

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет кібербезпеки, комп'ютерної та програмної інженерії
Кафедра комп'ютерних інформаційних технологій

ДОПУСТИТИ ДО ЗАХИСТУ

Завідувач кафедри

_____ А.С.Савченко

«___» _____ 2020 р.

ДИПЛОМНА РОБОТА

(ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА)

**ВИПУСКНИКА ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ
“МАГІСТРА”**

**ЗА СПЕЦІАЛІЗАЦІЄЮ “ІНФОРМАЦІЙНІ УПРАВЛЯЮЧІ СИСТЕМИ ТА
ТЕХНОЛОГІЇ (ЗА ГАЛУЗЯМИ)”**

**Тема: Стартап-проект «Цифрова модель заходу літака на посадку за сигналами
глісадного радіомаяка»**

Виконавець: студент групи УС-211М Сова Сергій Віталійович

Керівник: к.т.н., доцент, Полухін Анатолій Васильович

Нормоконтролер: _____ Райчев І.Е.

Київ 2020

НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет кібербезпеки, комп'ютерної та програмної інженерії

Кафедра комп'ютерних інформаційних технологій

Освітній ступінь: Магістр

Спеціальність: 122 «Комп'ютерні науки»

Освітньо-професійна програма: «Інформаційні управляючі системи та технології (за галузями)»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ Савченко А.С.

«___» _____ 2020 р.

ЗАВДАННЯ

на виконання дипломної роботи студента

Сови Сергія Віталійовича

- 1. Тема дипломної роботи:** Стартап-проект «Цифрова модель заходу літака на посадку за сигналами глісадного радіомаяка», затверджена наказом ректора від 02.10.2020р. № 1891/ст.
- 2. Термін виконання роботи:** з 05.10.2020р. по 31.12.2020р
- 3. Вихідні дані до роботи:** Мінімальний об'єм оперативної пам'яті (RAM) – 4 GB; мінімальний об'єм вільної файлової пам'яті (ROM) – 10MB; необхідна швидкість підключення до мережі інтернет – не менше 256KB/сек.
- 4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, що підлягають розробці):** дослідження заходу літака на посадку за сигналами ГРМ, цифрова модель даного процесу, дослідження ринку подібних програмних продуктів. Пояснювальна записка

складається з таких компонентів: титульний аркуш, завдання на виконання проекту, реферат, зміст, вступ, розділ 1, розділ 2, розділ 3, розділ 4, розділ 5, рисовки, список використаних джерел, додаток А.

5. Перелік обов'язкового графічного матеріалу: пояснювальні рисунки у пояснювальній записці, презентація в *MS PowerPoint*.

6. Календарний план-графік

№	Етапи виконання дипломної роботи	Термін виконання етапів	Підпис керівника
1.	Розроблення та затвердження календарного плану виконання дипломного проекту	05.10.2020р.- 06.10.2020р.	
2.	Підбір і вивчення літературних джерел	07.10.2020р.- 20.10.2020р.	
3.	Проведення консультацій з науковим керівником щодо виконання дипломної роботи	05.10.2020р.- 20.12.2020р.	
4.	Підготовка та оформлення матеріалу за розділами 1, 2, 3	21.10.2020р.- 04.11.2020р.	
5.	Підготовка та оформлення матеріалу за розділами 4, 5	05.11.2020р.- 14.11.2020р.	
6.	Проведення досліджень та опрацювання їх результатів	15.11.2020р.- 26.11.2020р.	
7.	Оформлення пояснювальної записки та ілюстративного матеріалу	27.11.2020р.- 08.12.2020р.	
8.	Підписання необхідних документів у встановленому порядку	09.12.2020р.- 14.12.2020р.	
9.	Підготовка до захисту та попередній захист дипломної роботи на випусковій кафедрі	15.12.2020р.- 20.12.2020р.	

7. Дата видачі завдання: 05.10.2020 р.

Керівник дипломного проекту _____ Полухін Анатолій Васильович
(підпис керівника) (П.І.Б.)

Завдання прийняв до виконання _____ Сова Сергій Віталійович
(підпис випускника) (П.І.Б.)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до дипломної роботи «Стартап-проект «Цифрова модель заходу літака на посадку за сигналами гліспадного радіомаяка» містить 12 рисунків та 26 таблиць. Загальний обсяг пояснювальної записки становить 81 сторінку. Основний текст дипломної роботи викладено на 75 сторінках.

Ключові слова: СТАРТАП, СТРАТАП-ПРОЄКТ, ЛІТАК, ЗАХІД НА ПОСАДКУ, ГЛІСАДНИЙ РАДІОПРИЙМАЧ, ГЛІСАДНИЙ РАДІОМАЯК, ЦИФРОВА МОДЕЛЬ.

Об'єкт дослідження: Цифрова модель заходу літака на посадку за сигналами глісадного радіомаяка в умовах ринку програмних продуктів для дослідження динаміки польоту літака.

Предмет дослідження: Автоматично керований захід на посадку за сигналами ГРМ середньомагістрального літака та комерційні перспективи стартап-проекту.

Мета дослідження: Демонстрація переваг розробленого стартап-проекту на ринку програмних продуктів для дослідження динаміки польоту літака.

Методи дослідження: При проведенні досліджень було використано методи математичного цифрового моделювання динаміки заходу літака на посадку та аналітичний метод дослідження ринку програмних продуктів.

Результати дипломної роботи: Дипломна робота присвячена розробці стартап-проекту, основним продуктом якого є цифрова модель заходу літака на посадку за сигналами глісадного радіомаяка. Також представлено результати маркетингового дослідження створення даного стартап-проекту.

Матеріали дипломної роботи можуть бути використані у працівниками вищих навчальних закладів авіаційного напрямку для підготовки фахівців, а також розробниками літаків та авіаційного обладнання, безпілотних літальних апаратів, програмного забезпечення для літальних апаратів та навігаційних систем.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СКОРОЧЕНЬ, ТЕРМІНІВ	8
ВСТУП.....	9
1. ЛІНЕАРИЗОВАНА МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ РУХУ ЛІТАКА В ПОВЗДОВЖНІЙ ПЛОЩИНІ.....	11
1.1. Лінеаризована математична модель руху літака в повздовжній площині	11
1.2. Висновок до розділу 1	17
2. ЗАКОН АВТОМАТИЧНОГО УПРАВЛІННЯ СЕРЕДНЬОМАГІСТРАЛЬНОГО ЛІТАКА В РЕЖИМІ АВТОМАТИЧНОГО ЗАХОДУ НА ПОСАКУ ЗА СИГНАЛАМИ ГРМ	18
2.1. Закон автоматичного управління середньомагістрального літака в режимі автоматичного заходу на посаку за сигналами ГРМ	18
2.2. Математична модель тракту ГРМ-ГРП	21
2.3. Висновок до розділу 2	24
3. «ЦИФРОВА МОДЕЛЬ ДИНАМІКИ АВТОМАТИЧНО КЕРОВАНОГО ЗАХОДУ НА ПОСАДКУ ЛІТАКА ЗА СИГНАЛАМИ ГЛІСАДНОГО РАДІОМАЯКА»	25
3.1. Мова програмування.....	25
3.3.3. Види графіки, використані в проєкті	34
3.4. Висновок до розділу 3.....	35
4. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІКИ АВТОМАТИЧНО КЕРОВАНОГО ЗАХОДУ НА ПОСАДКУ ЛІТАКА ЗА СИГНАЛАМИ ГРМ	36
4.1. Дослідження динамічної подібності	36
4.2. Дослідження заходу на посадку літака за сигналами ГРМ в умовах спокійної атмосфери при змінних значеннях крутизни тракту ГРМ-ГРП та з номінальними значеннями інших змінюваних параметрів	38
4.3. Дослідження динаміки польоту літака в режимі заходу на посадку за сигналами ГРМ в умовах спокійної атмосфери при змінних значеннях кута залягання глісади та з номінальними значеннями інших варіативних параметрів	40

4.4. Дослідження динаміки польоту літака в режимі заходу на посадку за сигналами ГРМ в умовах змінної турбулентності атмосфери при номінальних значеннях кута залягання глісади та крутизни тракту ГРМ-ГРП	42
4.5. Висновок до розділу 4	47
5. МАРКЕТИНГОВЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ПЕРСПЕКТИВ СТАРТАП-ПРОЄКТУ «ЦИФРОВА МОДЕЛЬ ЗАХОДУ ЛІТАКА НА ПОСАДКУ ЗА СИГНАЛАМИ ГРМ»	48
5.1. Етапи розроблення стартап-проєкту	49
5.2. Опис ідеї проєкту	50
5.3. Технологічний аудит ідеї проєкту	53
5.4. Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проєкту	55
5.5. Розроблення ринкової стратегії проєкту.....	64
5.6. Розроблення маркетингової програми стартап-проєкту	69
5.7. Висновок до розділу 5.....	74
ВИСНОВКИ.....	76
СПИСОК БІБЛІОГРАФІЧНИХ ПОСИЛАНЬ ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	79
Додаток А	82

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СКОРОЧЕНЬ, ТЕРМІНІВ

<i>ГРМ</i>	–	<i>Глісадний радіомаяк</i>
<i>ГРП</i>	–	<i>Глісадний радіоприймач</i>
<i>АНТК</i>	–	<i>Авіаційний науково-технічний комплекс</i>
<i>АТ</i>	–	<i>Атмосферна турбулентність</i>
<i>ЗПС</i>	–	<i>Злітно-посадкова смуга</i>
<i>САУ</i>	–	<i>Система автоматичного управління</i>
<i>ОС</i>	–	<i>Операційна система</i>
<i>ES6</i>	–	<i>ECMAScript6</i>
<i>HTTP</i>	–	<i>Hypertext transfer protocol</i>
<i>HTTPS</i>	–	<i>Hypertext transfer protocol secure</i>
<i>IDE</i>	–	<i>Integrated development environment</i>
<i>ПП</i>	–	<i>Програмний продукт</i>
<i>ВНЗ</i>	–	<i>Вищий навчальний заклад</i>

ВСТУП

Авіаційна галузь стрімко розвивається з того моменту як людина вперше змогла відірватись від землі. У 1903 році брати Райт здійснили перший у світі керований політ на літаку. З того часу всього за 100 років світова авіація досягла нечуваних висот. Але в той же час дана галузь є надзвичайно небезпечною та дороговартісною.

Авіаконструктори працюють над тим, щоб кожен наступний літак був не тільки швидшим, більш містким та комфортним, а найголовніше – безпечнішим ніж попередній, адже немає більшої цінності ніж життя людини.

Розробка та тестування літаків та авіаційного обладнання потребує залучення великої кількості фахівців та значних капіталовкладень. Отже пріоритетною задачею також є здешевлення розробки без втрати якості та швидкості.

Існує безліч методів тестування літальних апаратів, серед них найбільш безпечним та дешевим є цифрове моделювання літака та серидовища, та здійснення аналізу параметрів польоту для отримання точних результатів тестування без загрози для життя пілота а також без витрат та побудову тестових моделей.

Даний тип тестування дозволяє досить точно дослідити динаміку польоту літака в тих чи інших умовах та роботу систем автоматичного управління.

Оскільки найбільш небезпечними є етапи взльоту та посадки літального апарату, в даній дипломній роботі було досліджено саме автоматично керований захід літака на посадку за сигналами ГРМ. Та розроблено стартап-проект цифрової моделі даного процесу.

Актуальність теми даної дипломної роботи обґрунтовується тим, що захід літака на посадку є одним з найбільш небезпечних етапів польоту, а тестування роботи САУ в даному режимі, як в будь-якому іншому режимі в реальних умовах є надзвичайно дорогим та небезпечним. Тому розробка цифрової математичної моделі динаміки заходу літака на посадку є актуальною. Також необхідно врахувати той факт, що ринок подібного програмного забезпечення в Україні не забезпечує потреб потенційних розробників та високої конкуренції, а отже стагне. Отже поява нового

гравця на ринку спровокує більш динамічний розвиток даної галузі та матиме позитивний вплив на авіаційну галузь України в цілому.

Об'єкт дослідження: Цифрова модель заходу літака на посадку за сигналами глісадного радіомаяка в умовах ринку програмних продуктів для дослідження динаміки польоту літака.

Предмет дослідження: Автоматично керований захід на посадку за сигналами ГРМ середньомагістрального літака та комерційні перспективи стартап-проєкту.

Мета дослідження: Демонстрація переваг розробленого стартап-проєкту на ринку програмних продуктів для дослідження динаміки польоту літака.

Методи дослідження: При проведенні досліджень було використано методи математичного цифрового моделювання динаміки заходу літака на посадку та аналітичний метод дослідження ринку програмних продуктів.

Результати дипломної роботи: Дипломна робота присвячена розробці стартап-проєкту, основним продуктом якого є цифрова модель заходу літака на посадку за сигналами глісадного радіомаяка. Також представлено результати маркетингового дослідження створення даного стартап-проєкту.

Матеріали дипломної роботи можуть бути використані у працівниками вищих навчальних закладів авіаційного напрямку для підготовки фахівців, а також розробниками літаків та авіаційного обладнання, безпілотних літальних апаратів, програмного забезпечення для літальних апаратів та навігаційних систем.

1. ЛІНЕАРИЗОВАНА МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ РУХУ ЛІТАКА В ПОВЗДОВЖНІЙ ПЛОЩИНІ.

1.1. Лінеаризована математична модель руху літака в повздовжній площині

Рух літального апарату (ЛА) складається з двох типів рухів: лінійного руху центра мас та обертального руху навколо центра мас. В кожному з вищевказаних типів є три ступені свободи, а отже рух ЛА в загальному характеризується шістьма ступенями свободи.

Політ ЛА у просторі є єдиним процесом, для опису якого необхідна складна система диференціальних рівнянь. Але зазвичай складний просторовий рух літака розбивають на більш прості складові: лінійні та кутові еволюції, що дозволяє значно полегшити їх дослідження. Похибки, що виникають при таких спрощеннях зазвичай виявляються незначними.

Коли маневри літака, що досліджується в даному випадку відбуваються у одній площині, а гіроскопічними моментами, що виникають в наслідок кутових еволюцій можна знехтувати, можна розглядати рух у повздовжній та бічній площинах окремо, не залежно один від одного.

Динаміку руху літака у повздовжній площині прийнято описувати за допомогою системи нелінійних диференціальних рівнянь шостого порядку, що визначені для наступних параметрів: $\dot{V}, \dot{\alpha}, \dot{\omega}_z, \dot{\psi}, \dot{X}_g, \dot{Y}_g$. За допомогою даних рівнянь здійснюється опис руху літака в режимі незмінної швидкості, із середньою центрівкою та з прибраними засобами механізації крила, без здійснення кутових еволюцій та переміщення у бічній площині. Також припускається, що значення кута ристання та крену дорівнюють нулю[1].

Кафедра КІТ (47)				НАУ 20 22 33 000 ПЗ			
Виконав	Сова С.В.			Лінеаризована математична модель руху літака у повздовжній площині	Літ.	Арк.	Аркушів
Керівник	Полухін А.В.					11	7
Консульт.					УС-211М 122		
Н. Контр.	Раїчев І.Е.						

Дані рівняння умовно можна розділити на 2 групи: перші чотири з них, що описують власний рух літака та 2 рівняння, які описують його рух відносно земної поверхні.

Для здійснення опису руху літака в повздовжній площині та уникнення похибок необхідно прийняти до уваги наступні факти:

- Параметри руху в бічній площині дорівнюють нулю, а отже $\omega_x = 0$, $\omega_y = 0$, $\beta = 0$, а $\operatorname{tg} \beta = 0$, $\cos \beta = 1$;
- На початку моделювання літак збалансований і летить у горизонтальній площині без кутових переміщень, це означає що $\dot{\alpha}_0 = 0$, $\omega_{z_0} = 0$, $\omega_{z_{a_0}} = 0$;
- Швидкість літака є сталою на протязі всього модельованого польоту, тобто прискорення літака дорівнює 1 ($\dot{V} = 1$);
- Атмосфера спокійна[2].

Розглянемо рівняння власного руху літака.

Першим кроком необхідно лінеаризувати рівняння Ейлера, що виражене відносно кутової швидкості тангажу. Для цього розкладемо його в ряд Тейлора та розглянемо перші лінійні члени розкладання[3].

$$\dot{\vartheta} = \omega_y \sin \gamma + \omega_z \cos \gamma \quad (1.1)$$

Оскільки параметри руху в бічній площині дорівнюють нулю, то –

$$\dot{\vartheta} = \omega_z$$

Розкладемо отримане рівняння в ряд Тейлора і виділимо перші лінійні члени розкладання:

$$\dot{\vartheta}_0 + \Delta \dot{\vartheta} = \omega_{z_0} + \Delta \omega_z$$

Тут доданки з індексом «0» відповідають значенням параметрів вихідному режимі польоту; Δ – знак варіації[3].

Оскільки обрано умови при яких літак летить у горизонтальній площині та не здійснює кутових еволюцій, тобто $\dot{\vartheta}_0 = 0$, $\omega_{z_0} = 0$.

Тоді –

$$\Delta\dot{\vartheta} = \Delta\omega_z$$

Опустимо знак варіації для спрощення запису Δ :

$$\dot{\vartheta} = \omega_z \quad (1.2)$$

Отримано лінеаризоване рівняння кута тангажу[3].

Наступним кроком здійснимо лінеаризацію рівняння кутової швидкості кута атаки $\dot{\alpha}$:

$$\dot{\alpha} = \omega_z - (\omega_x \cos \alpha - \omega_y \sin \alpha) \operatorname{tg} \beta - \frac{\omega_{z_a}}{\cos \beta}$$

Оскільки в даному випадку розглядається рух у повздовжній площині і параметри руху в бічній площині дорівнюють нулю, рівняння набуває такого вигляду:

$$\dot{\alpha} = \omega_z - \omega_{z_a} \quad (1.3)$$

Розкладемо це рівняння в ряд Тейлора і виділимо перші лінійні члени розкладання:

$$(\dot{\alpha}_0 + \Delta\dot{\alpha}) = (\omega_{z_0} + \Delta\omega_z) - (\omega_{z_{a_0}} + \Delta\omega_{z_a})$$

Оскільки вихідному режимі літак збалансований і здійснює рух у горизонтальній площині без кутових рухів, рівняння набуває такого вигляду:

$$\dot{\alpha} = \omega_z - \omega_{z_a} \quad (1.4)$$

Знак варіації Δ опущено для спрощення.

Під час кутового руху літака навколо швидкісної осі OZ_a з кутовою швидкістю ω_{Z_a} також змінюється кут нахилу траєкторії θ . Тобто $\omega_{Z_a} = \dot{\theta}$. Тоді рівняння кута атаки, що отримано вище, набуває такого вигляду:

$$\dot{\alpha} = \omega_Z - \dot{\theta} \quad (1.5)$$

З рівняння (1.2) підставимо у рівнянні (1.5) вираз для ω_Z :

$$\dot{\alpha} = \dot{\vartheta} - \dot{\theta} \quad (1.6)$$

Отримане рівняння є лінеаризованим рівнянням кута атаки[3].

Здійснимо ленеаризацію рівняння повздовжнього моменту:

$$\dot{\omega}_Z = \frac{M_Z}{I_Z} - \frac{I_Y - I_X}{I_Z} \omega_X \omega_Y \quad (1.7)$$

Оскільки в даній розглядається рух літака у повздовжній площині і параметри руху в бічній площині дорівнюють нулю, тобто $\omega_X = 0$, $\omega_Y = 0$, то рівняння повздовжнього моменту можна виразити таким чином:

$$\dot{\omega}_Z = \frac{M_Z}{I_Z} \quad (1.8)$$

Лінеаризуємо ліву частину даного рівняння:

$$\dot{\omega}_Z = \dot{\omega}_{Z_{\text{бал}}} + \Delta\dot{\omega}_Z \quad (1.9)$$

Тут і далі параметри з індексом «бал» — це балансовані значення параметрів, за якими виконується умова прямолінійного руху літака без здійснення кутових еволюцій.

Повздовжній момент має такий вираз[3]:

$$M_Z = m_Z S b_A \frac{\rho V^2}{2} \quad (1.10)$$

Проведемо його лінеаризацію:

$$M_Z = (M_{Z_{\text{бал}}} + \Delta M_Z) \quad (1.11)$$

Тоді рівняння (9.8) набуде такого вигляду:

$$\dot{\omega}_{Z_{\text{бал}}} + \Delta \dot{\omega}_Z = \frac{(M_{Z_{\text{бал}}} + \Delta M_Z)}{I_Z} = \frac{M_{Z_{\text{бал}}}}{I_Z} + \frac{\Delta M_Z}{I_Z} \quad (1.12)$$

Виконаємо лінеаризацію коефіцієнту повздовжнього моменту m_Z :

$$\begin{aligned} m_Z &= (m_{Z_{\text{бал}}} + \Delta m_Z) = m_{Z_0} + m_Z^\alpha (\alpha_{\text{бал}} + \Delta \alpha) + m_Z^{\delta_B} (\delta_{B_{\text{бал}}} + \Delta \delta_B) + \\ &+ m_Z^{\bar{\omega}_Z} (\omega_{Z_{\text{бал}}} + \Delta \omega_Z) \frac{b_A}{V} + m_Z^{\bar{\alpha}} (\dot{\alpha}_{\text{бал}} + \Delta \dot{\alpha}) \frac{b_A}{V} = \\ &= [m_{Z_0} + m_Z^\alpha \alpha_{\text{бал}} + m_Z^{\delta_B} \delta_{B_{\text{бал}}} + m_Z^{\bar{\omega}_Z} \omega_{Z_{\text{бал}}} \frac{b_A}{V} + m_Z^{\bar{\alpha}} \dot{\alpha}_{\text{бал}} \frac{b_A}{V}] + \\ &+ [m_Z^\alpha \Delta \alpha + m_Z^{\delta_B} \Delta \delta_B + m_Z^{\bar{\omega}_Z} \Delta \omega_Z \frac{b_A}{V} + m_Z^{\bar{\alpha}} \Delta \dot{\alpha} \frac{b_A}{V}] \end{aligned}$$

Оскільки у вихідному режимі літак збалансований і не виконує кутових еволюцій, то

$$\dot{\omega}_{Z_{\text{бал}}} = \frac{M_{Z_{\text{бал}}}}{I_Z} = 0.$$

Дана умова виконується тільки умови, що сума його повздовжніх балансованих моментів $M_{Z_{\text{бал}}} = m_{Z_{\text{бал}}} S b_A \frac{\rho V^2}{2} = 0$.

Це можливо, коли

$$m_{Z_{\text{бал}}} = m_{Z_0} + m_Z^\alpha \alpha_{\text{бал}} + m_Z^{\delta_B} \delta_{B_{\text{бал}}} + m_Z^{\bar{\omega}_Z} \omega_{Z_{\text{бал}}} \frac{b_A}{V} + m_Z^{\bar{\alpha}} \dot{\alpha}_{\text{бал}} \frac{b_A}{V} = 0$$

Тоді рівняння (1.12) набуває наступного вигляду[3]:

$$\Delta\dot{\omega}_Z = \frac{\Delta M_Z}{I_Z} \quad (1.13)$$

$$\Delta M_Z = \Delta m_Z S b_A \frac{\rho V^2}{2}$$

$$\Delta m_Z = (m_Z^\alpha \Delta\alpha + m_Z^{\delta_B} \Delta\delta_B + m_Z^{\bar{\omega}_Z} \Delta\omega_Z \frac{b_A}{V} + m_Z^{\bar{\alpha}} \Delta\dot{\alpha} \frac{b_A}{V}) S b_A \frac{\rho V^2}{2}$$

Тоді рівняння (1.13) набуває такого вигляду:

$$\begin{aligned} \Delta\dot{\omega}_Z = & \frac{m_Z^\alpha}{I_Z} \Delta\alpha S b_A \frac{\rho V^2}{2} + \frac{m_Z^{\delta_B}}{I_Z} \Delta\delta_B S b_A \frac{\rho V^2}{2} + \\ & + \frac{m_Z^{\bar{\omega}_Z}}{I_Z} \Delta\omega_Z S b_A^2 \frac{\rho V}{2} + \frac{m_Z^{\bar{\alpha}}}{I_Z} \Delta\dot{\alpha} S b_A^2 \frac{\rho V}{2} \end{aligned}$$

Коефіцієнти лінеаризованих рівнянь обраховуються наступним чином[3]:

$$C_1 = -\frac{m_Z^{\bar{\omega}_Z}}{I_Z} S b_A^2 \frac{\rho V}{2}$$

$$C_2 = -\frac{m_Z^\alpha}{I_Z} S b_A \frac{\rho V^2}{2}$$

$$C_3 = -\frac{m_Z^{\delta_B}}{I_Z} S b_A \frac{\rho V^2}{2}$$

$$C_5 = -\frac{m_Z^{\bar{\alpha}}}{I_Z} S b_A^2 \frac{\rho V}{2}$$

Тоді система диференціальних рівнянь, рух літака в поздовжній площині матиме такий вигляд (знак варіації Δ для спрощення опущений)[3]:

$$\dot{\vartheta} = \omega_Z$$

$$\dot{\omega}_Z = -C_1 \omega_Z - C_2 \alpha - C_3 \delta_B - C_5 \dot{\alpha}$$

$$\dot{\theta} = C_4 \alpha + C_9 \delta_B$$

$$\dot{\alpha} = \dot{\vartheta} - \dot{\theta}$$

1.2. Висновок до розділу 1

У даному розділі було розглянено математичну модель руху літака у повздовжній площині, що являє собою систему лінеаризованих диференціальних рівнянь 4 порядку. Дана модель побудована з урахуванням таких припущень:

- Вага літака незмінна під час польоту, або здійснення моделювання, через невеликий час здійснення заходу на посадку;
- Швидкість польоту є сталою ($V = V_0$);
- Центрівка літака середня;
- У бічній площині не здійснюються кутові та лінійні еволюції.

2. ЗАКОН АВТОМАТИЧНОГО УПРАВЛІННЯ СЕРЕДНЬОМАГІСТРАЛЬНОГО ЛІТАКА В РЕЖИМІ АВТОМАТИЧНОГО ЗАХОДУ НА ПОСАКУ ЗА СИГНАЛАМИ ГРМ

2.1. Закон автоматичного управління середньомагістрального літака в режимі автоматичного заходу на посаку за сигналами ГРМ

Захід літака на посадку складається з декількох фаз, до яких відносяться

- Політ по коробці – виконується за сигналами телекомунікаційних каналів зв'язку та автоматичного радіокомпасу;
- Захват глісади – виконується за сигналами глісадного радіомаяка (ГРМ) та глісадного радіоприймача (ГРП);
- Рух по глісаді – виконується за сигналами (ГРМ) та (ГРП);
- Вирівнювання;

Динаміка польоту як середньомагістрального та і інших типів літаків, що перебувають в режимі заходу на посадку, керуючись сигналами глісадного радіомаяка характеризується порівняно невисокими діапазонами коливання значень більшості динамічних та статичних параметрів польоту відносно їх значень на початковому етапі польоту. Даний факт дозволяє використовувати математичну модель руху літака у повздовжній площині, що була виведена у попередньому розділі без втрати точності моделювання та істотних похибок [4].

Для спрощення моделювання та дослідження розробленої моделі застосовано необхідні спрощення, що описані у 1 розділі.

В даній роботі було виконано моделювання заходу на посадку середньомагістрального літака. Літаки даного типу використовуються для здійснення середньотривалих рейсів, тобто тих, що тривають від трьох до 6 годин.[5].

Кафедра КІТ (47)				НАУ 20 22 33 000 ПЗ			
<i>Виконав</i>	<i>Сова С.В.</i>			Закон автоматичного управління середньомагістрального літака в режимі автоматичного заходу на посаку за сигналами ГРМ	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Керівник</i>	<i>Полухін А.В.</i>					18	7
<i>Консульт.</i>					УС-211М 122		
<i>Н. Контр.</i>	<i>Райчев І.Е.</i>						

Геометричні, масово-інерційні та аеродинамічні характеристики літака наведені у табл. 2.1 та табл. 2.2.

Таблиця 2.1

Геометричні та масово-інерційні характеристики літака

Площа крила, S , м ²	201,45
Середня аеродинамічна хорда крила, b_A , м	5,285
Польотна вага, G_0 , кг	73000
Центрівка, \bar{x}_T , % САХ	24
Повздовжній момент інерції, I_Z , кг м с ²	660000
Кут до випуску закрилків, δ_3 , град	28→45=17
Кут відхилення стабілізатора, $\varphi_{ст}$, град	-(3→5,5)=-2,5
Кутова швидкість відхилення закрилків, $\dot{\delta}_3$, град/с	2

Таблиця 2.2

Параметри польоту та аеродинамічні характеристики літака

Параметр	Значення	Параметр	Значення
V_0 , м/с	78	c_{y0}	-0,255
H_0 , м	500	c_y^α	5,78
ρ , кг с ² /м ⁴	0,119	$c_y^{\delta_B}$	0,2865
g , м/с ²	9,81	c_x	0,13
$m_Z^{\delta_3}$	-0,458	$m_Z^{\bar{\omega}_Z}$	-13,0
$c_y^{\delta_3}$	1,432	$m_Z^{\bar{\alpha}}$	-3,8
m_Z^φ	-2,786	m_Z^α	-1,83
c_y^φ	0,756	$m_Z^{\delta_B}$	-0,96

Обчислення значень коефіцієнтів, що наведені у 1 розділі, для диференціальних рівнянь здійснено відповідно до табл. 2.1 та табл. 2.2.

Опишемо вимоги до перехідних процесів «захвату» рівносигнальної зони ГРМ і точності руху літака за в даній зоні:

- необхідно, щоб процес «захвату» рівносигнальної зони глісадного радіомаяка (ГРМ) був близьким до аперіодичного руху з одним перерегулюванням та не повинен перевищувати по вихідному (ГРП) ± 125 мкА;

- в усіх випадках рух у рівносигнальній зоні ГРМ повинен бути завершений на висоті 20м відносно ЗПС

- процес прийнято вважати закінченим, тільки за умови, що значення початкового сигналу ГРП по модулю не перевищує значення 55 мкА та не перевищує його у процесі моделювання з імовірністю $P = 0,95$ до висоти прийняття рішення[4].

Висота прийняття рішення – абсолютна або відносна висота, встановлена для точного заходу на посадку або заходу на посадку з вертикальним наведенням, на якій повинен бути розпочатий маневр виходу на друге коло у випадку, якщо не було встановлено необхідний візуальний контакт з орієнтирами для продовження заходу на посадку[6].

Закон управління САУ в режимі АЗП за сигналами ГРМ (повздовжній канал)

Для зменшення складності реалізації, а також для підвищення швидкості моделювання, застосовано спрощений закон управління системи автоматичного управління (САУ) в режимі автоматичного заходу на посадку за сигналами ГРМ у повздовжній площині. Він приймає наступний вигляд[4]:

Режим стабілізації заданої барометричної висоти

$$\sigma = F_4[k_{\omega z}\omega_z + F_3(\Delta)]$$

$$\Delta = F_2(\Delta^*) + k_{\vartheta} \vartheta$$

$$\Delta^* = F_1\left(k_f \frac{1}{p} \Delta H\right) + k_H \Delta H + \frac{k_{\dot{H}} p}{T_{\dot{H}} p + 1} \Delta H$$

$$\Delta H = H - H_{зад} \quad H_{зад} = H_0$$

- $k_{\omega z} = 1,0$ $k_{\vartheta} = 2,0$ $k_f = 0,002$ $k_H = 0,2$ $k_{\dot{H}} = 0,4$

- $F_1 = \pm 10^0$ $F_2 = \pm 10^0$ $F_3 = \pm 8^0$ $F_4 = \pm 10^0$

$$T_{оп1} = 2,0 \text{ с} \quad T_{\dot{H}} = 1,0 \text{ с}$$

$$\vartheta_{оп1} = 5^0 - \text{при довипуску закрилків з } 28^0 \text{ до } 45^0[4].$$

Довипуск закрилків здійснюється для забезпечення стабілізації висоти при зниженні швидкості літака у реальних умовах. В даному випадку він виконується для забезпечення точності моделювання.

Режим автоматичного заходу на посадку

$$\sigma = F_4 [(k_{\omega z} + k_{\omega z}^*)\omega_z + \Delta]$$

$$\Delta = -F_6 (k_{\vartheta_{зад}} \vartheta_{зад})$$

$$\vartheta_{зад} = -F_1 \left\{ \left[k_7 \varepsilon_{ГЛ} + \frac{k_2 p}{T_2 p + 1} \varepsilon_{ГЛ} + \frac{k_{11} p}{T_{11} p + 1} (\vartheta + \vartheta_{оп2}) \right] \frac{k_4}{T_4 p + 1} + \frac{k_8 p}{T_8 p + 1} (\vartheta + \vartheta_{оп2}) \right\}$$

Табл. 3.3

Параметри польоту в режимі автоматичного заходу на посадку

	$H \geq 250 \text{ м}$	$100 \text{ м} \leq H \leq 250 \text{ м}$	$H \leq 100 \text{ м}$
k_7	15	6,5	6,5
k_2	210	90	90
T_4	2,3	2,3	1,0
F_6	$\pm 7,0^0$	$\pm 3,5^0$	$\pm 3,5^0$

$$k_{\omega z} = 1,0 \quad k_{\vartheta_{зад}} = 4,0 \quad k_4 = 1,0 \quad k_8 = 13,0$$

$$k_{11} = 6,0 \quad T_2 = 0,7 \text{ с} \quad T_8 = 15,0 \text{ с} \quad T_{11} = 1,7 \text{ с}$$

$$F_1 = \pm 7,5^0 \quad F_4 = \pm 10^0$$

$$k_{\omega z}^* = \begin{cases} 0 - \text{до «захвату» глісади} \\ 3,0 - \text{після «захвату» глісади} \end{cases}$$

$$\vartheta_{оп2} = 2,5^0 - \text{з моменту «захвату» глісади.}$$

2.2. Математична модель тракту ГРМ-ГРП

Кутове відхилення літака відносно ГРМ $\varepsilon_{\text{ГЛ}}^*$ визначається за наступною формулою:

$$\varepsilon_{\text{ГЛ}}^* = \arctg \left(\frac{H}{D_{\text{зпс}} + 300} \right) - \arctg \left(\frac{H_{\text{ГЛ}}}{D_{\text{зпс}} + 300} \right) \approx 57,3 \frac{\Delta H_{\text{ГЛ}}}{D_{\text{зпс}} + 300}$$

$$\Delta H_{\text{ГЛ}} = H - H_{\text{ГЛ}} \quad H_{\text{ГЛ}} = (D_{\text{зпс}} + 300) \operatorname{tg} \theta_{\text{ГЛ}} \approx \frac{\theta_{\text{ГЛ}}}{57,3} (D_{\text{зпс}} + 300)$$

де:

- H – поточна висота польоту, одиниці вимірювання – м;
- $H_{\text{ГЛ}}$ – висота глісади над точкою МС, одиниці вимірювання – м;
- $D_{\text{зпс}}$ – відстань від точки МС до переднього торця ЗПС, одиниці вимірювання – м;
- 300 м – відстань до ГРМ від переднього торця ЗПС вздовж її осі, одиниці вимірювання – м;
- $\theta_{\text{ГЛ}}$ – кут залягання глісади, одиниці вимірювання – град.

У бортовому ГРП з'являється електричний струм $I_{\text{ГЛ}}^*$:

$$I_{\text{ГЛ}}^* = S_{\text{ГЛ}} \varepsilon_{\text{ГЛ}}^* + \Delta I_{\text{ГЛ}},$$

де: $S_{\text{ГЛ}}$ – крутизна сигналу тракту ГРМ-ГРП;

$\Delta I_{\text{ГЛ}}$ – високочастотні перешкоди, що виникають у тракті ГРМ-ГРП, через фізичні подразники такі як

- коливанням антени ГРМ під впливом руху повітряних мас;
- впливом на зону його випромінювання сигналу літаків та інших транспортних засобів, що рухаються межах дії ГРМ;
- впливом інших радіомагнітних хвиль, а також магнітного поля Землі.

Наступним кроком є обмеження струму бортового ГРП $I_{\text{ГЛ}}^*$ та придушення вищеописаних перешкод у тракті ГРМ-ГРП шляхом аперіодичної ланки першого порядку зі сталою часу $T_{\text{ГРП}}$, яка знаходиться в межах від 0,1 до 0,3с для вітчизняних систем[3].

$$I_{\text{ГЛ}} = F_{\text{ГЛ}}(I_{\text{ГЛ}}^*) \frac{1}{T_{\text{ГРП}} p + 1} ,$$

де: $F_{ГЛ} = \pm 250$ мкА.

Струм $I_{ГЛ}$, обчислений вище, відповідає кутовому положенню літака відносно ГРМ і перетворюється в сигнал $\varepsilon_{ГЛ}$, що далі подається на стрілки приладів у кабіні для передачі інформації для екіпажу, також, передається в закон автоматичного управління САУ:

$$\varepsilon_{ГЛ} = \frac{I_{ГЛ}}{S_{ГЛН}},$$

де: $S_{ГЛН}$ – номінальне значення крутизни сигналу тракту ГРМ-ГРП, яке дорівнює 560 мкА/град[3].

2.3. Висновок до розділу 2

В даному розділі було досліджено етапи заходу літака на посадку. Було отримано та описано нелінійні закони автоматичного управління середньомагістрального літака в режимі автоматичної стабілізації заданої барометричної висоти та руху літака відносно глісади на етапі заходу на посадку за сигналами ГРМ.

Також було розглянено середньомагістральний літак та досліджено його геометричні, масово-інерційні та аеродинамічні характеристики.

Також було розглянено та описано нелінійну математичну модель тракту ГРМ-ГРП. Було описано можливі перешкоди в тракті та шляхи їх мінімізації.

Результатом дослідження в даному розділі є математична заходу літака на посадку за сигналами ГРМ.

3. «ЦИФРОВА МОДЕЛЬ ДИНАМІКИ АВТОМАТИЧНО КЕРОВАНОГО ЗАХОДУ НА ПОСАДКУ ЛІТАКА ЗА СИГНАЛАМИ ГЛІСАДНОГО РАДІОМАЯКА»

3.1. Мова програмування

JavaScript® (зазвичай просто JS) — це легка, інтерпретована або JIT-компільована, об'єктно-орієнтована мова з функціями першого класу. Найбільш широке застосування знаходить як мова для створення сценаріїв веб-сторінок та забезпечення їх динамічності, але також використовується і в інших програмних продуктах, наприклад, Node.js або Apache CouchDB. JavaScript це прототипно-орієнтована, мультипарадигменна мова, в якій застосовується динамічна типізація, яка підтримує об'єктно-орієнтований, імперативний і декларативний (наприклад, функціональне програмування) підходи до програмування.

Стандартом мови JavaScript є ECMAScript. Станом на 2020, всі сучасні браузери повністю підтримують ECMAScript 6, випуск якого відбувся 17 червня, 2015 року. Ця версія офіційно називається ECMAScript 2015 року, яку найчастіше називають ECMAScript 2015 або просто ES2015. З недавнього часу стандарти ECMAScript випускаються щорічно. На даний момент найбільш новою є версія ES2020. Більш ранні версії браузерів підтримують принаймні - ECMAScript 5.1, що має ряд недоліків порівняно більш новими версіями [7].

JavaScript має низку властивостей об'єктно-орієнтованої мови, але завдяки концепції прототипів підтримка об'єктів в ній відрізняється від традиційних мов ООП. Крім того, JavaScript має декілька властивостей, що притаманні виключно функціональним мовам програмування. До них можна віднести

Кафедра КІТ (47)				НАУ 20 22 33 000 ПЗ			
Виконав	Сова С.В.			Цифрова модель динаміки автоматично керованого заходу на посадку літака за сигналами глісадного радіомаяка	Літ.	Арк.	Аркушів
Керівник	Полухін А.В.					25	11
Консульт.					УС-211М 122		
Н. Контр.	Райчев І.Е						

- функції як об'єкти першого класу;
- об'єкти як списки;
- каррінг;
- анонімні функції;
- замикання (closures)

Даний функціонал додає мові додаткову гнучкість, робить її універальною та забезпечує популярність її у світі програмування[7].

JavaScript має C-подібний синтаксис, але в порівнянні з мовою C він дещо спрощений для полегшення вивчення та має наступні корінні відмінності:

- об'єкти, з можливістю інтроспекції і динамічної зміни типу через механізм прототипів;
- функції як об'єкти першого класу;
- обробка винятків;
- автоматичне приведення типів;
- автоматичне збирання сміття;
- анонімні функції.

JavaScript містить декілька вбудованих об'єктів: Global, Object, Error, Function, Array, String, Boolean, Number, Math, Date, RegExp. Крім того, JavaScript містить набір вбудованих операцій, які, грубо кажучи, не обов'язково є функціями або методами, а також набір вбудованих операторів, що управляють логікою виконання програм, або елементів веб сторінок.

Семантика мови схожа з семантикою мови Self[8].

3.2. Схема алгоритму цифрової математичної моделі

Схема алгоритму цифрової математичної моделі динаміки польоту літака в повздовжній площині має наступний вигляд:

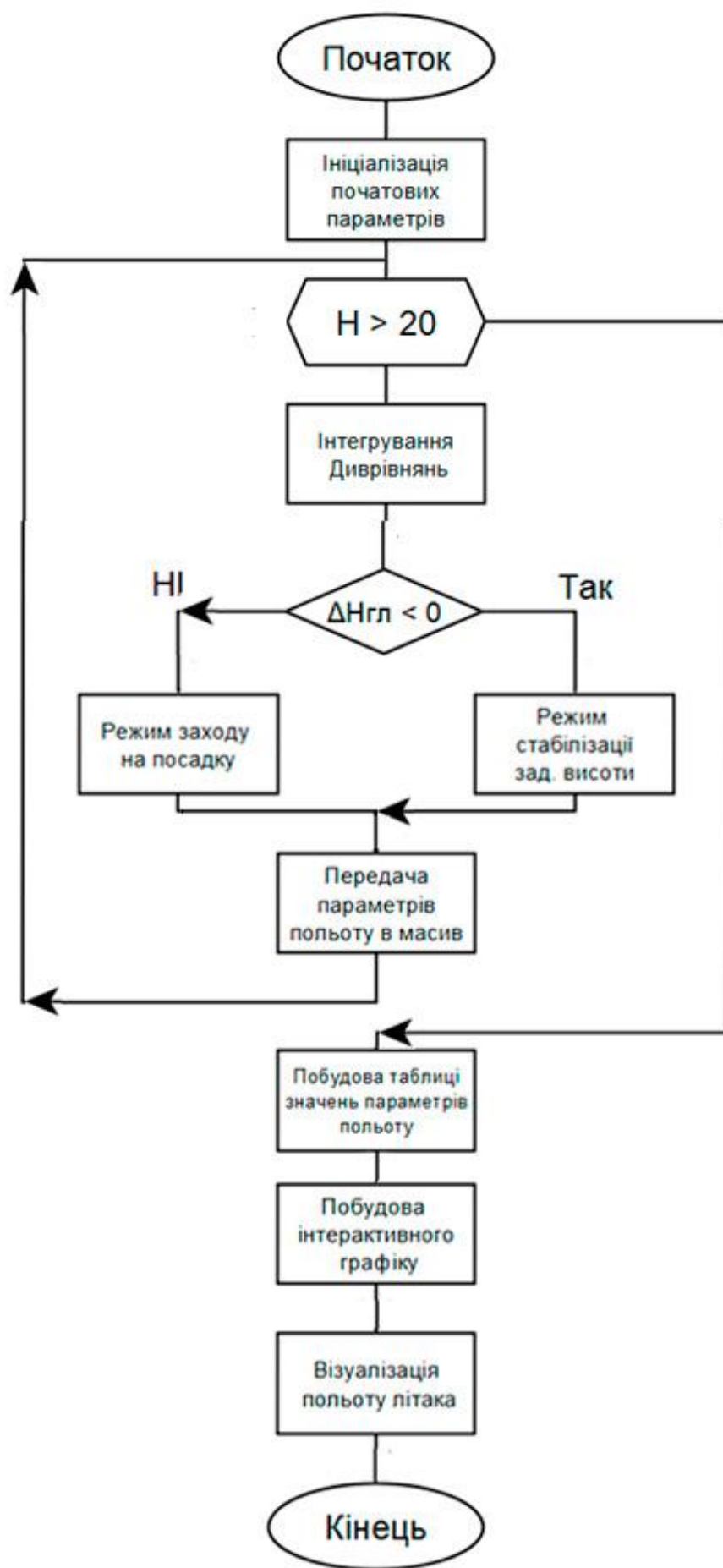


Рис. 3.1 Схема алгоритму

Вищевказана схема алгоритму може бути застосована для розробки на мові програмування JavaScript та складається з таких функціональних блоків:

Визначення параметрів польоту – На першому етапі відбувається зчитування параметрів польоту та атмосфери, що були обрані користувачем, ініціалізація параметрів по замовчуванню та обрахунок коефіцієнтів диференціальних рівнянь. До параметрів, що може обрати користувач відносяться

- Кут залягання глісади
- Швидкість руху літака
- Вага літака
- Початкова висота польоту;
- Відстань до злітно посадкової смуги(ЗПС)
- Інтенсивність АТ;
- Крутизна тракту ГРМ-ГРП

Після цього відбувається ініціалізація та присвоєння значень для усіх допоміжних змінних.

Інтегрування системи диференціальних рівнянь методом Ейлера – На другому етапі відбувається запуск та виконання основного циклу програми, завдання якого полягає у визначенні параметрів польоту у кожен момент часу моделювання шляхом ітеративного інтегрування. Для виконання процесу інтегрування використовується метод Ейлера. Його було обрано для забезпечення дотримання основних вимог ПП, а саме швидкості та точності моделювання, оскільки він є у разі швидшим за інші методи завдяки його відносній простоті, і в той же час він не поступається їм в точності настільки, щоб заміна його іншим методом була виправданою. Цикл виконується до тих пір, поки висота літака над ЗПС не перетне межу 20м.

Визначення положення літака відносно глісади ($\Delta H_{gl} < 0$) – На даному етапі визначається положення літака відносно рівносигнальної зони ГРМ. Глісада вважається «захопленою», якщо літак перетнув її умовно лінію та знаходиться над нею. До того часу поки умову не було виконано модель, як і система автоматичного управління (САУ) літака перебуває у режимі автоматичної стабілізації заданої барометричної висоти. Відразу після того як дану умову виконано модель переходить

у режим автоматично керованого зходу на посадку. В даному режимі модель залишається до завершення процесу моделювання, або до завершення роботи програмного продукту (ПП), якщо він станеться раніше через збій системи, або з ініціативи користувача.

Режим стабілізації заданої барометричної висоти – в даному режимі САУ, (в даному випадку її модель) контролює барометричну висоту літака, щоб вона була незмінною, настільки це можливо, та залишалась на рівні заданої висоти, що була визначена на початку роботи системи. САУ контролює висоту шляхом відхилення руля висоти в ту чи іншу сторону в разі впливу на літак зовнішніх чинників, або дій пілота, чи інших підсистем САУ.

Режим автоматично керованого заходу на посадку – в даному режимі модель САУ літака контролює рух літака по лінії глісади. В даному випадку керування також здійснюється за допомогою руля висоти. Рух літака по глісаді близький до аперіодичного.

Збереження параметрів польоту в масив – останнім етапом виконання тіла циклу є передача отриманих в результаті його роботи параметрів до глобального масиву. Також на даному етапі відбувається структуризація усіх даних для більш зручного їх використання. Даний крок забезпечує відсіювання непотрібних у подальшому даних, що позитивно впливає на загальну швидкість роботи ПП.

Генерація таблиці із необхідними значеннями параметрів польоту – Після завершення перехідного процесу (досягнення літаком висоти 20м над ЗПС) структуризації та збереження параметрів польоту відбувається генерація та відображення користувачу таблиці зі значеннями параметрів польоту, з кроком в 1 секунду. Побудова таблиці з більш малим кроком відображення не є виправданою, оскільки це зменшить її читаємість та погано впливатиме на загальне враження від інтерфейсу користувача.

Відображення інтерактивного графіку – На даному етапі здійснюється побудова графіку залежності барометричної висоти літака від відстані до торця ЗПС, за використанням масиву, що був збережений на попередньому етапі. Даний графік, як і таблиця необхідний для подальшого аналізу польоту та отримання детальної

інформації про модель. Графік можна масштабувати, що значно полегшує роботу з ним. В даному ПП графік розроблено за допомогою сторонньої JavaScript бібліотеки HighCharts.js. Дана бібліотека не потребує великих затрат обчислювальної потужності центрального процесора та пам'яті комп'ютера.

Візуалізація розробленої моделі – на завершальному етапі роботи програми виконується робота функціонального блоку, який відповідає за візуалізацію. Висота та положення у площині літака ітеративно проєктуються на повздовжню площину у масштабі часу 1:40.

Код програми розміщено в додатку А.

3.3. Анімаційний супровід руху літака при заході на посадку

Комп'ютерна графіка означає нанесення зображення на екран комп'ютера, або іншого обчислювального пристрою. Комп'ютерна графіка є підгалузю інформатики, яка вивчає методи цифрового синтезу та маніпулювання візуальним вмістом. Хоча цей термін часто стосується вивчення тривимірної комп'ютерної графіки, він також охоплює двовимірну графіку та інші види обробки зображень.[9]

Комп'ютерна графіка вивчає маніпулювання візуальною та геометричною інформацією за допомогою обчислювальних пристроїв. Дана галузь інформатики зосереджена на математичних та обчислювальних засадах формування та обробки зображень, а не на чисто естетичних питаннях. Комп'ютерну графіку часто диференціюють від області візуалізації, хоча ці два поля мають багато спільного.

До підоблстей комп'ютерної графіки відносять:

- Дизайн друку
- Цифрове мистецтво
- Спецефекти
- Відео ігри
- Візуальні ефекти

3.3.1. Класифікація методів комп'ютерної графіки.

Растрова графіка – це цифрове зображення, створене або захоплене (наприклад, шляхом сканування на фотографії) як набір зразків даного простору. Растр - це сітка координат x та y на просторі відображення. (А для тривимірних зображень також присутня координата z .) Файл растрового зображення визначає, яку з цих координат висвітлити в монохромному чи визначеному значенню кольору з необхідною інтенсивністю кольоровому значенням. Растровий файл іноді називають растровим зображенням, оскільки він містить інформацію, яка безпосередньо відображається у сітці відображення.[10].

Растрові зображення зазвичай зберігаються у таких форматах: JPEG, PNG, APNG, GIF та MPEG4.

Векторна графіка – це зображення комп'ютерної графіки, які визначаються через точки на декартовій площині, з'єднані лініями та кривими, утворюючи багатокутники та інші геометричні фігури. Векторна графіка має унікальну перевагу перед растровою графікою, оскільки точки, лінії та криві можуть бути збільшені або зменшені до будь-якої роздільної здатності без згладжування. Точки визначають напрямок векторного шляху; кожен шлях може мати різні властивості, включаючи значення кольору штриху, форми, кривої, товщини та заливки.

Сьогодні векторна графіка зазвичай зустрічається у форматах графічних файлів SVG, EPS, PDF або AI[11].

Основна різниця між векторною та растровою графікою полягає в тому, що растрове зображення формується з пікселів, тоді як векторне складається з функцій та виразів. Растрова графіка, така як gif або jpeg, - це масив пікселів різних кольорів, які разом утворюють зображення.

Фрактальна Графіка – це форма алгоритмічного мистецтва, створена шляхом обчислення фрактальних об'єктів та подання результатів обчислення як нерухомих зображень, анімації та медіа. Фрактальна графіка розвивалась починаючи з середини 1980-х років. Це жанр цифрового мистецтва, яке є частиною мистецтва медіа так комп'ютерної графіки. За допомогою фрактальної графіки створюються елементи абстрактного мистецтва.

Фрактальні зображення створюється опосередковано за допомогою програмного забезпечення, що генерує фрактал, переживаючи три фази:

- встановлення параметрів відповідного фрактального програмного забезпечення;
- виконання можливо тривалого розрахунку; та оцінка товару.

У деяких випадках для подальшої модифікації зображень використовуються інші графічні програми. Це називається післяобробкою. Нефрактальні зображення також можуть бути інтегровані в ілюстрацію[12].

В кінцевому результаті векторне зображення перетворюється у растрове для відображення на моніторі, або для друку, оскільки технології на даному етапі розвитку людства не дозволяють відображувати векторні зображення без трансформації у растрове.

Двовимірна комп'ютерна графіка – це комп'ютерна генерація цифрових зображень - переважно з двовимірних моделей (таких як 2D-геометричні моделі, текст та цифрові зображення) та за допомогою специфічних для них технік. Це слово може означати галузь обчислювальної техніки, що включає такі методи, або самі моделі.

Двовимірна комп'ютерна графіка в основному використовується в додатках, які спочатку розроблялись за традиційними технологіями друку та малювання, наприклад, типографіки, картографії, технічного малювання, реклами тощо. У цих додатках двовимірне зображення - це не просто представлення реального об'єкта, але незалежний артефакт із доданою семантичною цінністю.

Розвиток 2D-графіки розпочалась у 1950-х роках на основі пристроїв векторної графіки. Вони були в основному витіснені растровими пристроями в наступні десятиліття. Мова PostScript та протокол X Window System були знаковими подіями в цій галузі[13].

Тривимірна комп'ютерна графіка або тривимірна комп'ютерна графіка (на відміну від 2D-графіки) – це графік, якf використовує тривимірне представлення геометричних даних (часто декартових), які зберігаються в комп'ютері для цілей виконання обчислень та візуалізації 2D зображення. Отримані зображення можна

зберігати для подальшого перегляду (можливо, як анімацію) або відобразити в режимі реального часу. На відміну від 3D-плівки та подібних прийомів, результат є двовимірним, без ілюзії твердості.

Тривимірна комп'ютерна графіка покладається на багато тих самих алгоритмів, що і 2D комп'ютерна векторна графіка в дротовій моделі, і 2D комп'ютерна растрова графіка на кінцевому відображеному дисплеї. У програмному забезпеченні для комп'ютерної графіки 2D-програми можуть використовувати 3D-методи для досягнення таких ефектів, як освітлення, і, аналогічним чином, 3D можуть використовувати деякі 2D-техніки візуалізації.

Об'єкти в 3D-комп'ютерній графіці часто називають 3D-моделями. На відміну від візуалізованого зображення, дані моделі містяться у графічному файлі даних. 3D-модель - це математичне зображення будь-якого тривимірного об'єкта; модель технічно не є графікою, поки вона не відображається. Модель може бути відображена візуально у вигляді двовимірного зображення за допомогою процесу, що називається 3D-рендерінгом, або може використовуватися в неграфічних комп'ютерних моделюваннях та розрахунках[14].

3.3.2. 2D-анімація

Слово анімація сягає своїм корінням до експериментів італійського анатома Луїджі Гальвані, де він намагався стимулювати ноги жаб за допомогою електричних імпульсів, а потім вони «смикалися». Це стало орієнтиром для слова анімація, тобто руху тварин.

2D-анімація означає будь-яке рухоме мистецтво, створене для роботи у двовимірному просторі. У ньому окремі малюнки складаються в послідовність, і коли вони граються разом, це видає ілюзію рухомого фільму. Це дозволило аніматорам створювати рухливе мистецтво, не залучаючи людей чи природні пейзажі, а також створювати будь-який тип персонажів, істот та фонів, як вони бажають.

Як впливає з назви, 2D-анімація має справу з 2D-об'єктами та фігурами, які можна виміряти лише за їх висотою та шириною[15].

3.3.3. Види графіки, використані в проєкті

Для виконання завдання, описаного в темі дипломної роботи було вирішено використати засоби растрової графіки, оскільки більше підходить для розробки анімацій та потребує менших затрат обчислювальної потужності комп'ютера. Також перевагою растрової графіки є те, що її опрацюванням займається графічний процесор, який є менш завантаженим на відміну від центрального.

З тих же міркувань було обрано двовимірну графіку на відміну від тримивірної. Так робота з двовимірною графікою є значно простішою для графічного процесора, а отже буде виконуватись швидше, що є надзвичайно важливим фактором. Також необхідно прийняти до уваги той факт, що літак в процесі моделювання здійснює переміщення та кутові еволюції лише у повздовжній площині, отже використання об'ємного зображення не є виправданим.

Оскільки для роботи було обрано мову програмування JavaScript, для створення зображення необхідно використати елемент розмітки `<canvas>`.

Елемент `<canvas>` (у перекладі з англійської означає «полотно») являє собою контейнер, у якому можна створювати будь-які зображення та здійснювати з ними маніпуляції за допомогою JavaScript методів[16].

Елемент `canvas` надає сценаріям залежне від роздільної здатності растрове полотно, яке можна використовувати для рендеринга графіків, ігрової графіки, мистецтва чи інших візуальних зображень на льоту.

Автори не повинні використовувати елемент `<canvas>` в документі, коли доступний більш підходящий елемент. Наприклад, недоречно використовувати `<canvas>` для візуалізації заголовка сторінки: якщо бажана презентація заголовка є графічно інтенсивною, вона повинна бути розмічена за допомогою відповідних елементів (як правило, `h1`), а потім стилізована за допомогою CSS та підтримуючих технологій, таких як тіньові дерева[16].

3.4. Висновок до розділу 3

В процесі роботи над даним розділом було обрано та розглянуто мову програмування JavaScript, що найкраще підходить для розробки ПП, розробка якого є основною задачею стартап-проекту. Було розглянено переваги обраної мови програмування над альтернативами та обґрунтовано її вибір.

Також було розроблено схему алгоритму на основі якої необхідно розробити програмний продукт. Всі функціональні блоки схеми алгоритму було детально описано та для більш простої розробки ПП у майбутньому.

У третьому підрозділі було переглянуто та детально описано види комп'ютерної графіки та їх класифікацію. Також було проаналізовані переваги та недоліки кожного з видів. На основі цієї інформації було вирішено, що оптимальними видами графіки для візуалізації динаміки заходу літака на посадку за сигналами глісадного радіомаяка у повздовжній площині є двовимірні растрова графіка. Двох вимірів достатньо щоб детально відобразити кутові та лінійні переміщення літака у обраних умовах та з урахування спрощень описаних у розділі 1. Растрова графіка дозволить зменшити навантаження на ЦП та при цьому дозволить детально зобразити перехідний процес як дисплеях з високою роздільною здатністю, так і на дисплеєм з малою кількістю пікселів на дюйм квадратний.

За результатами отриманими в даному розділі можна починати розробку ПП.

4. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІКИ АВТОМАТИЧНО КЕРОВАНОГО ЗАХОДУ НА ПОСАДКУ ЛІТАКА ЗА СИГНАЛАМИ ГРМ

4.1. Дослідження динамічної подібності

Для виконання дослідження подібності динаміки розробленої моделі заходу літака на посадку, що є частиною ПП, розробленого на основі схеми алгоритму, що отримана у попередньому розділі та реального об'єкту необхідно дотримуватися наступних кроків:

- Крок 1: вимкнення законів управління, що забезпечують захід літака на посадку та рух літака на заданій висоті;
- Крок 2: моделювання відхилення руля висоти;
- Крок 3: Здійснення дослідження перехідного процесу, а саме проаналізувати характеристику зміни вертикального перевантаження[3].

Виконаємо перший крок. Для цього необхідно задати кут відхилення руля висоти -2° (від'ємне значення відповідає відхиленню руля висоти вгору):

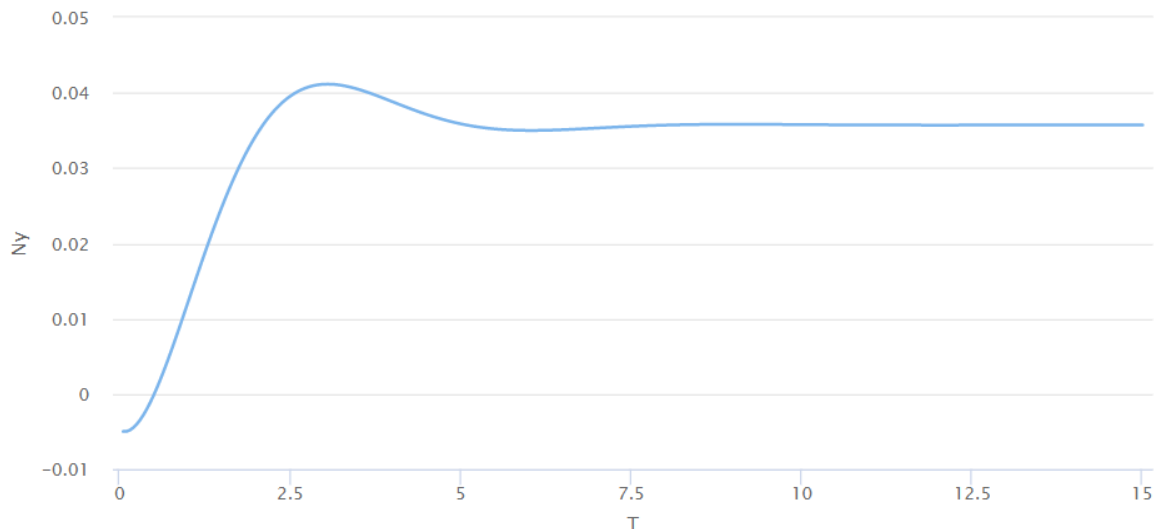


Рис. 4.1. Перехідний процес зміни вертикального перевантаження

Кафедра КІТ (47)				НАУ 20 22 33 000 ПЗ			
Виконав	Сова С.В.			Результати дослідження динаміки автоматично керованого заходу на посадку літака за сигналами ГРМ	Літ.	Арк.	Аркушів
Керівник	Полухін А.В.					36	12
Консульт.					УС-211М 122		
Н. Контр.	Шевченко О.П.						

В результаті виконання даної маніпуляції отримуємо зміну вертикального перевантаження, що можна побачити на графіку, зображеному на рис. 4.1.

Проаналізуємо отриманий перехідний процес:

Час здійснення перехідного процесу ($t_{пп\alpha}$) = 7.5с;

Період коливань (T_α) = 5;

На основі отриманих значень, розрахуємо динамічні характеристики:

$$\delta_\epsilon^{n_y} = \frac{\partial \delta_\epsilon}{\partial n_y} \approx \frac{\Delta \delta_\epsilon}{\Delta n_y} = \frac{-2}{0,083} = -24,096;$$

$$v_{np} \approx v_i;$$

$$v_i = v * \sqrt{\frac{\rho_n}{\rho_0}} = 78 * \sqrt{\frac{0,119}{0,1249}} = 76,135 \left(\frac{M}{c}\right) = 274,1 \left(\frac{KM}{200}\right);$$

$$M = \frac{v}{a} = \frac{78}{340} = 0,229;$$

$$\delta_{вбал} = -57,3 \frac{m_{z0} + m_z^\alpha \alpha_{бали} / 57,3 + c_{убали} (\bar{x}_{т1} - 0,24)}{m_z^{\delta_{вб}}}$$

Отримані значення необхідно порівняти зі значеннями, їх у реальних умовах, отриманих під час льотних випробувань. Результати порівняльної характеристики зображено у табл. 4.1.

Табл 4.1.

Порівняльна таблиця динамічних та статичних характеристик розробленої моделі та реального об'єкту

$t_{пп}, c$		T_α, c		$\delta_{вбал}, \text{град}$		$\delta_{в}^{n_y}, \frac{\text{град}}{\text{од. пер}}$	
Модель	Реальний об'єкт	Модель	Реальний об'єкт	Модель	Реальний об'єкт	Модель	Реальний об'єкт
7.5	3-6	5	4-6	-11.79	-11.5	-28	-25

В результаті виконання дослідження динамічної подібності до реального об'єкту було доведено, що дана модель, а отже і ПП продукт є подібним за статичними та динамічними характеристиками до реального середньомагистрального літака. Це означає, що ПП можна використовувати для проведення дослідження динаміки заходу літака на посадку за сигналами ГРМ без втрати точності та отримані результати є достовірними.

4.2. Дослідження заходу на посадку літака за сигналами ГРМ в умовах спокійної атмосфери при змінних значеннях крутизни тракту ГРМ-ГРП та з номінальними значеннями інших змінюваних параметрів



Рис 4.2. Динаміка заходу на посадку при значенні крутизни тракту 200мкА/град

На рисунку 4.2 зображено шлях, що здійснює літак під час заходу на посадку за сигналами глісадного радіомаяка, в даному випадку значенням крутизни тракту ГРМ-ГРП дорівнює 200мкА/град. Значення кута залягання глісади дорівнює $2,57^\circ$.

«Захват» глісади є процесом, що близький до аперіодичного та характеризується значенням максимального перерегулювання рівним 8 мкА. Дане значення не перевищує за модулем визначеного стандартом його максимально допустимого значення ± 125 мкА. Стабілізація літака у рівносигнальній зоні глісади здійснюється з максимальним абсолютним значенням перерегулювання по 34 мкА. Отримане значення не перевищує визначеного за стандартом його максимально допустимого значення, що рівне 55 мкА.

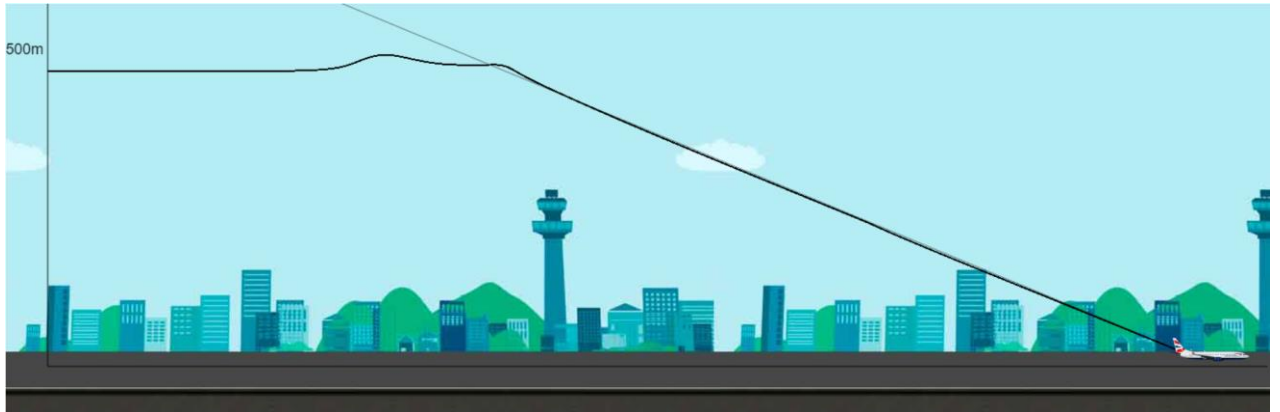


Рис. 4.3. Динаміка заходу літака на посадку при значенні крутизни тракту 560мкА/град

На рисунку 4.3 зображено шлях, що здійснює літак під час заходу на посадку за сигналами глісадного радіомаяка, в даному випадку значенням крутизни тракту ГРМ-ГРП дорівнює 560мкА/град. Значення кута залягання глісади дорівнює $2,57^\circ$.

«Захват» глісади є процесом, що близький до аперіодичного та характеризується значенням максимального перерегулювання рівним 24 мкА. Дане значення не перевищує за модулем визначеного стандартом його максимально допустимого значення ± 125 мкА. Стабілізація літака у рівносигнальній зоні глісади здійснюється з максимальним абсолютним значенням перерегулювання по 27 мкА. Отримане значення не перевищує визначеного за стандартом його максимально допустимого значення, що рівне 55 мкА.

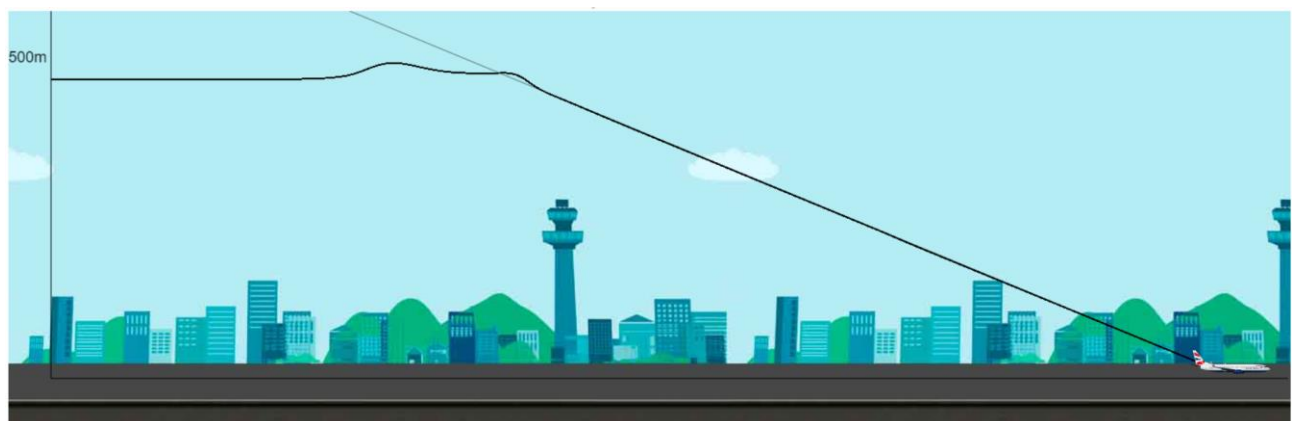


Рис. 4.4. Динаміка заходу літака на посадку при значенні крутизни тракту 925мкА/град

На рисунку 4.4 зображено шлях, що здійснює літак під час заходу на посадку за сигналами глісадного радіомаяка, в даному випадку значенням крутизни тракту ГРМ-ГРП дорівнює 925мкА/град. Значення кута залягання глісади дорівнює 2,57°.

«Захват» глісади є процесом, що близький до аперіодичного та характеризується значенням максимального перерегулювання рівним 40 мкА. Дане значення не перевищує за модулем визначеного стандартом його максимально допустимого значення ± 125 мкА. Стабілізація літака у рівносигнальній зоні глісади здійснюється з максимальним абсолютним значенням перерегулювання по 15 мкА. Отримане значення не перевищує визначеного за стандартом його максимально допустимого значення, що рівне 55 мкА.

4.3. Дослідження динаміки польоту літака в режимі заходу на посадку за сигналами ГРМ в умовах спокійної атмосфери при змінних значеннях кута залягання глісади та з номінальними значеннями інших варіативних параметрів

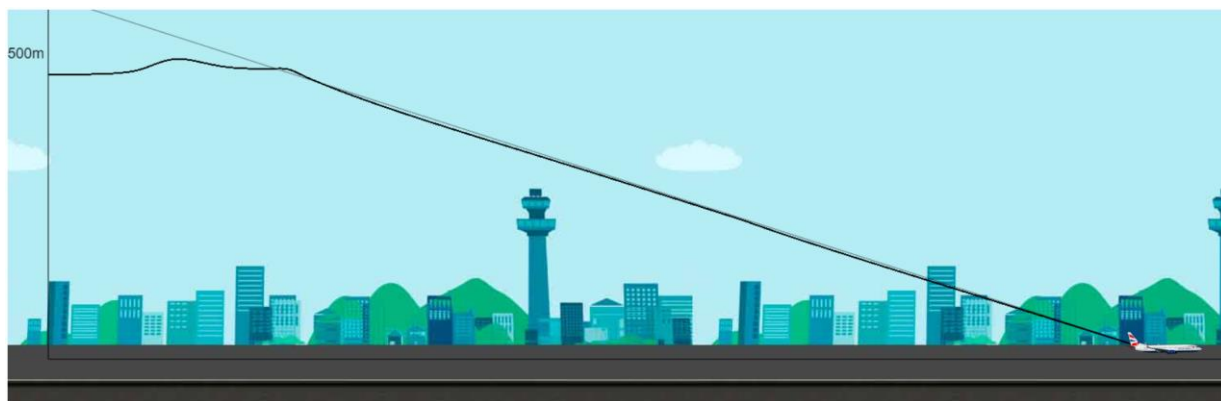


Рис. 4.5. Динаміка заходу літака на посадку при значенні значенні кута залягання глісади 2°

На рисунку 4.5 зображено шлях, що здійснює літак під час заходу на посадку за сигналами глісадного радіомаяка. Даний проліт здійснено в умовах, при яких значення кута залягання глісади дорівнює 2. Значення° крутизни тракту ГРМ-ГРП дорівнює 925мкА/град, що відповідає номінальному.

«Захват» глісади в умовах даного прольоту є процесом, що близький до аперіодичного та характеризується значення максимального перерегулювання рівним 13 мкА. Дане значення не перевищує за модулем визначеного стандартом його максимально допустимого значення ± 125 мкА. Стабілізація літака у рівносигнальній зоні глісади здійснюється з максимальним абсолютним значенням перерегулювання по 29 мкА. Отримане значення не перевищує визначеного за стандартом його максимально допустимого значення, що рівне 55 мкА.

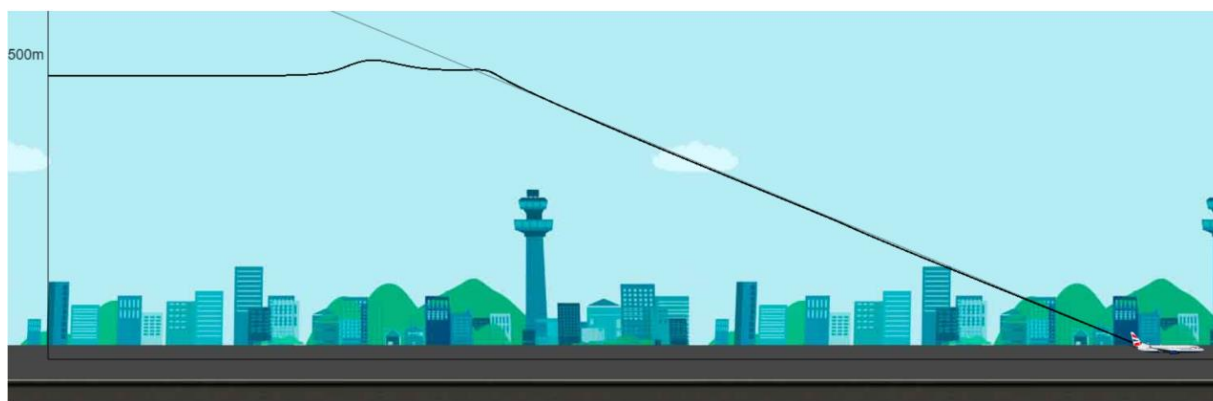


Рис. 4.6. Динаміка заходу літака на посадку при значенні значенні кута залягання глісади $2,57^\circ$

На рисунку 4.6 зображено шлях, що здійснює літак під час заходу на посадку за сигналами глісадного радіомаяка. Даний проліт здійснено в умовах, при яких значення кута залягання глісади дорівнює 2. Значення^о крутизни тракту ГРМ-ГРП дорівнює 925мкА/град, що відповідає номінальному.

Під час даного прольоту було з'ясовано, що «захват» глісади в описаних вище умовах є процесом, що близький до аперіодичного та характеризується значення максимального перерегулювання рівним 24 мкА. Дане значення не перевищує за модулем визначеного стандартом його максимально допустимого значення ± 125 мкА. Стабілізація літака у рівносигнальній зоні глісади здійснюється з максимальним абсолютним значенням перерегулювання по 27 мкА. Отримане значення не перевищує визначеного за стандартом його максимально допустимого значення, що рівне 55 мкА.



Рис. 4.7. Динаміка заходу літака на посадку при значенні значенні кута залягання глісади 4°

На рисунку 4.7 зображено шлях, що здійснює літак під час заходу на посадку за сигналами глісадного радіомаяка. Даний проліт здійснено в умовах, при яких значення кута залягання глісади дорівнює 2° . Значення $^\circ$ крутизни тракту ГРМ-ГРП дорівнює 925 мкА/град , що відповідає номінальному.

Під час даного прольоту було з'ясовано, що «захват» глісади в описаних вище умовах є процесом, що близький до аперіодичного та характеризується значення максимального перерегулювання рівним 74 мкА . Дане значення не перевищує за модулем визначеного стандартом його максимально допустимого значення $\pm 125 \text{ мкА}$. Стабілізація літака у рівносигнальній зоні глісади здійснюється з максимальним абсолютним значенням перерегулювання по 24 мкА . Отримане значення не перевищує визначеного за стандартом його максимально допустимого значення, що рівне 55 мкА .

4.4. Дослідження динаміки польоту літака в режимі заходу на посадку за сигналами ГРМ в умовах змінної турбулентності атмосфери при номінальних значеннях кута залягання глісади та крутизни тракту ГРМ-ГРП

Для виконання даного дослідження було здійснено 3 тестових прольоти з номінальними значеннями крутизни тракту та кута залягання глісади, зі змінною потужністю турбулентного вітру.



Рис. 4.8. Динаміка заходу літака в умовах відсутності турбулентного вітру

На рисунку 4.8 зображено шлях, що здійснює літак під час заходу на посадку за сигналами глісадного радіомаяка. Даний проліт здійснено в умовах, при яких значення кута залягання глісади дорівнює 2° , значення крутизни тракту ГРМ-ГРП дорівнює 925 мкА/град , що відповідає номінальним значенням. Атмосфера спокійна.

Під час даного прольоту було з'ясовано, що «захват» глісади в описаних вище умовах є процесом, що близький до аперіодичного та характеризується значення максимального перерегулювання рівним 24 мкА . Дане значення не перевищує за модулем визначеного стандартом його максимально допустимого значення $\pm 125 \text{ мкА}$. Стабілізація літака у рівносигнальній зоні глісади здійснюється з максимальним абсолютним значенням перерегулювання по 27 мкА . Отримане значення не перевищує визначеного за стандартом його максимально допустимого значення, що рівне 55 мкА .

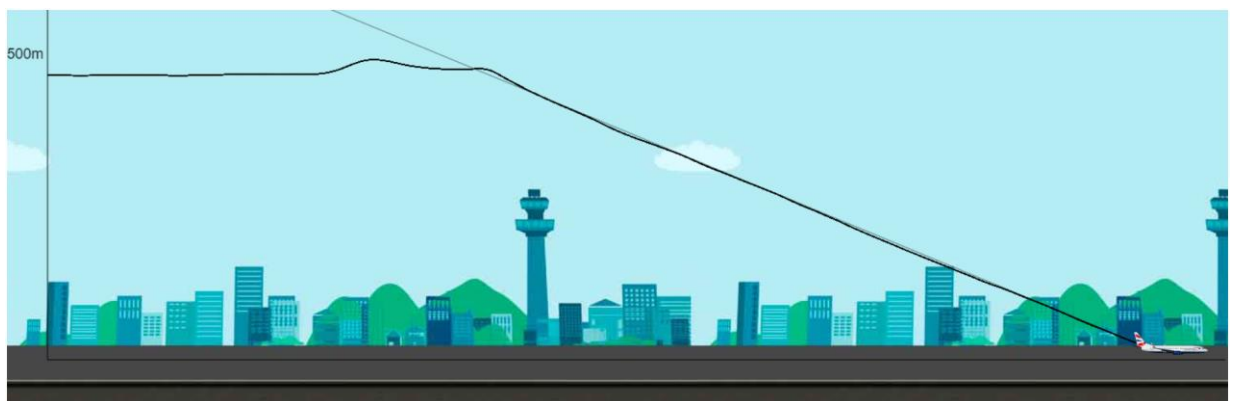


Рис. 4.9. Динаміка заходу літака на посадку в умовах слабого турбулентного вітру

На рисунку 4.9 зображено шлях, що здійснює літак під час заходу на посадку за за сигналами глісадного радіомаяка. Даний проліт здійснено в умовах, при яких значення кута залягання глісади дорівнює 2° , значення крутизни тракту ГРМ-ГРП дорівнює 925мкА/град , що відповідає номінальним значенням. Застосовано слабкий турбулентний вітер($\sigma_{W_Y} = 0,5\text{м/с}$).

Під час даного прольоту було з'ясовано, що «захват» глісади в описаних вище умовах є процесом, що близький до аперіодичного та характеризується значення максимального перерегулювання рівним 32 мкА . Дане значення не перевищує за модулем визначеного стандартом його максимально допустимого значення $\pm 125\text{ мкА}$. Стабілізація літака у рівносигнальній зоні глісади здійснюється з максимальним абсолютним значенням перерегулювання по 33 мкА . Отримане значення не перевищує визначеного за стандартом його максимально допустимого значення, що рівне 55 мкА .



Рис. 4.10. Захід на посадку в умовах помірного турбулентного вітру

На рисунку 4.10 зображено шлях, що здійснює літак під час заходу на посадку за за сигналами глісадного радіомаяка. Даний проліт здійснено в умовах, при яких значення кута залягання глісади дорівнює 2° , значення крутизни тракту ГРМ-ГРП дорівнює 925мкА/град , що відповідає номінальним значенням. Застосовано турбулентний вітер середньої потужності($\sigma_{W_Y} = 1\text{м/с}$).

Під час даного прольоту було з'ясовано, що «захват» глісади в описаних вище умовах є процесом, що близький до аперіодичного та характеризується значення максимального перерегулювання рівним 39 мкА. Дане значення не перевищує за модулем визначеного стандартом його максимально допустимого значення ± 125 мкА. Стабілізація літака у рівносигнальній зоні глісади здійснюється з максимальним абсолютним значенням перерегулювання по 48 мкА. Отримане значення не перевищує визначеного за стандартом його максимально допустимого значення, що рівне 55 мкА, але воно є небезпечно наближеним до виставлених меж.

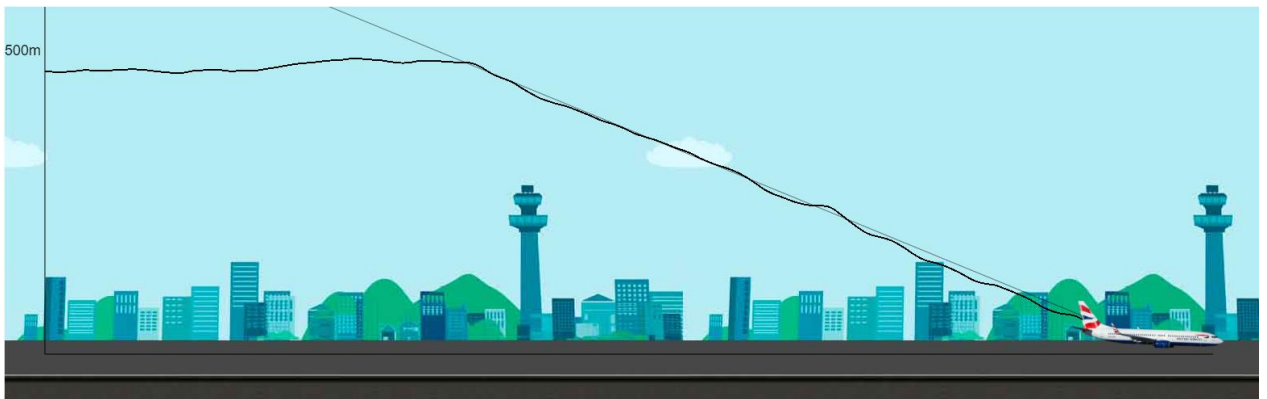


Рис. 4.11. Захід на посадку в умовах сильного турбулентного вітру

На рисунку 4.11 зображено шлях, що здійснює літак під час заходу на посадку за за сигналами глісадного радіомаяка. Даний проліт здійснено в умовах, при яких значення кута залягання глісади дорівнює 2° , значення крутизни тракту ГРМ-ГРП дорівнює 925мкА/град, що відповідає номінальним значенням. Застосовано турбулентний вітер високої потужності ($\sigma_{WY} = 3\text{м/с}$).

Під час даного прольоту було з'ясовано, що «захват» глісади в описаних вище умовах є процесом, що близький до аперіодичного та характеризується значення максимального перерегулювання рівним 85 мкА. Дане значення не перевищує за модулем визначеного стандартом його максимально допустимого значення ± 125 мкА. Стабілізація літака у рівносигнальній зоні глісади здійснюється з максимальним абсолютним значенням перерегулювання по 140 мкА. Отримане значення критично

перевищує визначене за стандартом його максимально допустиме значення, що рівне 55 мкА.

Захід на посадку в умовах що близькі до умов даного прольоту є небезпечним для життя екіпажу та пасажирів літака, або крихкого, чутливого до перевантажень вантажу. Перевантаження, що виникають у даних умовах здійснюють негативний вплив на конструкцію літака та можуть привести до його пошкодження.

4.5. Висновок до розділу 4

Під час робіт над розділом 4 було виконано дослідження динамічної подібності розробленої моделі руху літака у повздовжній площині, що є частиною ПП, до реального середньомагістрального літака шляхом порівняння їх статичних та динамічних характеристик.

Після доведення динамічної подібності моделі до реального об'єкту було виконано тестові запуски моделі (прольоти) з різними параметрами польоту та атмосфери, та проаналізовано кожен з них.

Було досліджено та наочно доведено що виконання заходу на посадку в режимі автопілоту в умовах слабкої АТ є допустимим та не призведе до суттєвого дискомфорту для екіпажу та пасажирів літака.

Атмосферна турбулентність середньої потужності має значний вплив на динаміку літака в режимі заходу на посадку, та може призвести до дискомфорту для пасажирів та екіпажу, але не є небезпечною.

Атмосферна турбулентність високої потужності має значний вплив на динаміку літака в режимі заходу на посадку за сигналами ГРМ. Вона здатна викликати вертикальне перевантаженн, що ж небезпечним для конструкції літака та для пасажирів. Захід на посадку в таких умовах не рекомендовано.

5. МАРКЕТИНГОВЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ПЕРСПЕКТИВ СТАРТАП-ПРОЄКТУ «ЦИФРОВА МОДЕЛЬ ЗАХОДУ ЛІТАКА НА ПОСАДКУ ЗА СИГНАЛАМИ ГРМ»

Стартап як форма малого ризикового (венчурного) підприємництва впродовж останнього десятиліття набула широкого розповсюдження у світі через зниження бар'єрів входу в ринок (із появою Інтернету як інструменту комунікацій та збуту стало простіше знаходити споживачів та інвесторів, займатись пошуком ресурсів, перетинати кордони між ринками різних країн), і вважається однією із наріжних складових інноваційної економіки, оскільки за рахунок мобільності, гнучкості та великої кількості стартап-проектів загальна маса інноваційних ідей зростає. Також стартапи можна вважати двигуном прогресу в сучасному світі, адже вони дозволяють невизнаним науковцям та винахідникам досягти успіху та просунути власний продукт на ринку.

Проте створення та ринкове впровадження стартап-проектів відзначається підвищеною мірою ризику, ринково успішними стає лише невелика частка, що за різними оцінками складає від 10% до 20%. Ідея стартап-проекту, взята окремо, не вартує майже нічого: головним завданням керівника проекту на початковому етапі його існування є перетворення ідеї проекту у працюючу бізнес-модель, що розпочинається із формування концепції товару чи послуги для визначеної клієнтської групи за наявних ринкових умов.

Розроблення та виведення стартап-проекту на ринок передбачає здійснення низки кроків, в межах яких визначають ринкові перспективи проекту, графік та принципи організації виробництва, фінансовий аналіз та аналіз ризиків і заходи з просування пропозиції для інвесторів[17].

Дану низку кроків було виконано згідно з рекомендаціями міністерства освіти і науки України.

Кафедра КІТ (47)				НАУ 20 22 33 000 ПЗ			
<i>Виконав</i>	<i>Сова С.В.</i>			Маркетингове дослідження перспектив стратап-проекту «Цифрова модель заходу літака на посадку за сигналами ГРМ»	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Керівник</i>	<i>Полухін А.В.</i>					48	28
<i>Консульт.</i>					УС-211М 122		
<i>Н. Контр.</i>	<i>Райчев І.Е.</i>						

5.1. Етапи розроблення стартап-проєкту

5.1.1. Маркетинговий аналіз стартап-проєкту

В межах цього етапу:

- розробляється опис самої ідеї проєкту та визначаються загальні напрями використання потенційного товару чи послуги, а також їх відмінність від конкурентів;
- аналізуються ринкові можливості щодо його реалізації;
- на базі аналізу ринкового середовища розробляється стратегія ринкового впровадження потенційного товару в межах проєкту.

5.1.2. Організація стартап-проєкту

В межах цього етапу:

- складається календарний план-графік реалізації стартап-проєкту;
- розраховується потреба в основних засобах та нематеріальних активах;
- визначається плановий обсяг виробництва потенційного товару, на основі чого формулюється потреба у матеріальних ресурсах та персоналі;
- розраховуються загальні початкові витрати на запуск проєкту та планові загальногосподарські витрати, необхідні для реалізації проєкту.

5.1.3. Фінансово-економічний аналіз та оцінка ризиків проєкту

В межах цього етапу:

- визначається обсяг інвестиційних витрат;
- розраховуються основні фінансово-економічні показники проєкту (обсяг виробництва продукції, собівартість виробництва, ціна реалізації, податкове навантаження та чистий прибуток) та визначаються показники інвестиційної привабливості проєкту (запас фінансової міцності, рентабельність продажів та інвестицій, період окупності проєкту);

- визначається рівень ризикованості проєкту, визначаються основні ризики проєкту та шляхи їх запобігання (реагування на ризики).

5.1.4. Заходи з комерціалізації проєкту

Цей етап спрямовано на пошук інвесторів та просування інвестиційної пропозиції (оферти).

Він передбачає:

- визначення цільової групи інвесторів та опису їх ділових інтересів;
- складання інвест-пропозиції (оферти): стислої характеристики проєкту для попереднього ознайомлення інвестора із проєктом;
- планування заходів з просування оферти: визначення комунікаційних каналів та площадок та планування системи заходів з просування в межах обраних каналів;
- планування ресурсів для реалізації заходів з просування оферти.
- Означені етапи, реалізовані послідовно та вчасно, створюють передумови для успішного ринкового старту.

Проте фахівці зі створення та розвитку стартап-проєктів окремо відзначають, що відсутність маркетингових знань та умінь, що уможлиблюють розробку ринково затребуваного проєкту із вихідної ідеї, є основною причиною високого рівня банкрутств стартап-компаній [17].

5.2. Опис ідеї проєкту

Головною суттю проєкту є математичне моделювання заходу на посадку літака за сигналами ГРМ з різними значеннями крутизни тракту ГРМ-ГРП та кута залягання глісади. Також до функцій ПП продукту включається можливість моделювання впливу атмосферної турбулентності у повздовжній площині, що дозволить протестувати роботу моделі не тільки у спокійній, а й у турбулентній атмосфері. Також крім анімаційного суупроводу заходу літака на посадку, ПП дає змогу

отримати таблицю зі статичними та данамічними характеристиками літака в кожен момент часу.

Опис ідеї проєкту надано в табл. 5.1.

Таблиця 5.1

Опис ідеї стартап-проєкту

Зміст ідеї	Напрямки Застосування	Вигоди для користувача
Цифрова модель заходу літака на посадку за сигналами ГРМ	1) Розробники літаків та авіаційного обладнання 2) Розробники безпілотних літальних апаратів 3) Розробники програмного забезпечення 4) Розробники автоматичних систем навігації та управління	1) Зменшення вартості дослідження динаміки польоту літаків, зокрема, на етапі заходу на посадку 2) Проведення досліджень роботи бортового та наземного навігаційного обладнання без загрози для здоров'я та життя людей 3) Підвищення рівня безпеки польотів у реальних умовах експлуатації

ПП повинен виконувати побудову проєкції шляху, який проходить літак під час заходу на посадку на повздовжню площину. Також задачею ПП є побудова таблиці зі значеннями важливих параметрів польоту щосекунди.

Після опису ідеї стартап-проєкту було побудовано таблицю сильних, слабких та нейтральних характеристик ідеї проєкту (табл. 5.2).

Дана таблиця побудована на основі аналізу потенційних техніко-економічних переваг ідеї, визначено, чим даний програмний продукт відрізняється від існуючих аналогів та заміників порівняно із пропозиціями конкурентів. Складність аналізу полягає в тому, що технічні характеристики ПП основного конкурента варіативні, тобто змінюються залежно від потреб конкретного клієнта. А щорічна вартість підтримки невідома, оскільки являє собою комерційну таємницю та захищена політикою конфіденційності АНТК «Антонов».

Визначення сильних, слабких та нейтральних характеристик ідеї проєкту

№ пор.	Техніко-економічні характеристики ідеї	(Потенційні) товари/концепції конкурентів		W (слабка сторона)	N (нейтральна сторона)	S (сильна сторона)
		Мій проєкт	Проєкт АНТК «Антонов»			
1.	Витрати за рік на розроблення, рекламу, впровадження та обслуговування	\$6200	Вартість невідома (комерційна таємниця)		+	
2.	Швидкість моделювання	<300мс	>300мс			+
3.	Точність моделювання	$\Delta = 0.05\%$	$\Delta = 0.05\%$		+	
4.	Ціна	Договірна	Договірна			+
5.	Оновлюваність	Продукт постійно оновлюється та вдосконалюється	Продукт має єдину версію			+
6.	Підтримка	Доступна цілодобова технічна підтримка	Доступна цілодобова технічна підтримка		+	
7.	Зручність використання	Продукт має зрозумілий, сучасний, чіткий інтерфейс	Продукт має зрозумілий, чіткий інтерфейс		+	
8.	Впізнаваність торгової марки (ТМ)	ТМ нова на ринку та маловідома	ТМ давно існує на ринку та має авторитет	+		

Щорічна вартість підтримки включає в себе вартість оренди домену та хостингу (приблизно \$200) та витрати на рекламну кампанію, що становитимуть приблизно \$6000, а також необхідно врахувати сплату податків до бюджету України. Станом на вересень 2020 року єдиний соціальний внесок для фізичної особи-підприємця становить 1100грн[18]. Отже за рік розмір даного податку становитиме 13200грн. За умови що курс національної валюти до долару та рівень середньої заробітної плати в Україні залишиться незмінною, даний податок становитиме приблизно \$500.

На основі даного розділу можна скласти технологічний аудит ідеї проєкту, що описаний у наступному розділі.

5.3. Технологічний аудит ідеї проєкту

У межах даного підрозділу проведено аудит технології, за допомогою якої можлива реалізація ідеї проєкту.

Оскільки одною з основних вимог до ПП є висока швидкість розрахунків та побудови цифрової моделі, було вирішено, що оптимальним форматом проєкту є SPA (Single page application (англ. - односторінковий додаток). Даний формат забезпечить швидкий рендеринг сторінки за рахунок завчасного завантаження усіх ресурсів з сервера, та відбудови сторінки на стороні клієнта. Для реалізації використано мову розмітки HTML, каскадні таблиці стилів CSS, та мову програмування Javascript.

Для наочності результати моделювання рух літака в повітрі візуалізується методами двовимірної растрової графіки, за допомогою елемента Canvas. Що також було обрано з міркувань підвищення швидкодії, оскільки обробка даного елемента відбувається за допомогою графічного процесора, ресурси якого будуть вільними під час побудови цифрової моделі.

Також було вирішено, що для даного проєкту використання тривимірної графіки невиправдано для даного проєкту, оскільки для її побудови необхідно залучення більшої кількості ресурсів центрального процесора(ЦП), при цьому вона

не надає значних переваг, та не покращує зображення польоту літака у повздовжній площині.

Всі з вищеописаних технологій доступні для розробників ПП. Перешкод для розробки немає.

Детальний опис використаних технологій наведено в табл. 5.3.

Таблиця 5.3

Технологічна здійсненність ідеї проєкту

№ пор.	Ідея проєкту	Технології її реалізації	Наявність технологій	Доступність технологій
1.	Цифрова модель заходу літака на посадку за сигналами ГРМ	Побудова цифрової моделі заходу літака на посадку за сигналами ГРМ, використовуючи мову програмування Javascript	Технологія наявна, але потребує вдосконалення	Технологія доступна
2.	Відображення руху літака в режимі заходу на посадку у реальному, уповільненому або у прискореному масштабі часу	Мова програмування Javascript	Технологія наявна	Технологія доступна
3.	Візулізація заходу літака на посадку за сигналами ГРМ	Засоби двовимірної графіки Canvas	Технологія наявна	Технологія доступна
4.	Хмарне розміщення ПП	Веб-сервіс Амазон	Технологія наявна	Технологія доступна
Обрана технологія реалізації ідеї проєкту: хмарне розміщення програмного продукту з використанням веб-сервісу Амазон, мова програмування Javascript, візулізація заходу літака на посадку засобами двовимірної графіки Canvas				

5.4. Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проєкту

У цьому підрозділі здійснено аналіз ринкових можливостей, що можуть бути використані під час впровадження проєкту, а також загроз, які можуть перешкодити реалізації проєкту та виходу на ринок.

Спочатку було проведено аналіз попиту: наявність попиту, обсяг, динаміка розвитку ринку. Було визначено, що в даний момент на ринку наявний один основний гравець АНТК «Антонов». Тому для більш детального дослідження було проаналізовано бухгалтерські звіти основного конкурента стартап-проєкту за 2018-2019рр, що наявні в загальному доступі.

Також було проаналізовано ринок та основні вимоги до стандартизації та сертифікації подібних ПП, та визначено, що ПП повинно бути сертифіковано згідно до державного стандарту України, ГОСТ 34201-89 та стандартом ISOIEC 25010.

Результати аналізу занесено до табл. 5.4.

Таблиця 5.4

Попередня характеристика потенційного ринку стартап-проєкту

№ пор.	Показники стану ринку (найменування)	Характеристика
1.	Кількість головних гравців, од	1
2.	Загальний обсяг продаж, грн/ум.од	Ціна договірна
3.	Динаміка ринку (якісна оцінка)	Стагнує
4.	Наявність обмежень для входу (вказати характер обмежень)	Зараз існує один основний гравець, який має визначність своєї торгової марки та диктує умови на ринку
5.	Специфічні вимоги до стандартизації та сертифікації	Відповідність ДСТУ
6.	Середня норма рентабельності в галузі (або по ринку), %	17% [19]

Середню норму рентабельності в галузі було порівняно з банківським відсотком на вкладення коштів, що на вересень 2020р. становить 10,14% для довгострокових

вкладів у національній валюті[20]. Оскільки він нижчий середньої норми рентабельності, то вкладання коштів у даний проєкт має сенс, але при цьому також має деякий ризик.

За попередньою оцінкою ринку було зроблено висновок, що ринок є привабливим для входження.

Наступним кроком є визначення потенційних груп клієнтів, їх характеристики, та формування орієнтовного переліку вимог до товару для кожної групи.

Детальний аналіз потенційних груп клієнтів занесено до таблиці 5.5.

Таблиця 5.5

Характеристика потенційних клієнтів стартап-проєкту

Потреба, що формує ринок	Цільова аудиторія (цільові сегменти ринку)	Відмінності у поведінці різних потенційних цільових груп клієнтів	Вимоги споживачів до товару
Дослідження заходу літака на посадку за сигналами ГРМ шляхом комп'ютерного моделювання	<ol style="list-style-type: none"> 1. Розробники літаків та авіаційного обладнання 2. Розробники безпілотних літальних апаратів 3. Розробники програмного забезпечення для літальних апаратів 4. Розробники автоматичних систем навігації та управління 5. ВНЗ 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Інтерфейс на різних мовах 2. Інструкція з експлуатації 3. Варіативність вхідних параметрів 4. Можливість моделювання польоту в умовах атмосферної турбулентності 5. Варіативна вартість 6. Здатність до генерації значень параметрів в кожен момент часу 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Швидкодія 2. Надійність 3. Інтуїтивний інтерфейс 4. Висока точність розрахунків

Відомо, що основною групою потенційних клієнтів, а отже користувачів ПП є розробники літаків та авіаційного обладнання. Це зумовлено тим, що використання

даного ПП дозволить спростити та здешевити аналіз заходу літака на посадку. Також до потенційних груп клієнтів можна віднести розробників автоматичних систем навігації та управління, адже дана модель передбачає зміну характеристик тракту ГРМ-ГРП, що дозволить підібрати їх оптимальними, для того чи іншого літального апарату. ПП може бути використаний у навчальних цілях у вищих навчальних закладах (ВНЗ), оскільки він зображує динаміку заходу літака на посадку.

Аналіз потенційних клієнтів стартап-проєкту показав, що, не зважаючи на різноманітність цільової аудиторії стартап-проєкту, всі вони мають високі вимоги до ПП. Одною з найважливіших характеристик є точність моделювання, оскільки саме від неї залежить ефективність та пригодність ПП до використання у реальних умовах. Також важливим фактором є висока швидкість моделювання, оскільки з ростом точності моделювання зростає кількість даних, що мають бути опрацьовані, а отже алгоритм обчислення повинен бути оптимізованим для економії часу користувача.

Після визначення потенційних груп клієнтів було здійснено аналіз ринкового середовища: складено таблиці факторів, що сприяють ринковому впровадженню проєкту, та факторів, що йому перешкоджають (табл. № 5.6-5.7).

Таблиця 5.6

Фактори загроз

№ пор.	Фактор	Зміст загрози	Можлива реакція компанії
1.	Невдала рекламна кампанія	Рекламна кампанія не принесе достатньої кількості потенційних користувачів програмного продукту	Зміна рекламної стратегії. Застосування стратегії «Growth Hacking»
2.	Недостаток інвестицій	Інвестицій буде недостатньо для подальшого супроводу та розвитку стартапу	Отримання позики з банку
3.	Поява більш сильного конкурента на ринку	Зменшення потоку клієнтів	Збільшення привабливості програмного продукту. Застосування системи знижок

Фактори можливостей

№ пор.	Фактор	Зміст можливості	Можлива реакція компанії
1.	Вільний ринок	Стартап буде залишитися єдиним гравцем на ринку	Можливість диктувати власні умови на ринку
2.	Вихід на міжнародний рівень	Можливість продавати ПП закордонним покупцям	Збільшення об'єму продажів та інвестицій
3.	Розвиток продукту	Розширення можливостей програмного продукту шляхом розширення функціоналу	Збільшення об'єму продажів та інвестицій

Фактори загроз та можливостей вище подано в порядку зменшення впливу на стартап-проект.

Грамотна стратегія рекламної кампанії є надзвичайно важливим фактором розвитку стартап проектів, оскільки це надасть можливість зацікавити максимальну кількість інвесторів та клієнтів у перші місяці роботи проекту. Тому важливо, щоб рекламна кампанія була вдалою. Наступним кроком після закріплення ПП на внутрішньому ринку а також після його доопрацювання згідно з потребами клієнтів буде вихід на міжнародний ринок, що значно збільшить об'єм продажів.

Далі було проведено аналіз пропозиції: визначено загальні риси конкуренції на ринку (табл. 5.8).

Ступеневий аналіз конкуренції на ринку

Особливості конкурентного середовища	В чому проявляється дана характеристика	Вплив на діяльність підприємства (можливі дії компанії, щоб бути конкурентоспроможною)
1	2	3
Монополія	На ринку наявний тільки один гравець	Зробити продукт більш привабливим для покупця ніж наявний на ринку аналог

1	2	2
Глобальний	Конкуренти в даній галузі наявні в різних країнах	Зробити продукт максимально зручною для україномовних користувачів
Внутрішньогалузева	Продаж аналогічних програмних продуктів на ринку здійснюється виключно для галузі цивільної авіації	Підлаштувати продукт під інші доступні галузі(наприклад, військова)
Товарно-видова	Конкуренція за методом побудови програмних продуктів	Створення більш якісного продукту
Ціновий характер	Збільшення точності моделювання та відображення результатів	Покращення алгоритму продукту
Не марочний характер	Споживачів цікавить якісний товар, незалежно від виробника	Створення максимально зручного та якісного продукту шляхом покращення алгоритмів моделювання та обрахунків і побудови зручного та інтуїтивного інтерфейсу користувача

Ступеневий аналіз ринку показав, що конкуренція в даній галузі не є досить високою, тому вхід на ринок не буде надто складним. Але необхідно щоб даний ПП продукт перевершував характеристики продуктів конкурентів, та був привабливим для кінцевого користувача.

Після аналізу конкуренції проведено детальніший аналіз умов конкуренції в галузі з використанням моделі п'яти сил М. Портера (табл. 5.9).

Аналіз п'яти сил Портера — методика для аналізу галузей і вироблення стратегії бізнесу, розроблена Майклом Портером у Гарвардській бізнес-школі в 1979 р.

Методикою виділяються п'ять сил, які визначають рівень конкуренції, і, отже, привабливості ведення бізнесу в конкретній галузі[21].

Привабливість галузі, в даному контексті, має відношення до достатньої рентабельності галузі. «Непривабливою» галуззю є така, в якій поєднання сил знижує рентабельність. «Найнепривабливішою» є галузь, що наближається до досконалої конкуренції.

Портер називає ці сили «мікросередовищем», протиставляючи йому велику кількість факторів, включених у термін «макросередовище». Макросередовище складається з тих сил, які впливають на здатність компанії до обслуговування власних клієнтів і отримання прибутку. Зміна в будь-якій із сил «мікросередовища» зазвичай вимагає, щоб компанія переглянула своє місце в галузі і на ринку. Достатня привабливість галузі не означає, що будь-яка компанія в ній буде отримувати однаковий прибуток. Компанії повинні так застосовувати свої ключові компетенції, бізнес-моделі або збутові мережі, щоб отримати прибуток більший, ніж у середньому в галузі. Хорошим прикладом є ринок пасажирських авіаперевезень. У галузі, в якій рентабельність досить низька, знаходяться компанії, які за рахунок унікальних бізнес-моделей, отримують прибуток вищий, ніж у середньому в галузі (ангели бізнесу).

«Аналіз п'яти сил Портера» включає в себе три сили «горизонтальної» конкуренції: загроза появи продуктів-замінників, загроза появи нових гравців, рівень конкурентної боротьби, та обидві сили «вертикальної» конкуренції: ринкова влада постачальників і ринкова влада споживачів.

- Аналіз загрози появи продуктів-замінників;
- Аналіз загрози появи нових гравців;
- Аналіз ринкової влади постачальників;
- Аналіз ринкової влади споживачів;
- Аналіз рівня конкурентної боротьби.

Згідно з Портером, модель п'яти сил потрібно використовувати тільки для галузі в цілому. Модель не призначена для використання для групи галузей або якоїсь частини однієї галузі. Компанія, яка веде бізнес в одній галузі, повинна розробити мінімум один «аналіз п'яти сил Портера» для цієї галузі. Портер уточнює, що для диверсифікованих компаній, основним фундаментальним питанням корпоративної стратегії є питання вибору галузей (напрямів бізнесу), в яких компанія буде конкурувати, і для кожного напрямку бізнесу повинен проводитися власний, специфічний для галузі аналіз п'яти сил. У середньому компанії з рейтингу «Global 1000» конкурують приблизно в 52 галузях (напрямах бізнесу) [21].

Аналіз конкуренції в галузі за М. Портером

Складові аналізу	Прямі конкуренти в галузі	Потенційні конкуренти	Постачальники	Клієнти	Товари-замінники
	АНТК «Антонов»	Брак досвіду та ресурсів	Якість ПП	Попит	Досвід, Ціна
Висновки:	АНТК «Антонов» спеціалізується на проектуванні та виробництві літаків	Є можливість виходу на ринок. В Україні як і у світі є потенційні конкуренти, вихід на міжнародний ринок можливий через 4-6 років	Постачальники не диктують умов	Клієнти диктують умови на ринку, а саме необхідні характеристики ПП.	Товари замінники довше знаходяться на ринку. Це завадить встановленню прийнятної ціни на новий продукт

Аналіз конкуренції в галузі за М. Портером показав, що робота на ринку можлива в умовах теперішньої ситуації. Для того, щоб продукт був конкурентоспроможним, необхідно, щоб його технічні характеристики були кращими, ніж у продуктів-аналогів конкурентів, але при цьому ціна не повинна перевищувати ціну продуктів-аналогів. Для досягнення успіху на ринку в даній галузі варто проаналізувати продукти конкурентів для визначення недоліків для запобігання їх у власному ПП. Необхідним фактором є також урахування потреб усіх груп потенційних покупців, оскільки умови на ринку диктують саме клієнти.

Наступним етапом аналізу ринкових можливостей запуску стартап-проєкту є визначення та відображення переліку факторів конкурентоспроможності (табл. 5.10). Його здійснення відбувається на основі аналізу конкуренції (табл. 5.9), а також з урахуванням характеристик ідеї проєкту (табл. 5.2), вимог споживачів до товару (табл. 5.5) та факторів маркетингового середовища (табл. № 5.6-5.7). В даній таблиці детально описано та проаналізовано можливість запуску стартап-проєкту в теперішніх ринкових умовах.

Обґрунтування факторів конкурентоспроможності

№ пор.	Фактор конкурентоспроможності	Обґрунтування (наведення чинників, що роблять фактор для порівняння конкурентних проєктів значущим)
1.	Попит внутрішнього ринку	Попит високий, вхід на ринок можливий
2.	Попит на зовнішньому ринку	Попит невисокий, вхід на ринок складний
3.	Ціна	Ціна справедлива, конкурентна
4.	Зручність експлуатації	Продукт має інтуїтивне керування та змістовну інструкцію
5.	Підтримка	Користувач має змогу звернутись до розробників продукту з питаннями або пропозиціями щодо експлуатації

Аналіз факторів конкурентоспроможності показав, що вихід на внутрішній ринок не буде складним та дозволить закріпити позиції досить швидко за умови вдалої рекламної кампанії. Після визначення факторів конкурентоспроможності (табл. 5.10) було проведено аналіз сильних та слабких сторін проєкту. Для цього було виконано аналіз попиту на схожі ПП на внутрішньому та зовнішньому ринках, ціну на ПП АНТК «Антонов» та потенційну ціну на власний продукт та технічні характеристики обох продуктів. Дані характеристики було оцінено, порівняно та приведено до цілого числа у межах від 1 до 20. Детальний аналіз зображено в табл. 5.11

Порівняльний аналіз сильних та слабких сторін

№ пор.	Фактор конкурентоспроможності	Бали 1-20	Рейтинг товарів-конкурентів у порівнянні з АНТК «Антонов»						
			-3	-2	-1	0	+1	+2	+3
1.	Попит внутрішнього ринку	10			+				
2.	Попит на зовнішньому ринку	2				+			
3.	Ціна	15					+		
4.	Швидкість моделювання	16							+
5.	Зручність експлуатації	19						+	
6.	Підтримка	15					+		

Аналіз сильних та слабких сторін ПП показав, що даний продукт перевершує продукт-аналог АНТК «Антонов» за рядом характеристик.

Ринковий аналіз можливостей впровадження стартап-проєкту завершується складанням SWOT-аналізу. Він являє собою матрицю аналізу сильних та слабких сторін, загроз та можливостей (табл. 5.12) на основі виділених ринкових загроз та можливостей, та сильних і слабких сторін (табл. 5.11).

Таблиця 5.12

SWOT- аналіз стартап-проєкту

<p>Сильні сторони:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Найнижча ціна на ринку • Цілодобова технічна підтримка • Зручність у використанні • Висока швидкодія • Інтерфейс доступний на різних мовах 	<p>Слабкі сторони:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Невідома торгова марка • Невелика кількість потенційних покупців
<p>Можливості:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Вільний ринок • Вихід на міжнародний рівень • Розвиток продукту 	<p>Загрози:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Невдала рекламна кампанія • Недостаток інвестицій • Збільшення конкуренції на ринку

Ринкові загрози та ринкові можливості є наслідками, або прогнозованими результатами) впливу факторів, і, на відміну від них, ще не є реалізованими на ринку та мають певну ймовірність здійснення, тому ще на початковому етапі входження в на ринок необхідно вжити заходів, що допоможуть запобігти впливу таких загроз на розвиток проєкту.

Як видно зі SWOT-аналізу, найбільш небезпечним фактором для розвитку стартап-проєкту є невдала рекламна кампанія, яка не зможе принести необхідної кількості потенційних клієнтів.

На основі SWOT-аналізу було розроблено альтернативи ринкової поведінки, що являють собою перелік заходів для виведення стартап-проєкту на ринок та орієнтовний оптимальний час їх ринкової реалізації з огляду на потенційні проєкти конкурентів, що можуть бути виведені на ринок. Визначені альтернативи

аналізуються з точки зору строків та ймовірності отримання ресурсів, а також з точки зору складності реалізації (табл. 5.13).

Таблиця 5.13

Альтернативи ринкового впровадження стартап-проєкту

№ пор.	Альтернатива (орієнтовний комплекс заходів) ринкової поведінки	Ймовірність отримання ресурсів	Строки реалізації
1	Моделювання заходу літака на посадку за сигналами ГРМ з використанням двовимірної растрової графіки.	65%	3 місяці
2	Моделювання заходу літака на посадку за сигналами ГРМ з використанням векторної тривимірної анімації	65%	5 місяців
3	Моделювання просторового руху літака при заході на посадку з використанням векторної тривимірної анімації.	85%	1 рік

Аналіз ринкового впровадження стартап-проєкту показав, що найбільш вигідною альтернативою є моделювання заходу літака на посадку за сигналами ГРМ з використанням двовимірної растрової графіки. Дана альтернатива має найменші строки виконання, і в той же час доволі високу вірогідність отримання ресурсів.

5.5. Розроблення ринкової стратегії проєкту

Першим кроком розроблення ринкової стратегії є визначення стратегії охоплення ринку. Він починається з опису цільових груп потенційних споживачів. Для визначення груп потенційних споживачів необхідно провести аналіз ринку, а також визначити можливості використання даного ПП. Ці кроки були виконані у попередніх підрозділах.

Очевидним є той факт, що даний ПП розроблено саме для сфери авіації, тому основними потенційними клієнтами є працівники даної сфери, та сфер, що є

близькими або поєднаними з авіацією. А також дрібні компанії, що займаються розробкою авіаційного обладнання, чи програмного забезпечення. Також даний ПП може бути використаний у навчальних цілях працівниками вищих навчальних закладів.

Детальний опис цільових груп зображено в табл. 5.14.

Таблиця 5.14

Вибір цільових груп потенційних споживачів

№ пор.	Опис профілю цільової групи потенційних клієнтів	Готовність споживачів сприйняти продукт	Орієнтовний попит в межах цільової групи (сегменту)	Інтенсивність конкуренції в сегменті	Простота входу у сегмент
1	Розробники літаків та авіаційного обладнання	Готові	Високий попит	Висока конкуренція	Легко
2	Розробники безпілотних літальних апаратів	Готові	Високий попит	Висока конкуренція	Середнє
3	Розробники програмного забезпечення для літальних апаратів	Готові	Високий попит	Висока конкуренція	Легко
4	Розробники навігаційних систем	Готові	Високий попит	Висока конкуренція	Не складно
5	Військова авіація	Не визначено	Не визначено	Не визначено	Не визначено
6	ВНЗ з авіаційним напрямом	Готові	Середній	Висока	Середнє
<p>Які цільові групи обрано: Розробники літаків та авіаційного обладнання Розробники безпілотних літальних апаратів Розробники програмного забезпечення для літальних апаратів Розробники навігаційних систем ВНЗ з авіаційним напрямом</p>					

В результаті аналізу потенційних сегментів споживачів було обрано такі цільові групи клієнтів:

- Розробники літаків та авіаційного обладнання
- Розробники безпілотних літальних апаратів
- Розробники програмного забезпечення для літальних апаратів
- Розробники навігаційних систем

Всі вони мають приблизно однакові вимоги до ПП, тому немає необхідності вносити специфічні корективи в роботу ПП для задоволення потреб окремої групи. Оскільки було обрано кілька потенційних сегментів і для всіх пропонується стандартизований варіант ПП, то доцільно буде використовувати стратегію масового маркетингу.

Сегмент «військова авіація» недоцільно обирати як групу потенційних споживачів на старті розвитку проєкту через певну закритість. Даний сегмент може бути охоплено після закіплення продукту на ринку та після розширення базового функціоналу.

Для роботи в обраних сегментах ринку було сформувано базову стратегію для розвитку та описано її у таблиці 5.15.

Таблиця 5.15

Визначення базової стратегії розвитку

№ пор.	Обрана альтернатива розвитку проєкту	Стратегія охоплення ринку	Ключові конкурентоспроможні позиції відповідно до обраної альтернативи	Базова стратегія розвитку
1	Моделювання заходу літака на посадку за сигналами ГРМ з використанням двовимірної растрової графіки	Стратегія масового маркетингу	Конкурентна ціна, зручний інтерфейс, висока швидкість та точність моделювання	Стратегія диференціації

Для просування стартап-проєкту на ринку було обрано стратегію диференціації. Вона передбачає надання товару важливих з точки зору споживача відмінних властивостей, які роблять товар відмінним від товарів конкурентів.

Така відмінність може базуватися на об'єктивних або суб'єктивних, відчутних і невідчутних властивостях товару (у ширшому розумінні – комплексі маркетингу), бути реальною або уявною.

Інструментом реалізації стратегії диференціації є ринкове позиціонування [17]. Наступним кроком є вибір стратегії конкурентної поведінки (табл. 5.16).

Таблиця 5.16

Визначення базової стратегії конкурентної поведінки

№ пор.	Чи є проєкт «першопрохідцем» на ринку?	Чи буде компанія шукати нових споживачів, або забирати існуючих у конкурентів?	Чи буде компанія копіювати основні характеристики товару конкурента, і які?	Стратегія конкурентної поведінки
1	Ні, на ринку існує конкурент, який має авторитет та попит серед клієнтів	Стратегія компанії націлена на існуючих клієнтів, але компанія зацікавлена в отриманні нових клієнтів	Основною ціллю ж переваршиння усіх характеристик ПП конкурента для збільшення його привабливості та конкурентоспроможності	Стратегія виклику лідера

На основі вищеперечислених фактів було обрано стратегію виклику лідера. Дану стратегію найчастіше вибирають компанії, які є другими, третіми на ринку, але бажають стати лідером ринку.

Теоретично, ці компанії можуть прийняти два стратегічні рішення: атакувати лідера у боротьбі за частку ринку або ж йти за лідером. Рішення атакувати лідера є досить ризикованим. Для його реалізації потрібні значні фінансові витрати, know-how, краще співвідношення «ціна-якість», переваги в системі розподілу і просування і т. д.

У разі не реалізації цієї стратегії, компанія може бути відкинута на аутсайдерські позиції на досить довгий час. Тому реалізація цієї стратегії вимагає детального опрацювання по наступних напрямках:

- аналіз сильних і слабких сил своїх і фірми-лідера;
- виявлення можливих напрямів атаки;
- ревізія власних сил і ресурсів;
- аналіз можливих дій конкурентів і розробка методів захисту.

Залежно від цього компанія може вибрати одну з альтернативних стратегій: фронтальної або флангової атаки [17].

На останньому етапі розроблення ринкової стратегії проекту здійснюється розроблення стратегії позиціонування, що описано в таблиці 5.17. Воно полягає у формуванні ринкової позицій, за якими споживачі мають ідентифікувати торгівельну марку. Дана стратегія позиціонування здійснюється на основі вимог споживачів з обраних сегментів до стартап-компанії та до ПП (описано в таблиці 5.5), а також в залежності від обраної базової стратегії розвитку (табл. 5.15) та стратегії конкурентної поведінки, що описана в табл. 5.16.

Таблиця 5.17

Визначення стратегії позиціонування

№ пор.	Вимоги до товару цільової аудиторії	Базова стратегія розвитку	Ключові конкуренто-спроможні позиції власного стартап-проекту	Вибір асоціацій, які мають сформувати комплексну позицію власного проекту (три ключових)
1	Швидкодія Надійність Інтуїтивний інтерфейс Висока точність розрахунків	Стратегія диференціації.	Використання більш оптимізованого алгоритму моделювання заходу літака на посадку	Висока точність та швидкість моделювання. Зручний інтерфейс. Цілодобова підтримка. Вичерпна документація

Головною вимогою цільової аудиторії до ПП є висока точність та швидкість моделювання. Також важливим фактором є надійність та підтримка продукту у разі

відмов чи ускладнень роботи. Для просування товару на ринку було обрано стратегію диференціації. Це дозволяє закріпити ПП на ринку шляхом досягнення високих показників його характеристик у порівнянні з характеристиками товарів конкурентів. Для конкурентної поведінки було обрано стратегію виклику лідера, а саме флангову атаку. Це дозволить відвоювати частину ринку без сильного ризику. Та великих фінансових втрат.

5.6. Розроблення маркетингової програми стартап-проєкту

Першим кроком для розроблення маркетингової програми стартап-проєкту є формування маркетингової концепції ПП, що буде запропоновано кінцевим користувачам. Для цього було виконано структурування інформації, отриманої під час попереднього аналізу конкурентоспроможності товару. Результати аналізу було систематизовано та занесено до табл. 5.18.

Таблиця 5.18

Визначення ключових переваг концепції потенційного товару

№ пор.	Потреба	Вигода, яку пропонує товар	Ключові переваги перед конкурентами (існуючі або такі, що потрібно створити)
1	Висока точність моделювання	Більш точна модель заходу літака на посадку за сигналами ГРМ	Точність моделювання вища ніж у ПП конкурентів
2	Висока швидкість моделювання	Швидше моделювання заходу літака на посадку за сигналами ГРМ	Швидкість моделювання вища ніж у ПП конкурентів
3	Зручний інтерфейс	Інтуїтивний інтерфейс робить використання ПП зручнішим та приємнішим	Інтерфейс програми зручніший ніж у ПП конкурентів.

Наступним кроком є розробка трирівневої маркетингової моделі товару для опису його привабливості для потенційних інвесторів та клієнтів. Вона включає в собі наступні пункти:

Варто особливо відмітити – що даний ПП розроблено та протестовано згідно до специфікації ISO IEC 25010 та стандарту ГОСТ 34201-89. Захист від копіювання та викрадення продукту може бути забезпечено за рахунок захисту інтелектуальної власності, що реалізована наступним чином: при покупці ліцензійного ключа клієнт повинен підписати погодження про відмову від копіювання та незаконного поширення продукту.

Для приваблення потенційних покупців було обрано назву компанії «SovaTech», що легко запам'ятовується, а отже швидко стане впізнаваною. Також для цих цілей необхідно приділити окрему увагу логотипу, він повинен відображати назву бренду та основний напрям роботи компанії.

Детальна трирівнева маркетингова модель описана в табл. 5.19.

Таблиця 5.19

Опис трьох рівнів моделі товару

Рівні товару	Сутність та складові		
I. Товар за задумом	Цифрова модель заходу літака на посадку за сигналами ГРМ		
II. Товар у реальному виконанні	Властивості/характеристики	М/Нм	Вр/Тх /Тл/Е/Ор
	Швидкість моделювання	Нм	Тх
	Точність моделювання	Нм	Тх
	Якість: ПП розроблено згідно з ГОСТ 34201-89 та стандартом ISOIEC_25010		
	Відсутні, оскільки даний продукт не є фізичним		
	Марка: «SovaTech» Цифрова модель заходу літака на посадку за сигналами ГРМ		
III. Товар із підкріпленням	До продажу	Не має специфічних вимог	
	Після продажу	Цілодобова підтримка продукту	
За рахунок чого потенційний товар буде захищено від копіювання: За рахунком комерційної таємниці, політики приватності, та погодження про відмову від поширення, яке підписує кожен покупець під час покупки.			

Наступним етапом розроблення маркетингової програми є визначення цінових меж, в яких повинна знаходитись ціна ПП. Для того щоб залишати його конкурентноспроможним та, при цьому, отримувати прибуток для подальшого розвитку проєкту, необхідно ретельно проаналізувати існуючий ринок, та всі його складові. Рівень цінових меж залежить від цін на товари-замінники, і від рівня доходу потенційних клієнтів. Дані занесено до табл. 5.20. Аналіз було проведено експертним методом.

Таблиця 5.20

Визначення меж встановлення ціни

№ пор.	Рівень цін на товари-замінники	Рівень доходів цільової групи споживачів	Рівень цін на товари-аналоги	Верхня та нижня межі встановлення ціни на товар/послугу
1	\$1400	\$10000	\$1400	\$900-\$1400

Оскільки даний ПП програмний продукт призначений для активного використання не окремими людьми, а деякими організаціями, можна зробити висновок, що потенційні користувачі мають місячний дохід не менше \$10000. Також оскільки у попередніх розділах було досліджено, що основний конкурент використовує не опосередкований загальний продукт для всіх споживачів, а підлаштовує його окремо для кожного покупця, було визначено, що мінімальна ціна такого продукту може становити не менше \$1400 та варіюється залежно від потреб окремого клієнта. На основі даних фактів було вирішено встановити ціну на даний програмний продукт в межах від \$900 до \$1400.

Після визначення цінових меж ПП необхідно визначити оптимальну систему збуту, яка дозволить поширювати ПП клієнтам. Необхідно описати канали збуту та потребу (або її відсутність) у посередниках. Та на основі даного переліку альтернатив обрати ту, що буде актуальна в даному сегменті ринку, найкраще підходить для обраного сегменту потенційних клієнтів та відповідає специфіці їх закупівельної поведінки. Результати аналізу та формування системи збуду зображено в табл. 5.21.

Таблиця 5.21

Формування системи збуту

№ пор.	Специфіка закупівельної поведінки цільових клієнтів	Функції збуту, які має виконувати постачальник товару	Глибина каналу збуту	Оптимальна система збуту
1	В даному сегменті потенційних клієнтів закупівля відбувається напряду у виробника, чи власника ТМ	Аналіз ринку Пошук клієнтів Реклама продукту	Канал нульового рівня	Збут товарів через інтернет з використанням системи онлайн оплати, наприклад Liqpay

Останнім етапом розроблення маркетингової програми є побудова концепції маркетингових комунікацій, що заснована на попередньо обраній основі для позиціонування, визначеній специфікації поведінки клієнтів (табл. 5.22).

Таблиця 5.22

Концепція маркетингових комунікацій

№ пор.	Специфіка поведінки цільових клієнтів	Канали комунікацій, якими користаються цільові клієнти	Ключові позиції, обрані для позиціонування	Завдання рекламного повідомлення	Концепція рекламного звернення
1	Потенційні клієнти дізнаються про існуючі товари в мережі інтернет та від уже існуючих клієнтів	Мережа інтернет. Соціальні мережі. Реклама в періодичних друкованих виданнях. Рекомендації	Інтернет маркетинг SMM-маркетинг	Повідомлення про існування товару на ринку. Презентація завдання та характеритик товару. Залучення клієнтів та інвесторів	«Нова математична модель ще більш швидка і надійна»

Враховуючи останні тенденції інформаційного простору та той факт, що більшу частину інформації потенційні клієнти будуть отримувати через такі канали комунікацій як інтернет-видання, соціальні мережі та наукові статті, доцільно буде використовувати інтернет-маркетинг як основний канал для поширення реклами. Завданням рекламного повідомлення, що буде донесено до кінцевого споживача є презентація товару, та опис його ключових характеристик, що переважають характеристики конкурента, а тому будуть привабливими для потенційного покупця, тобто приваблення покупців та інвесторів. Також ефективним є публікація статей у наукових виданнях, це збільшить довіру клієнтів до розробників бренду, а отже і до продукту, що рекламується.

5.7. Висновок до розділу 5

У даному розділі розглянуто та послідовно проаналізувано зміст ідеї та можливі напрямки застосування стартап-проєкту.

На основі аналізу сильних та слабких сторін ПП було спрогнозовано основні вигоди, що може отримати кінцевий користувач товару за кожним напрямком його застосування.

Було здійснено технологічний аудит технологій, за допомогою якої можлива реалізація ідеї проєкту. Для формату ПП було обрано односторінковий додаток, через ряд його переваг над аналогами. Логіка моделювання та графічного відображення заходу літака на посадку за сигналами ГРМ розроблена за допомогою мови програмування JavaScript, що має досить велику популярність у наш час і є надзвичайно швидкою та дозволяє з легкістю розширити функціонал додатку, а отже забезпечити його постійне вдосконалення, що дозволить збільшити його ціну в майбутньому.

Всі необхідні для розробки та підтримки проєкту наявні та доступні для його розробників, тому перешкод для розробки на даний момент немає.

Було здійснено аналіз ринкових можливостей, що можуть бути використані під час впровадження проєкту, а також загроз, які можуть перешкодити реалізації проєкту та виходу на ринок.

Було зроблено висновок, що ринок є привабливим для входження, а рентабельність в даній галузі становить 17%, це свідчить про те, що вкладання коштів у даний стартап-проєкт є виправданим.

Основними цільовими групами для проєкту було обрано наступні:

- Розробники літаків та авіаційного обладнання
- Розробники безпілотних літальних апаратів
- Розробники програмного забезпечення для літальних апаратів
- Розробники навігаційних систем
- ВНЗ з авіаційним напрямком

Для вищеповисаних сегментів було обрано ряд характеристик ПП, які будуть ключовими при виборі продукту клієнтами. Так основною вимогою клієнтів є висока точність моделювання та його швидкість.

Також було досліджено та виокремлено основні фактори конкурентоспроможності, на їх основі було досліджено що вихід на внутрішній ринок не буде складним та дозволить закріпити позиції досить швидко за умови вдалої рекламної кампанії.

Проект має хороші перспективи в майбутньому такі як вільний ринок та вихід на міжнародний рівень, основною загрозою досягнення цих перспектив є невдала рекламна кампанія та поява більш сильних конкурентів на ринку.

Базовою стратегією розвитку було обрано стратегію диференціації, яка передбачає надання товару важливих з точки зору споживача властивостей, які роблять товар відмінним від товарів конкурентів. Оскільки на даний момент існує один основний конкурент.

Для захоплення частини ринку було обрано стратегію виклику лідера, як основну стратегію конкурентної поведінки.

Основним каналом поширення реклами було обрано інтернет-маркетинг, оскільки в даний момент він є найбільш актуальним. Також було зроблено висновки про необхідність публікацій статей у наукових виданнях, що дозволить збільшити довіру клієнтів до розробників бренду, а отже і до продукту.

ВИСНОВКИ

Під час виконання дипломної роботи було розроблено стартап-проект темою та завданням якого є «Цифрова модель заходу літака на посадку за сигналами глісадного радіомаяка». Для досягнення даної мети було проведено аналіз ринку програмних продуктів для моделювання динаміки руху літака. Також було розроблено повноцінний веб додаток у форматі single page application для моделювання автоматично керованого заходу на посадку літака за сигналами ГРМ.

Даний додаток було розроблено на мові програмування JavaScript, з використанням мови розмітки HTML та каскадних таблиць стилей CSS. Поєднання даних технологій дозволило зробити програмний продукт невибагливим до апаратного забезпечення комп'ютера, але в той же час надзвичайно швидким. Також на швидкодію розробленої моделі вплинуло використання сучасних стилів розробки та оптимізації алгоритму моделювання.

Для розробки програмного продукту було отримано лінеаризовану модель повздовжнього руху літака а також модель автоматичного керованого заходу літака на посадку. На основі цього було побудовано схему алгоритму.

Результати моделювання кожного польоту вносяться в таблицю, яка може бути використана для подальшого аналізу. Також для наочності програмний продукт відображає тректорію руху літака, яку можна масштабувати для більш детального перегляду, а для наочності рух літака візуалізується на за допомогою методів двовимірної растрової графіки. На анімації показуються лінійні та кутові переміщення літака у повздовжній площині під час заходу на посадку.

Було виконано кілька тестових польотів з різними параметрами польоту та з різною інтенсивністю атмосферної турбулентності та зроблено висновки, що захід літака на посадку в умовах сильного турбулентного надзвичайно небезпечний для пасажирів та конструкції літака і може привести до надзвичайної ситуації, тому виконання даного маневру не рекомендовано.

Також було створено та послідовно проаналізувано ідею та можливі напрямки застосування стартап-проєкту предметом та результатом роботи якого, є вищеописаний програмний продукт.

На основі аналізу його сильних та слабких сторін було спрогнозовано основні вигоди, що може отримати кінцевий користувач товару за кожним напрямком його застосування.

Було здійснено технологічний аудит технологій, за допомогою якої можлива реалізація ідеї проєкту

Було здійснено аналіз ринкових можливостей, що можуть бути використані під час впровадження проєкту, а також загроз, які можуть перешкодити реалізації проєкту та виходу на ринок.

Було зроблено висновок, що ринок є привабливим для входження, а рентабельність в даній галузі становить 17%, це свідчить про те, що вкладання коштів у даний стартап-проєкт є виправданим.

Основними цільовими групами для проєкту було обрано наступні:

- Розробники літаків та авіаційного обладнання
- Розробники безпілотних літальних апаратів
- Розробники програмного забезпечення для літальних апаратів
- Розробники навігаційних систем
- ВНЗ з авіаційним напрямом

Також було досліджено та виокремлено основні фактори конкурентоспроможності, на їх основі було досліджено що вихід на внутрішній ринок не буде складним та дозволить закріпити позиції досить швидко за умови вдалої рекламної кампанії.

Проєкт має хороші перспективи в майбутньому такі як вільний ринок та вихід на міжнародний рівень, основною загрозою досягнення цих перспектив є невдала рекламна кампанія та поява більш сильних конкурентів на ринку.

Базовою стратегією розвитку було обрано стратегію диференціації, яка передбачає надання товару важливих з точки зору споживача властивостей, які

роблять товар відмінним від товарів конкурентів. Оскільки на даний момент існує один основний конкурент.

Для захоплення частини ринку було обрано стратегію виклику лідера, як основну стратегію конкурентної поведінки.

Основним каналом поширення реклами було обрано інтернет-маркетинг, оскільки в даний момент він є найбільш актуальним.

Отже на основі вищеприведеного справедливо стверджувати, що мети дипломної роботи було досягнуто, стартап-проект має перспективи та варті інвестицій. А його вихід на ринок може позитивно вплинути на динаміку розвитку даної сфери.

СПИСОК БІБЛІОГРАФІЧНИХ ПОСИЛАНЬ ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Бердочник В.А. Особливості побудови математичної моделі процесу взльоту літака [Електронний ресурс]. – режим доступу: <http://www.hups.mil.gov.ua/periodic-app/article/3458>. збірник наукових праць / Приймак А.В., Бердочник. Д.В.; М-во освіти і науки України, ДВНЗ «Харків. нац. ун-т пов. сил ім. Івана Кожедуба». – Електрон. текст. дані. – Харків : ХНУПС, 2014. – 154 с.;
2. Михалев И.А., Окоёмов Б.М., Чикулаев М.С. Системы Автоматической посадки. - Москва. - Машиностроение. - 1975. - 216с.;
3. Полухін А.В Математичні моделі динамічних систем. Конспект лекцій. Київ. НАУ. - 2017. - 95с.;
4. Белогородский С. Л. Автоматизация управления посадкой самолета. - Транспорт. - 1972. - 352с.;
5. Тривалість польоту. [Електронний ресурс]. – 2020. – режим доступу: https://uk.wikipedia.org/wiki/Тривалість_польоту. (дата звернення 30.10.2020 р). Назва з сайту: Тривалість польоту Вікіпедія;
6. Авіаційні правила України «Загальні правила польотів у повітряному просторі України». [Електронний ресурс]. – 2003. – режим доступу: <https://avia.gov.ua/wp-content/uploads/2016/12/Zagalni-pravy-la-polotiv-u-povitryanomu-prostori-Ukrayiny.pdf>. (дата звернення 16.10.2020 р). Назва з сайту: Загальні правила польотів у повітряному просторі України;
7. JavaScript [Електронний ресурс]. – 2012. – режим доступу: <https://developer.mozilla.org/ru/docs/Web/JavaScript>. (дата звернення 28.10.2020 р). Назва з сайту: JavaScript MDN;
8. JavaScript. [Електронний ресурс]. – 2020. – режим доступу: <https://uk.wikipedia.org/wiki/JavaScript>. (дата звернення 10.11.2020 р). Назва з сайту: JavaScript Вікіпедія;

9. Computer graphics [Електронний ресурс]. – 2019. – режим доступу: [https://en.wikipedia.org/wiki/Computer_graphics_\(computer_science\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Computer_graphics_(computer_science)). (дата звернення 12.11.2020 р). Назва з сайту: Computer graphics (computer science);
10. Raster graphics [Електронний ресурс]. – 2014. – режим доступу: <https://whatis.techtarget.com/definition/raster-graphics>. (дата звернення 12.11.2020р). Назва з сайту: Raster graphics;
11. Vector graphics [Електронний ресурс]. – 2020. – режим доступу: https://en.wikipedia.org/wiki/Vector_graphics. (дата звернення 12.11.2020р). Назва з сайту: Vector graphics Wikipedia;
12. Fractal Art [Електронний ресурс]. – 2020. – режим доступу: https://en.wikipedia.org/wiki/Fractal_art. (дата звернення 13.11.2020р). Назва з сайту: Fractal Art Wikipedia;
13. 2D computer graphics [Електронний ресурс]. – 2013. – режим доступу: https://graphics.fandom.com/wiki/2D_computer_graphics. (дата звернення 13.11.2020р). Назва з сайту: 2D computer graphics Fandom;
14. 3D computer graphics [Електронний ресурс]. – 2020. – режим доступу: https://en.wikipedia.org/wiki/3D_computer_graphics. (дата звернення 14.11.2020р). Назва з сайту: 3D computer graphics Wikipedia;
15. What is 2D animation [Електронний ресурс]. – 2019. – режим доступу: <https://buzzflick.com/what-is-2d-animation>. (дата звернення 17.11.2020р). Назва з сайту: What is 2D animation – A comprehensive guide;
16. HTML5 Canvas: что это такое? [Електронний ресурс]. – 2016. – режим доступу: <https://www.internet-technologies.ru/articles/html5-canvas-chto-eto-takoe.html>. (дата звернення 17.11.2020р). Назва з сайту: HTML5 Canvas: что это такое?;
17. 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;
18. Розміри ЄСВ-2020. [Електронний ресурс]. – 2020. – режим доступу: <https://services.dtkk.ua/catalogues/indexes/13>. (дата звернення 15.09.2020 р). Назва з сайту: Розміри ЄСВ-2020 «Дебет-кредит»;

19. Про діяльність Державного підприємства „АНТОНОВ. [Електронний ресурс]. – 2019. – режим доступу: <http://www.dkrs.gov.ua/kru/uk/publish/article/83995>. (дата звернення 15.09.2020 р). Державна аудиторська служба України;
20. Средние ставки по депозитам для юридических лиц в Украине. [Електронний ресурс]. – 2020. – режим доступу: <https://index.minfin.com.ua/banks/deposit/company/>. (дата звернення 16.09.2020 р). Назва з сайту: Средние ставки по депозитам для юридических лиц в Украине;
21. Аналіз п'яти сил Портера. [Електронний ресурс]. – 2016. – режим доступу: https://uk.wikipedia.org/wiki/Аналіз_п'яти_сил_Портера. (дата звернення 15.09.2020 р). Аналіз п'яти сил Портера Вікіпедія.

Код програми

```

Sgw = Sgw_Arr[getIndex('#Turb')];
Gl = ttGl_Arr[getIndex('#Gliss')];
sGl = sGl_Arr[getIndex('#Tract')];
console.log( Sgw, ttGl, sGl );
for(let i = 0; i < 17; i++){
    x[i] = 0;
    y[i] = 0;
}
y[4] = 500;
y[5] = 18000;

// });
// 200 560 925
while(y[4]>20){
    var ht = getRandomArbitrary(-1, 1);
    H_gl = ttGl / 57.2957795130823 * (y[5] + 300);
    E_gl_star = 57.2957795130823 * (y[4] - H_gl) / (y[5] + 300);
    I_gl_star = sGl * E_gl_star;

    if(I_gl_star > 250){
        F_gl = 250
    }
    else if(I_gl_star < -250){
        F_gl = -250;
    }
    else{
        F_gl = I_gl_star;
    }

E_gl = y[6] / 560;
// Довипуск закрликів / стабілізатор

D_gl = (57.2957795130823 * 500) / ttGl - 300;
D_zak = D_gl + 3500;

if(y[5] > D_zak){
    Teta_op1 = 0;
}
else if(y[5] <= D_zak && y[5] > D_gl && DZ < 17){
    DZ_int = 2;
}

```

```

}

if(y[5] <= D_zak) {

Teta_op1 = 5
}
else if(y[5] > D_zak || y[5] >= D_gl){
    Teta_op1 = 0;
}

if(y[5] <= D_gl || DZ >= 17){
    DZ_int = 0;
    DZ = 17;
    Teta_op1 = 0;
}

//
//          Режим стабілізації заданої барометричної висоти
//

if(0.002 * y[11] > 10){
    F1 = 10;
}
else if(0.002 * y[11] < -10){
    F1 = -10;
}
else{
    F1 = 0.002 * y[11];
}

delta_star = F1 + 0.2 * (y[4] - H_zad) + 0.4 * (y[4] - H_zad) - y[12];

if(delta_star > 10){
    F2 = 10;
}
else if(delta_star < -10){
    F2 = -10;
}
else{
    F2 = delta_star;
}
delta1 = F2 + 1 * y[0] + y[13];

```

```

if(delta1 > 8){
    F3 = 8;
}
else if(delta1 < -8){
    F3 = -8;
}

else{
F3 = delta1;
}

v4 = y[1] + F3;

if(v4 > 10){
    sigma1 = 10;
}
else if(v4 < -10){
    sigma1 = -10;
}
else{
    sigma1 = v4;
}

//
//Режим автоматичного заходу на посадку
//

if(y[4] >= 250){
    k7 = 15;
    k2 = 210;
    T4 = 2.3;
    F6 = 7;
}
else if(y[4] <= 100){
    k7 = 6.5;
    k2 = 90;
    T4 = 1;

F6 = 3.5;
}
else{

    k7 = 6.5;

```

```

    k2 = 90;
    T4 = 2.3;
    F6 = 3.5;
}

v1 = k7 * E_gl + ((k2 * E_gl - y[9]) / 0.7) + (6 * (y[0] + Teta_op2) - y[8]) / 1.7;
v2 = y[10] + (13 * (y[0] + Teta_op2) - y[7]) / 15;

if(v2 > 7.5){
    Teta_zad = -7.5;
}
else if(v2 < -7.5){
    Teta_zad = 7.5;
}
else{
    Teta_zad = -v2;
}

if(4 * Teta_zad > F6){
    delta2 = -F6;
}
else if(4 * Teta_zad < -F6){
    delta2 = F6;
}

else{
    delta2 = -4 * Teta_zad;
}

v3 = (1 + k_wz_star) * y[1] + delta2;

if(v3 > 10){
    sigma2 = 10;
}
else if(v3 < -10){
    sigma2 = -10;
}
else{
    sigma2 = v3;
}

//      Умова захвату глісади
DH_gl = y[4] - H_gl;

if(H_gl < y[4]){

```

```

        point = true;
    }

    if(DH_g1 < 0 && point == false){
sigma = sigma1;
        delta = delta1;
        k_wz_star = 0;
        Teta_op2 = 0;
    }

    else if (DH_g1 >= 0 || (DH_g1 < 0 && point == true)){
        sigma = sigma2;
        delta = delta2;
        k_wz_star = 3;
        Teta_op2 = 2.5;
    }

    if(delta > 2){
        Fx = 0.6;
    }
    else if(delta < -2){
        Fx = -0.6;
    }
    else{
        Fx = 0;
    }

    DV = sigma +y[14];
// ;DV = -2;
// DZ = 0
// console.log(Teta_op2);

    x[0] = y[1];
    x[1] = -C1 * x[0] - C2 * av - C5 * x[3] - C3 * DV - C12 * DZ - C14 * fi_st;
    x[2] = C4 * av + C9 * DV + C13 * DZ + C15 * fi_st;
    x[3] = x[0] - x[2];
    x[4] = C6 * y[2];

    x[5] = -V0 * Math.cos(y[2] / 57.2957795130823);

    x[6] = (F_g1 - y[6]) / T_grp;
    x[7] = (13 * (y[0] + Teta_op2) - y[7]) / 15; //2 dodanok y F1
    x[8] = (6 * (y[0] + Teta_op2) - y[8]) / 1.7;

```

```

x[9] = (k2 * E_g1 - y[9]) / 0.7;
x[10] = (v1 - y[10]) / T4;

x[11] = y[4] - H_zad;

x[12] = 0.4 * (y[4] - H_zad) - y[12];
x[13] = (Teta_op1 - y[13]) / 2;
x[14] = Fx;
x[15] = y[16] + 1.73 * Math.sqrt(R) * Sgw * ht / (Math.sqrt(h) );
x[16] = -2 * R * y[16] - R*R * y[15] - 2.46 * R * Math.sqrt(R) * Sgw * ht /
(Math.sqrt(h) );
da = y[15]/C6;
av = da + y[3];

// console.log(x[14]);

Ny = C16 * x[2];

DZ += DZ_int * 0.05;
fi_st = -0.14706 * DZ;

for(let i = 0; i < 17; i++){
    y[i] += x[i] * h
}

// if((Math.round(T * 100) / 100) % 5 == 0){
//     console.log((Math.round(T * 100) / 100) + " " + (Math.round(DV *
100000) / 100000) + " " + (Math.round(DZ * 100000) / 100000) + " " +
(Math.round(fi_st * 100000) / 100000) + " " + (Math.round(y[0] * 100000) / 100000) + "
" + (Math.round(y[4] * 100000) / 100000) + " " + (Math.round(y[5] * 100000) / 100000)
+ " " + (Math.round(y[6] * 100000) / 100000));
// }

// dataSecondY[myK] = y[4];
// dataSecondX[myK] = y[5];
//
// myK++;

var time = Math.round(T*100)/100;
if((time) % 1 ==0){
    var tr = document.createElement("tr");

results.appendChild(tr);
    var td = [];

```

```

        td[0] = document.createElement("td");

td[0].innerHTML = time;
        tr.appendChild(td[0]);

        td[1] = document.createElement("td");

        td[1].innerHTML = Ny.toFixed(4);
        tr.appendChild(td[1]);

        td[2] = document.createElement("td");
        td[2].innerHTML = y[15].toFixed(5);
        tr.appendChild(td[2]);

        td[3] = document.createElement("td");
        td[3].innerHTML = E_gl.toFixed(5);
        tr.appendChild(td[3]);

        td[4] = document.createElement("td");
        td[4].innerHTML = y[0].toFixed(5);
        tr.appendChild(td[4]);

        td[5] = document.createElement("td");
        td[5].innerHTML = y[4].toFixed(5);
        tr.appendChild(td[5]);

        td[6] = document.createElement("td");
        td[6].innerHTML = y[5].toFixed(3);
        tr.appendChild(td[6]);
        td[7] = document.createElement("td");
        td[7].innerHTML = DH_gl.toFixed(3);
        tr.appendChild(td[7]);
        td[8] = document.createElement("td");
        td[8].innerHTML = y[6].toFixed(3);
        tr.appendChild(td[8]);
    }
    T += h;
    dataResult1[myK] = [];
    dataResult1[myK][1] = y[4] ;
    dataResult1[myK][0] = (y[5]- 18000)*-1;
    dataResult1[myK][2] = y[0];

    // dataResult1 = dataResult1.reverse();
    dataResult2[myK] = [];

dataResult2[myK][1] = H_gl;

```



```

        dataResult2[myK][0] = (y[5]- 18000)*-1;
        myK++;
    }
//for Result  Result X Y
var chart1;
chart1 = new Highcharts.Chart({
    chart: {renderTo: 'container1',
        zoomType: 'x',
        panning: true,
        panKey: 'shift',
        animation: {
            duration: 5,
            easing: 'swing'
        }
    },
    series: [{data: dataResult2, name: "Глісада"},{data: dataResult1, name:
"Траекторія літака"}],
    title: {
        text: 'Графік зміни Висоти'
    },
    yAxis: {
        title: {
            text: 'Дзпс'
        }
    }
    },
    xAxis: {
        title: {
            text: 'T'
        }
    },
});
var canvas = document.getElementById('canv');
var plane = $('#plane');
var curX;

var curY;
var angle;
var rotation;
// var plane = new Image;
canvas.width = 1500;
canvas.height = 480;
var startY = canvas.height -50;

var startX = 50;
// plane.src = "plane.png";

```

```

ctx = canvas.getContext('2d');

// ctx.fillStyle = '#00ffd6';
// ctx.fillRect(0, 0, canvas.width, canvas.height);

ctx.fillStyle = '#000000';

ctx.strokeStyle = '#000000';
ctx.beginPath();
ctx.moveTo(startX, startY);
ctx.lineTo(startX, startY - 600);
ctx.moveTo(startX, startY);
ctx.lineTo(startX + 1500, startY);
// ctx.drawImage(bg,0,0);
// ctx.lineTo(startX, startY - 600);
ctx.stroke();
ctx.closePath();
ctx.font = "18px Arial";
ctx.fillText("500m", startX - 50, startY - 370 );
// glissada start

ctx.strokeStyle = 'rgba(0,0,0,0.5)';
ctx.beginPath();
ctx.moveTo(startX + dataResult2[0][0]*0.076, startY - dataResult2[0][1]*0.7);
ctx.lineTo(startX + dataResult2[dataResult1.length-1][0]*0.076, startY -
dataResult2[dataResult1.length-1][1]*0.7);

// ctx.drawImage(bg,0,0);
// ctx.lineTo(startX, startY - 600);
ctx.stroke();
ctx.closePath();
// glissada end

// for (let i = 0; i < dataResult1.length; i +=5) {
//     setTimeout(function () {
//         ctx.beginPath();

//         console.log(dataResult1[i]);
//         ctx.arc( startX + dataResult1[i][0]*0.05, startY - dataResult1[i][1], 1, 0,
2*Math.PI, false);
//         ctx.fill();
//         ctx.closePath();

```

```

//     }, 1);
// }
var animationstate = 0;
ctx.beginPath();
// ctx.drawImage(plane, 0,0);
ctx.closePath();
// var p1 = ctx.drawImage(plane, startX + dataResult1[animationstate][0]*0.5, startY -
dataResult1[animationstate][1], 50, 40);

ctx.beginPath();
  ctx.moveTo(startX + dataResult1[animationstate][0]*0.076 ,startY -
dataResult1[animationstate][1]*0.7);
  function draw() {
    curX = startX + dataResult1[animationstate][0]*0.076;
    curY = startY - dataResult1[animationstate][1]*0.7;
    angle = dataResult1[animationstate][2];
    rotation = 'rotate(' + (-angle*1.5 - 10) + 'deg)';
    ctx.lineTo(curX, curY);
    // console.log(dataResult1[animationstate]);
    ctx.stroke();
    // ctx.arc( startX + dataResult1[animationstate][0]*0.05, startY -
dataResult1[animationstate][1], 1, 0, 2*Math.PI, false);
    // ctx.fill();

    plane.css({
      left: curX- 25,
      top: curY -30,
      transform: rotation
    });

    animationstate+=5;
    if (animationstate < dataResult1.length) {
      // if (animationstate < 500) {
        requestAnimationFrame(draw)
      }
    }
  };
plane.onload = draw()

```