані від корпусу швидкість руху частинок води повинна стати рівною швидкості потоку. Цей порівняно тонкий шар води, в якому відбувається зміна швидкості потоку від нуля до швидкості судна  $v$ . Він називається прикордонним шаром. Його товщина складає 1-2 % довжини судна по ватерлінії і поступово збільшується в кормовій частині корпусу. В межах прикордонного шару і відбуваються явища, обумовлені в'язкістю води і появою опору тертя.

Дослідженнями встановлено[13], що величина опору тертя залежить від характеру руху частинок води у прикордонному шарі, який змінюється в залежності від довжини змоченої поверхні і швидкості судна. Характеристикою режиму руху частинок є число Рейнольдса:

$$Re = \frac{v_c \cdot L}{\nu_k}$$

де  $Re$  — число Рейнольдса;

$v_c$  — швидкість судна;

$L$  — ділина змоченої поверхні;

Зм.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата



$v_k$  – коефіцієнт кінематичної в'язкості води.

Для цього нам потрібно знати швидкість, з якою буде рухатись АПМА. Максимальна швидкість АПМА згідно з ТЗ встановлює 5,4 км на годину, 3 вузла чи 1,5 м/с (використовуємо у формулі).

$$Re = \frac{v_c \cdot L}{v_k} = \frac{1,5 \cdot 0,7525}{1,15 \cdot 10^{-6}} = 10^6$$

Силу опору розраховують за формулою:

$$R = (\zeta_{\text{тер}} + \zeta_{\text{ф}} + \zeta_{\text{вч}}) \cdot \frac{\rho \cdot v^2}{2} \cdot \Omega \text{ кг,}$$

де  $R$  – опір, кг;

$\zeta_{\text{тер}}$  – коефіцієнт опору тертя;

$\zeta_{\text{ф}}$  – коефіцієнт опору форми;

$\rho$  – масова густина води  $\frac{\text{кг} \cdot \text{с}^2}{\text{м}^4}$ ;

$\Omega$  – змочена поверхня корпусу,  $\text{м}^2$ ;

$\zeta_{\text{вч}}$  – коефіцієнт виступаючих частин.

$$R = (\zeta_{\text{тер}} + \zeta_{\text{ф}} + \zeta_{\text{вч}}) \cdot \frac{\rho \cdot v^2}{2} \cdot \Omega = 4,7 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{102 \cdot 1,5^2}{2} \cdot 0,5354 = 0,289 \text{ кг}$$

При русі підводного човна на глибині  $h > L/2$  хвильовий опір відсутній. Опір тертя – основна складова повного опору. На робочих глибинах вона досягає 85-90% від повного і обумовлено: шорсткістю змоченої поверхні; наявністю отворів та вирізів у зовнішній обшивці[13].

Зм.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата

## 2.7. РОЗРАХУНОК ПЛАВУЧОСТІ

### 2.7.1. ПЛАВУЧІСТЬ

Основне рівняння плавучості:

$$P = D$$

Де  $P$  – сила тяжіння;

$D$  – сила плавучості.

$$P = m_{\text{л}}g$$

$m_{\text{л}}$  – маса апарата (човна);

$g$  – прискорення вільного падіння.

$$D = m_{\text{в}}g = \rho gV = \gamma V$$

$m_{\text{в}}$  – маса води, витісненої човном;

$\rho$  – щільність води;

$V$  – об'єм води, витісненої човном;

$\gamma$  – питома вага води.

$$V = V_1 + V_2 + V_3 + V_4 + V_5 + V_6$$

де  $V_1, V_2, V_3, V_4, V_5, V_6$  – об'єми окремих частин підводного апарата;

$$V_1 = \pi R^2 H = 3,14 \cdot 0,075^2 \text{ м} \cdot 0,2 \text{ м} = 0,0035 \text{ м}^3$$

$$V_2 = V_3 = \pi H^2 p = 3,14 \cdot 0,2^2 \text{ м} \cdot 0,014 \text{ м} = 0,00177 \text{ м}^3$$

$$V_4 = 0,5 l H h = 0,5 \cdot 0,15 \text{ м} \cdot 0,075 \text{ м} \cdot 0,001 \text{ м} = 0,0000056 \text{ м}^3$$

$$V_5 = V_6 = l H h = 0,2 \text{ м} \cdot 0,005 \text{ м} \cdot 0,001 \text{ м} = 0,000001 \text{ м}^3$$

$$V = V_1 + V_2 + V_3 + V_4 + V_5 + V_6 = 0,0070956 \text{ м}^3$$

$$D = \gamma V = 10 \frac{\text{кН}}{\text{м}^3} \cdot 0,00709 \text{ м}^3 = 0,0709 \text{ кН} = 70,9 \text{ Н}$$

$$m_{\text{л}} = 64 + 80 + 760 + 88 + 1500 + 230 + 3500 + 1000 = 7202 \text{ г} = 7,202 \text{ кг}$$

$$P = 7,2 \cdot 9,8 = 70,56 \text{ Н}$$

### 2.7.2 ОСТАТОЧНА І ЗАЛИШКОВА ПЛАВУЧІСТЬ

При плаванні підводного апарата під водою основне рівняння плавучості практично не задовольняється. Це відбувається тому, що сили плавучості і тяжкості є змінними величинами. Сила плавучості залежить від



$$\Delta Q_r = \Delta \rho g V_k = \Delta \gamma V_k$$

Розрахуємо значення густини води на глибинах від 0 до 50 м.

При  $H_1 = 0$  м,  $H_2 = 10$  м.

$$\rho_1 = 1020 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

$$\rho_2 = 1020 + 4,8 \cdot 10^{-5} \frac{10 - 0}{10} 1020 = 1020,04896 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

$$\rho_3 = 1020,04896 + 4,8 \cdot 10^{-5} \frac{20 - 10}{10} 1020,04896 = 1020,09802 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

$$\rho_4 = 1020,09802 + 4,8 \cdot 10^{-5} \frac{30 - 20}{10} 1020,09802 = 1020,14392 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

$$\rho_5 = 1020,14392 + 4,8 \cdot 10^{-5} \frac{40 - 30}{10} 1020,14392 = 1020,18983 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

$$\rho_6 = 1020,18983 + 4,8 \cdot 10^{-5} \frac{40 - 30}{10} 1020,18983 = 1020,23574 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

Зміна залишкової плавучості АПМА від впливу температури та солоності води на її щільність. При зміні температури і солоності води, її щільність змінюється. При нульовій солоності вода має найбільшу густину при температурі +4°C. Із зміною температури в ту або іншу сторону, густина води зменшується. Із збільшенням солоності води температурний межа найбільшою щільності знижується. Температура морської води зі збільшенням глибини як правило знижується, в наслідок чого її густина при однаковій солоності збільшується.[13]

Зм.	Арк.	№ док.им.	Підпис	Дата





Таблиця 3.2. Визначення сильних, слабких та нейтральних характеристик ідеї проекту

№ п/п	Технікоекон омічні характерист ики ідеї	(потенційні) товари/концепції конкурентів			W (слабка сторона)	N (нейтра льна сторона )	S (сильна сторона)
		Мій проект	ГНОМ	Gavia			
1.	Руцїй	Біоподі бний	Гвинтов ий	Гвинто вий	Менша швидкіст ь ніж у представ лених конкurreн тів		Потреб ує менше енергїї, виробл яє менше шуму
2.	Корпус	Модуль ний	Модуль ний	Не модуль ний	Потрібні додаткові складаль ні роботи	Займаю ть майже однаков у площу	Спрощ ена система заміни елемен тів
3	Автономніс ть	Автоно мний	Автоно мний	Керуєт ься за допомо гою дроту	Менша швидкіст ь передачі інформац її, потребує енергобл		Можно віддаля тися від стартов ої точки руху, спрощу

					ока		є попада ння в складн о доступ ні місця
--	--	--	--	--	-----	--	--

*Визначення основних функцій.* Складемо морфологічну карту, для вибору оптимальної ідеї на основі наступних критеріїв:

- Рушій;
- Режим роботи;
- Тип з'єднання конструкції;
- Джерело енергії;
- Тип зміни балансування ;
- Вимірювання температури води;
- Керування роботою системи та передача даних про стан в приміщені;
- Індикація роботи системи;
- Сканування рельєфу та вимір температури;

*Побудова морфологічної карти,* на якій є можливі варіанти рішень – засобів реалізації кожної функції

**Таблиця 3.2.1. Морфологічна карта**

Основні параметри	Проміжні рішення				
	1-ше	2-ше	3-ше	4-ше	5-ше
Рушій	Типу акулій хвіст	Типу китовий хвіст	Водометний	Інше	
Режим роботи	Планування у водному середовищі	Занурення за допомогою перекачки води	Зміна балансу дрона	1,2,3 разом	Інше
Постачання	Сварка	Різьбовий	За	Байонетний	Інше

Зм.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата

МД.ПМ – 81мп.02.ПЗ

Арк.

63



я води			допомогою додаткових пристроїв	замок	
Джерело енергії	Сонячні панелі	Від електромережі	Від вбудованого акумулятора	Можливість роботи від сонячних панелій та від вбудованого акумулятора	Інше
Тип зміни балансування	За допомогою перекачки води	За допомогою переміщення акумулятора	Інше		
Вимірювання температури води	Постійне	Інтервально	За командою користувача	За командою користувача або Інтервально	Інше
Керування роботою системи та передача даних про стан в приміщені	Віддалено через Wi-Fi, Bluetooth	Віддалено через GSM - модуль	Передача інформації через дрiт	Можливість поєднання перших двох варіантів	Інше
Індикація роботи системи	Через мобільний додаток	Завдяки заздалегідь прописаній програмі	Комбінація із двох попередніх	Інше	
Сканування рельєфу та вимір температури	Постійно	За командою користувача або Інтервально	На заздалегідь запланованих проміжках	Ніколи	Інше



### 3. Товар з підкріпленням.

Гарантійний термін експлуатації становить 3 роки. Товар може бути оформлений відповідно за побажанням замовника. За його бажанням можна оформити згідно з місцевістю, де він буде використовуватися. Можливі варіанти збірки на місці експлуатації.

#### 3.2.ТЕХНОЛОГІЧНИЙ АУДИТ ІДЕЇ ПРОЕКТУ

В межах даного підрозділу проведено аудит технології, за допомогою якої можна реалізувати ідею проекту (технології створення товару). Визначення технологічної здійсненності ідеї проекту передбачає аналіз складових наведених у табл. 3.3.

Таблиця 3.3. Технологічна здійсненність ідеї проекту

№ п/п	Ідея проекту	Технології її реалізації	Наявність технологій	Доступність технологій
1.	Замінити стандартний рушій біонодібним	Біоподібний рушій у формі хвоста встановлюється у хвостову частину робота, який приводиться у рух пьезодвигуном.	Технології немає у відкритому доступі, тому її треба розробити	Не доступна технологія
2.	Замінити дрот на систему зв'язку та акумуляторний блок	Замість дрота на мікроробот встановлюються системи GPS та Wifi, а також встановлюється акумуляторний блок	Технологія існує і є у відкритому доступі	Доступна технологія
3.	Зробити корпус	Заміна цілого корпусу	Технологія	Доступна



		конкуренцією на ринку
5	Специфічні вимоги до стандартизації та сертифікації	Немає
6	Середня норма рентабельності в галузі (або по ринку), %	Від 15% до 70%

Висновки: за попереднім оцінюванням ринок є привабливим, тому що товар має високу рентабельність, динаміка ринку зростає, немає специфічних умов щодо стандартизації та сертифікації.

Надалі визначаємо потенційні групи клієнтів, їх характеристики, та формуємо орієнтовний перелік вимог до товару для кожної групи (табл. 3.5).

Таблиця 3.5. Характеристика потенційних клієнтів стартап-проекту

<i>№ п/п</i>	<i>Потреба, що формує ринок</i>	<i>Цільова аудиторія (цільові сегменти ринку)</i>	<i>Відмінності у поведінці різних потенційних цільових груп клієнтів</i>	<i>Вимоги споживачів до товару</i>
	Відсутність системи дослідження підводного простору	-Дослідницькі центри, університети; -Підприємства, що спеціалізуються на виробництві, має власні виробничі потужності та специфічні умови виробництва;	-Фактор новизни продукту -Не віра у можливості продукту -Не коректна оцінка можливостей та вартості	- Простота експлуатації та сервісного обслуговування

Зм.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата

МД.ПМ – 81мп.02.ПЗ

Арк.

68



6	Застарілість	Щоденне використання часто робить інтерфейс набридливим і менш привабливим	Оновлення прошивки
7	Запитання клієнтів про роботу системи	Часті питання, яких немає в інструкції до експлуатації	Гаряча лінія та підтримка клієнтів
8	Відсутність попиту на продукцію	Не бажання споживачів переходити на нову технологію	Приведення аргументованих доказів на користь системи

Таблиця 3.7. Фактори можливостей

<i>№ n/n</i>	<i>Фактор</i>	<i>Зміст можливості</i>	<i>Можлива реакція компанії</i>
1	Спосіб використання	Керування за допомогою мобільного телефону, планшету, комп'ютеру	Створення програмного додатку, яке дозволить керувати системою автоматичного дослідження морів
2	Встановлення додатку	Безкоштовне розповсюдження програми	Завантаження на Play Market, App Store, Microsoft Store
3	Економія часу	Не відволікаючись від основних справ	Керування додатком через інтернет у режимі швидкісного доступу
4	Еволюція	Модернізація вже створеної	Випуск нового продукту

		системи	
--	--	---------	--

Висновки: своєчасна реакція компанії на фактори загроз та на фактори можливостей приведуть до позитивного результату і розвитку компанії та продукту, який вона виробляє.

Надалі проводимо аналіз пропозиції: визначаємо загальні риси конкуренції на ринку (табл. 3.8).

Таблиця 3.8. Ступеневий аналіз конкуренції на ринку

<i>Особливості конкурентного середовища</i>	<i>В чому проявляється дана характеристика</i>	<i>Вплив на діяльність підприємства (можливі дії компанії, щоб бути конкурентоспроможною)</i>
1. Тип конкуренції олігополія	В галузі домінує декілька фірм	Виготовлення вдосконаленого продукту
2. Рівень конкурентної боротьби – національний	Конкуренція фірм на міжнародному рівні	Рекламна кампанія різними мовами світу
3. Міжгалузєва ознака	Даний продукт охоплює сфери охорони здоров'я та ІТ	Виготовлення продукту із новим поглядом на проблему
4. Товарно-видова конкуренція	Продукти для задоволення потреб,	Власний погляд на дизайн,

Зм.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата

МД.ПМ – 81мп.02.ПЗ

Арк.

71



	мають різний дизайн, проте однаковий функціонал	конструкцію системи та принцип роботи
5. Характер конкурентних переваг – нецінова конкуренція	Використання технологій, як засіб кращих умов збуту	Розробка нових технологій
6. За інтенсивністю - марочна	Вказує, яке підприємство відповідальне за готовий продукт	Створення власної марки

Після аналізу конкуренції проводимо більш детальний аналіз умов конкуренції в галузі (табл. 3.9).

Таблиця 3.9 Аналіз конкуренції в галузі за М. Портером

	<i>Прямі конкуренти в галузі</i>	<i>Потенційні і конкуренти</i>	<i>Постачальники</i>	<i>Клієнти</i>	<i>Товари- замінники</i>
<i>Складові і аналізу</i>	<i>Гном, Gavia, BRIDGES</i>	<i>Асортимент товарів у конкурентів</i>	<i>Розміри поставок, відомість бренду</i>	<i>Клієнти залишають відгуки, оцінюють роботу системи, суб'єктивна оцінка з боку покупців завжди грає визначальну</i>	<i>Дешеві та «не розумні» підводні роботи.</i>







<i>n/n</i>	<i>Альтернатива (орієнтовний комплекс заходів) ринкової поведінки</i>	<i>Ймовірність отримання ресурсів</i>	<i>Сроки реалізації</i>
	Стратегія нейтралізації ринкових загроз сильними сторонами стартапу	Середня	12 місяці
	Стратегія компенсації слабких сторін стартапу наявними ринковими можливостями	Висока	18 місяців
	Розширення компанії внаслідок збагачення цінними кадрами	Висока	15 місяців
	Укласти договір з партнерами про розширення партнерської діяльності	Висока	1.5-2.5 місяці
	Укласти договір з одним із конкурентів про співпрацю і взаємообмін запатентованими розробками	Висока	2-4 місяці

Після аналізу зазначимо обрану альтернативу. Найбільш імовірна щодо отримання ресурсів альтернатива, яка має майже самі стислі строки реалізації є розширення компанії внаслідок збагачення цінними кадрами.

### 3.4. РОЗРОБЛЕННЯ РИНКОВОЇ СТРАТЕГІЇ ПРОЕКТУ

Розроблення ринкової стратегії першим кроком передбачає визначення стратегії охоплення ринку: опис цільових груп потенційних споживачів (табл. 3.14).

<i>№ п/п</i>	<i>Опис профілю цільової групи потенційних клієнтів</i>	<i>Готовність споживачі в сприйняти продукт</i>	<i>Орієнтовний попит в межах цільової групи (сегменту)</i>	<i>Інтенсивність конкуренції в сегменті</i>	<i>Простота входу у сегмент</i>
1	Державні замовлення	Так	5 одиниць/на рік	Присутня	Середня
2	Дослідницькі центри міста Києва	Так	1 одиниця/в рік	Присутня	Середня
3	Приватні особи та компанії	Так	5 одиниць/на рік	Майже відсутня	Легко
4	Підприємства, що спеціалізуються на	Так	5 одиниць/на рік	Присутня	Середня



Таблиця 3.16. Визначення базової стратегії конкурентної поведінки

<i>№ п/п</i>	<i>Чи є проект «першопрохідцем» на ринку?</i>	<i>Чи буде компанія шукати нових споживачів, або забирати існуючих у конкурентів?</i>	<i>Чи буде компанія копіювати основні характеристики товару конкурента, і які?</i>	<i>Стратегія конкурентної поведінки*</i>
	Ні	Так	Показуватимемо своє бачення реалізації продукту	Стратегія розширення первинного попиту

На основі вимог споживачів з обраних сегментів до постачальника (стартап-компанії) та до продукту (див. табл. 3.5), а також в залежності від обраної базової стратегії розвитку (табл. 3.15) та стратегії конкурентної поведінки (табл. 3.16) розроблюємо стратегію позиціонування (табл. 3.17), що полягає у формуванні ринкової позиції (комплексу асоціацій), за яким споживачі мають ідентифікувати торгівельну марку/проект.

Таблиця 3.17. Визначення стратегії позиціонування

<i>№ п/ п</i>	<i>Вимоги до товару цільової аудиторії</i>	<i>Базова стратегія розвитку</i>	<i>Ключові конкурентоспроможні і позиції власного стартап-проекту</i>	<i>Вибір асоціацій, які мають сформувані комплексну позицію</i>





досліджень і моніторингу морських глибин	гнучкість налаштування	робота системи без постійного втручання в роботу людини.
--	------------------------	--

Надалі розробляємо трирівневу маркетингову модель товару: уточнюємо ідея продукту та/або послуги, його фізичні складові, особливості процесу його надання (табл. 3.19).

Таблиця 3.19. Опис трьох рівнів моделі товару

<i>Рівні товару</i>	<i>Сутність та складові</i>		
I. Товар за задумом	Під час використання даного продукту стає можливим побачити не дослідженні		
II. Товар у реальному виконанні	Властивості/характеристики	М/Нм	Вр/Тх /Тл/Е/Ор
	1. Встановлення системи та налаштування	Нм	Е
		Нм	Е
	Якість: Продукт розробляється на базі існуючих стандартів та ідеї.		
	Пакування: Картонна упаковка з ущільнюючим матеріалом – пухлячий целофан, інструкція з експлуатації		
III. Товар із підкріпленням	До продажу: гарантійний термін 3 роки.		
	Після продажу: Протягом 3-х років гарантійного терміну безкоштовне сервісне обслуговування		
За рахунок чого потенційний товар буде захищено від копіювання: патент, сертифікований документ до кожного приладу, що підтверджує оригінальність.			

Наступним кроком є визначення цінових меж, якими необхідно керуватись при встановленні ціни на потенційний товар (остаточне визначення ціни відбувається під час фінансово-економічного аналізу проекту), яке передбачає аналіз ціни на товари-аналоги або товари-субститути, а також аналіз рівня доходів цільової групи споживачів (табл. 3.20.2). Загальні початкові витрати проекту показані у табл. 3.20.1.

Таблиця 3.20.1. Загальні початкові витрати проекту

№ з/п	Стаття витрат	Обсяги витрат в 0-й рік, тис. грн.
1.	Розробка проектних матеріалів	25
2.	Робоче проектування і прив'язка проекту	8
3.	Витрати на придбання обладнання та устаткування та пристроїв	60
4.	Витрати на приймально-здавальні випробування	10
5.	Витрати на придбання нематеріальних активів	32
6.	Оплата юридичних послуг	5
7.	Витрати на передвиробничі маркетингові дослідження і створення збутової мережі	20
8.	Витрати, пов'язані з формуванням команди	92
	<i>Разом</i>	252

Таблиця 3.20.2 Визначення меж встановлення ціни

№ п/п	Рівень цін на товари-замінники	Рівень цін на товари-	Рівень доходів цільової групи	Верхня та нижня межі встановлення ціни на товар/послугу





- Через нові рішення у розробці мікроробота, а також через постійний контроль факторів загроз і можливостей проект є конкурентоспроможним;
- Товар буде захищено від копіювання за рахунок: патентів, сертифікованих документів до кожного приладу, що підтверджує оригінальність;
- Товар буде просуватися на ринок через рекламу, участь у дослідницьких та технічних виставках та через особисту зустріч представників компанії з потенційними клієнтами;
- Ключовими перевагами товару перед конкурентами є дистанційне керування системою за допомогою додатку до смартфона, планшету або комп'ютеру, автономна робота системи без постійного втручання в роботу людини;
- Як альтернатива можна на основі цієї конструкції розробити роботів військового призначення.

						МД.ПМ – 81мп.02.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата			85



## ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Л.Бочаров, к.т.н. ИПИ РАЕН, НЕОБИТАЕМЫЕ ПОДВОДНЫЕ АППАРАТЫ: состояние и общие тенденции развития // ЭЛЕКТРОНИКА: Наука, Технология, Бизнес 8 – 2009. – С. 88 – 93.
2. Ловин Джон Игры, Создаем робота-андроида своими руками: [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://tech.wikireading.ru/8631>.
3. Исследование и разработка обитаемых подводных робототехнических систем и комплексов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.imtp.febras.ru/podvodnaya-robototexnika.html>.
4. А.В. Лопота, А.Б.Николаев Морские робототехнические комплексы военного и специального назначения // Современные тенденции развития робототехнических комплексов. – 2007. – С. 3 – 16.
5. Т.В. Брацлавський, к.т.н. доцент В.І. Дубінець. Сучасні системи керування підводними мікроапаратами // Наук.-техн. конф. «Ефективність інженерних рішень у приладобудуванні»( Київ, 2019)
6. Фам Ван Туан. Информационное и алгоритмическое обеспечение систем управления и маневрирования малогабаритных подводных роботов.: дис. ... докт. техн. наук: 01.05.02. – К., 2019. – 12 – 24 с.
7. Розрахунок міцності корпусу підводних лодок [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [http://the-mostly.ru/misc/submarine\\_hull.html](http://the-mostly.ru/misc/submarine_hull.html)
8. Розроблення стартап-проекту [Електронний ресурс] : Методичні рекомендації до виконання розділу магістерських дисертацій для студентів інженерних спеціальностей / За заг. ред. О.А. Гавриша. – Київ : НТУУ «КПІ», 2016. – 28 с
9. ООО "Морские Программные Комплексы и Технологии" [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.mpkit.ru/light/>
10. Обзор 600TVL 2.8mm Lens 1/3" Sony Super Had II CCD Camera [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://quad-copter.ru/quad-copter-sony-super-had-ii-ccd.html>

Зм.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата

МД.ПМ – 81мп.02.ПЗ

Арк.

87



11. MPU 9250 и Arduino – схема подключения [Електроний ресурс]. – Режим доступу: <https://voltiq.ru/mpu-9250-and-arduino/>
12. Датчики давления и температуры для подводного применения [Електроний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.emerson.ru/ru-ru/catalog/roxar-subsea-sencorr-pt-sensor-ru-ru>
13. Дубінець В.І., Жарко К.Ю. Исследование и разработка математической модели микроробота. XI Всеукраїнська науково-практична конференція студентів та аспірантів "Погляд у майбутнє приладобудування"; Киев; 15-16. 05.2018.
14. Intel Edison. Первый запуск [Електроний ресурс]. – Режим доступу: <https://habr.com/ru/post/256089/>
15. Сучасні технології вимірювань. [Електроний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.demetra5.kiev.ua/ru/catalog/AUV/Gavia/2>
16. Дубінець В.І., Корнієнко О.С. Автономні підводні микророботи як клас виробів мікросистемної техніки. Вісник Інженерної академії України № 2, 2018р.
17. Дубінець В.І., Корнієнко О.С. Відновлювальна енергія океану джерело енергопостачання автономних підводних микророботів; XV11 Міжнародна науково-технічна конференція "Приладобудування: стан і перспективи". Киев; 15-16. 05.2018.
18. Дубінець В.І., Сорочинський Р.Р. ; Дослідження параметрів датчика Холла у середовищі MATLAB SIMULINK; XVII Міжнародна науково-технічна конференція "Приладобудування: стан і перспективи". Киев; 15-16. 05.2018.