МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Національний аерокосмічний університет
«Харківський авіаційний інститут»

Факультет літакобудування

Кафедра проєктування літаків і вертольотів

Пояснювальна записка до дипломного проєкту

(тип кваліфікаційної роботи)

магістра
(освітній ступінь)

на тему: ***Модифікація далекомагістрального пасажирського літака зі зменшеною рейсовою продуктивністю***

ХАІ.103.160н.25В.134.373-9/25 ПЗ

Виконав: студент 2 курсу групи 160н
Спеціальність: 134 Авіаційна та ракетно-космічна техніка
(код та найменування)
Освітня програма: «Проєктування, виробництво та сертифікація авіаційної техніки»
(найменування)
Хараїм Вероніка Ігорівна
(ПІБ здобувача)

Керівник: Рябков В. І.
(прізвище та ініціали)

Рецензент: Павленко С. А.
(прізвище та ініціали)

Харків – 2025

Міністерство освіти і науки України
Національний аерокосмічний університет
«Харківський авіаційний інститут»

Факультет: Літакобудування
Кафедра: 103 Проєктування літаків та вертольотів
Рівень вищої освіти: другий (магістерський)
Спеціальність: 134 Авіаційна та ракетно-космічна техніка
Освітня програма: Проєктування, виробництво та сертифікація авіаційної техніки

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри

к.т.н., доц. Сергій ТРУБАЄВ
«____» _____202__ року

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧУ

Хараїм Вероніці Ігорівні
(прізвище, ім'я та по батькові)

Тема кваліфікаційної роботи ***Модифікація далекомагістрального пасажирського літака зі зменшеною рейсовою продуктивністю***

керівник кваліфікаційної роботи Рябков Віктор Іванович *д.т.н., професор кафедри 103*
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом Університету № 420-уч від « 14 » березня 2025р.
Термін подання студентом кваліфікаційної роботи 12 травня 2025р.
Вихідні дані до роботи V_{max} = 960 км/год; $V_{крейс}$ = 900 км/год; K = 10; H_{max} = 13,0 км; $H_{кр}$ = 12,0 км; L_{max} = 13 000 км; $n_{пас}$ = 370 чол;

Зміст пояснювальної записки (перелік завдань, які потрібно розв'язати)

Реферат

1. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

1.1. Автоматизоване формування вигляду літака

Вступ, постановка цілі та задач проєктування

1.1.1 Розробка концепції створення проєктованого літака й науково-технічної програми досягнення його характеристик.

1.1.2 Призначення, тактико-технічні вимоги до літака, умови його виробництва й експлуатації, обмеження, що накладаються авіаційними правилами при проєктуванні літака.

1.1.3 Збір, обробка й аналіз статистичних даних. Вибір основних відносних початкових параметрів літака.

1.1.4 Вибір і обґрунтування схеми літака, типу його силової установки.

1.1.5 Розрахунок маси літака в трьох наближеннях.

1.1.6 Підбір двигунів і перевірка довжини розбігу.

1.1.7 Визначення й оптимізація проєктних параметрів літака і його агрегатів.

1.1.8 Розробка конструктивно-силового компонування. Розрахунок центрування і моментів інерції літака.

1.2. Аналіз впливу змін проєктних параметрів агрегатів літака при їх оптимізації на аеродинамічні й масові характеристики літака

1.2.1 Визначення профільного опору проєктованого літака.

1.2.2 Підйомна сила, індуктивний опір, поляра літака, аеродинамічна якість літака.

1.2.3 Поздовжній момент і розташування аеродинамічного фокуса літака.

1.2.4 Розрахунок діаграми «вантаж-дальність» проєктованого літака.

1.3. Інтегроване проєктування й комп'ютерне моделювання передньої опори шасі проєктованого літака

1.3.1. Розробка майстер-геометрії агрегату.

1.3.2. Вибір схеми розміщення і обгрунтування кінематичної конструктивно-силової схеми шасі.

1.3.3. Визначення стоянкових, експлуатаційних і розрахункових навантажень, що діють на елементи конструкції шасі. Побудова епюр зусиль в усіх елементах шасі.

1.3.4. Проєктувальний розрахунок амортизатора, визначення діаметра та ходу амортизатора, розмірів штока і циліндра, об'єму рідини і газу, тиску зарядки і т.д.

1.3.5. Розрахунок і уточнення товщини стінок штока і циліндра.

1.4. Висновки

2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

Розробка технології виготовлення вузла літака

2.1. Аналіз вихідних конструкторських документів проєктованої нервюри крила: технічні умови на виготовлення, аналіз технологічності вузла.

2.2. Розробка схеми конструктивно-технологічного членування, схеми збирання й ув'язування заготівельно-складального оснащення.

2.3. Розробка укрупненого технологічного процесу складання вузла: підбір інструмента й устаткування, технічні умови на постачання деталей і складальних одиниць, розробка технологічних карт процесу складання, нормування, цикловий графік складання.

2.4. Проєктування складального пристрою: розробка схеми базування, складання технічних умов на проєктування стапеля, вибір і обґрунтування прийнятих засобів виготовлення й монтажу складального пристрою, опис конструкції складального пристрою, монтаж складального пристрою.

2.5. Організація робочого місця й техніка безпеки.

2.6. Висновки.

3. ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ

3.1. Розрахунок характеристик економічної ефективності

3.2. Бізнес план: історія фірми, характеристика літака, аналіз ринку збуту, маркетинг, кадри й керування, аналіз ризиків і їх запобігання

3.3. Фінансування проєкту: джерела фінансування, прибутки й витрати - розрахунок витрат на проєктування й виробництво, розрахунок собівартості, прибуток ціни, розрахунок мінімальних власних коштів фірми, визначення точки беззбитковості, розрахунок прямих, непрямих витрат.

3.4. Висновки.

4. СПЕЦІАЛЬНЕ ЗАВДАННЯ

Літаки вертикального зльоту та посадки. Принципи і способи вертикального зльоту літака

4.1. Загальний аналіз принципів польоту літаків вертикального зльоту та посадки.

4.2. Конструкційні особливості для зменшення навантаження на корпус літака.

4.3. Проблеми керування при переході з режиму вертикального зльоту у горизонтальний політ.

4.4. Висновки.

Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

- креслення загального вигляду (формат А1);
- конструктивно-силове компонування літака (формат А1);
- складальне креслення передньої опори шасі (формат А1)

- майстер-геометрія літака;
- майстер-геометрія передньої опори шасі.

- складальне креслення нервюри крила літака (формат А1);
- схема складання та ув'язування нервюри крила (формат А1);
- цикловий графік складання нервюри крила (формат А1).

Керівник і консультанти розділів проєкту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада керівника і консультантів	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1.	Д.т.н., професор каф. 103 Рябков В. І.	14.03.2025	14.03.2025
2.	Д.т.н., професор каф. 103 Рябков В. І.	14.03.2025	14.03.2025
3.	Д.т.н., професор каф. 103 Рябков В. І.	14.03.2025	14.03.2025
4.	Д.т.н., професор каф. 103 Рябков В. І.	14.03.2025	14.03.2025

Нормоконтроль _____ ___Рябков В. І.___ «____» _____20__ р.
(підпис) (ім'я прізвище)

Дата видачі завдання «14» березня 2025 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1.	**Конструкторський розділ**	14.03 – 28.03	
2.	**Технологічний розділ**	28.03 – 11.04	
3.	**Економічний розділ**	11.04 – 25.04	
4.	**Спеціальне завдання**	25.04 – 09.05	

Здобувач _____ Вероніка ХАРАЇМ
(підпис) (ім'я прізвище)

Керівник кваліфікаційної роботи _____ Віктор РЯБКОВ
(підпис) (ім'я прізвище)

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота магістра: 146 с., 11 табл., 51 рис., 11 дод., 28 джерел.

Об’єкт дослідження – пасажирський далекомагістральний літак.

Мета роботи – проєктування пасажирського далекомагістрального літака зі зменшеною продуктивністю, а саме: визначення злітної маси та геометричних параметрів у двох наближеннях, розрахунок аеродинамічних та льотних характеристик, розробка 3D моделі загального вигляду літака та передньої опори шасі; дослідження принципів виконання зльоту літаків вертикального зльоту та посадки.

Методи дослідження – статистичний, розрахунковий, аналітичний; моделювання 3D конструкцій.

Результати кваліфікаційної роботи магістра і її новизна:

Кваліфікаційна робота включає комплексне дослідження і розробку літака, враховуючи аеродинамічні, конструкторські, технологічні, та економічні аспекти, а також спеціальне завдання з дослідження принципів виконання вертикального зльоту і посадки літаків.

Розроблено аванпроєкт літака, призначеного для перевезення 370 пасажирів на дальність 12000 км з максимальною швидкістю 960 км/год. Проведено аналіз статистичних даних, визначено технічні вимоги та обрано конструкційну схему. Виконано розрахунки маси літака і його основних агрегатів, включаючи двигун. Розроблено і оптимізовано геометричні параметри, виконано креслення загального виду, конструктивно-силову схему та майстер-геометрію літака.

Проведено розробку передньої опори шасі проєктованого літака, виконано майстер-геометрію шасі у випущеному та прибраному положеннях.

Розроблено нову конструкцію літака, яка забезпечує покращену економічність і ефективність використання палива завдяки оптимізації аеродинамічних і масових характеристик.

У технологічному розділі розроблено технологію складання рядової нервюри крила літака. Виконано розрахунок допусків на складання нервюри. Розроблено схему складання та ув’язування оснащення.

Розраховано економічні показники проєкту, включаючи собівартість та ціну літака. Проведено аналіз ринку попиту, можливі ризики при проєктувані та методи їх запобігання.

Досліджено принципи реалізації вертикального зльоту та посадки літаків. Описано проблеми керування при переході з вертикального зльоту у режим горизонтального польоту.

ДАЛЕКОМАГІСТРАЛЬНИЙ ПАСАЖИРСЬКИЙ ЛІТАКБ РЕЙСОВА ПРОДУКТИВНІСТЬ, МОДИФІКАЦІЯ, ДВИГУН, ЗАГАЛЬНИЙ ВИД ЛІТАКА, ЛІТАК, МАЙСТЕР-ГЕОМЕТРІЯ, НЕРВЮРА, ПРИНЦИПИ ЗЛЬОТУ, ЦИКЛОВИЙ ГРАФІК СКЛАДАННЯ, ШАСІ, ГРАФІК БЕЗЗБИТКОВОСТІ.

Умови отримання: за письмовим дозволом завідуючого кафедрою проєктування літаків і вертольотів Національного аерокосмічного університету «Харківський авіаційний інститут».

ЗМІСТ

ВСТУП 13
1 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ 14
1.1 Автоматизоване формування вигляду літака 14
1.1.1 Розробка концепції створення проєктованого літака й науково-технічної програми досягнення його характеристик 14
1.1.2 Призначення, тактико-технічні вимоги до літака, умови його виробництва й експлуатації, обмеження, що накладаються авіаційними правилами при проєктуванні літака 15
1.1.3 Збір, обробка й аналіз статистичних даних. Вибір основних відносних початкових параметрів літака 17
1.1.4 Вибір і обгрунтування схеми літака, типу його силової установки 22
1.1.5 Розрахунок маси літака в трьох наближеннях 27
1.1.6 Підбір двигунів і перевірка довжини розбігу 40
1.1.7 Визначення й оптимізація проєктних параметрів літака і його агрегатів 41
1.1.8 Розробка конструктивно-силового компонування. Розрахунок центрування і моментів інерції літака 45
1.2 Аналіз впливу змін проєктних параметрів агрегатів літака при їх оптимізації на аеродинамічні й масові характеристики літака 50
1.2.1 Визначення профільного опору проєктованого літака 50
1.2.2 Підйомна сила, індуктивний опір, поляра літака, аеродинамічна якість літака 52
1.2.3 Поздовжній момент і розташування аеродинамічного фокуса літака 56
1.2.4 Розрахунок діаграми «вантаж-дальність» проєктованого літака 57

1.3 Інтегроване проєктування й комп'ютерне моделювання передньої опори шасі проєктованого літака 59

1.3.1 Розробка майстер-геометрії агрегату 59

1.3.2 Вибір схеми розміщення і обгрунтування кінематичної конструктивно-силової схеми шасі 59

1.3.3 Визначення стоянкових, експлуатаційних і розрахункових навантажень, що діють на елементи конструкції шасі. Побудова епюр зусиль в усіх елементах шасі 60

1.3.4 Проєктувальний розрахунок амортизатора, визначення діаметра та ходу амортизатора, розмірів штока і циліндра, об'єму рідини і газу, тиску зарядки і т.д. 61

1.3.5 Розрахунок і уточнення товщини стінок штока і циліндра 65

1.4 Висновки 66

2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ 67

2.1 Аналіз вихідних конструкторських документів проєктованої нервюри крила: технічні умови на виготовлення, аналіз технологічності вузла 67

2.1.1 Технічні умови (ТУ) на виготовлення вузла 68

2.1.2 Оцінка технологічності конструкції вузла 69

2.2 Розробка схеми конструктивно-технологічного членування, схеми збирання й ув'язування заготівельно-складального оснащення 71

2.3 Розробка укрупненого технологічного процесу складання вузла: підбір інструмента й устаткування, технічні умови на постачання деталей і складальних одиниць, розробка технологічних карт процесу складання, нормування, цикловий графік складання 75

2.3.1 Нормування операцій технологічного процесу складання 77

2.3.2 Розробка циклового графіка складання 78

2.4 Проєктування складального пристрою: розробка схеми базування, складання технічних умов на проєктування стапеля, вибір і обгрунтування прийнятих засобів виготовлення й монтажу складального пристрою, опис конструкції складального пристрою, монтаж складального пристрою 79

2.5 Організація робочого місця й техніка безпеки 85

2.5.1 Планування робочого місця 85

2.5.2 Безпека праці у складальних цехах 85

2.6 Висновки 88

3 ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ 89

3.1 Розрахунок характеристик економічної ефективності 89

3.2 Бізнес-план: історія фірми, характеристика літака, аналіз ринку збуту, маркетинг, кадри й керування, аналіз ризиків і їх запобігання 90

3.3 Фінансування проєкту: джерела фінансування, прибутки й витрати – розрахунок витрат на проєктування й виробництво, розрахунок собівартості, прибуток ціни, розрахунок мінімальних власних коштів фірми, визначення точки беззбитковості, розрахунок прямих, непрямих витрат 95

3.4 Висновки 99

4 СПЕЦІАЛЬНЕ ЗАВДАННЯ 100

4.1 Загальний аналіз принципів польоту літаків вертикального зльоту та посадки 100

4.1.1 Поворотні двигуни для реалізації вертикального зльоту 101

4.1.2 Двигуни з регулюванням вектора тяги 103

4.1.3 Літаки з повітряними гвинтами (роторні системи) 106

4.2 Конструкційні особливості для зменшення навантаження на корпус літака 108

4.2.1 Аналіз впливу використання композиційних матеріалів для підвищення міцності конструкції 109

4.2.2 Проблеми забезпечення оптимального розподілу маси для забезпечення стабільного та надійного керування літаком 111

4.3 Проблеми керування при переході з режиму вертикального зльоту у горизонтальний політ 112

4.4 Висновки 113

ВИСНОВКИ 114

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ 116

ДОДАТОК А. Результати розрахунку параметрів літака 120

ДОДАТОК Б. Креслення загального виду літака 125

ДОДАТОК В. Конструктивно-силове компонування літака 127

ДОДАТОК Г. Майстер-геометрія літака 129

ДОДАТОК Д. Складальне креслення передньої опори шасі 131

ДОДАТОК Е. Специфікація передньої опори шасі 133

ДОДАТОК Ж. Майстер-геометрія передньої опори шасі 135

ДОДАТОК К. Складальне креслення нервюри крила літака 137

ДОДАТОК Л. Специфікація до складального креслення нервюри крила .. 139

ДОДАТОК М. Схема складання та ув’язування нервюри крила 144

ДОДАТОК Н. Цикловий графік складання нервюри крила 146

ВСТУП

Сучасний світ не може бути представлений без авіації. Це відіграє важливу роль у забезпеченні мобільності людей та продуктів на глобальному рівні. Авіація не тільки з'єднує континенти, які зменшують відстані та час, але й сприяє розвитку культурного обміну та міжнародної торгівлі. Важливість літальних апаратів у нашому сучасному світі важко завищити, оскільки це є головним інструментом у багатьох сферах бізнесу для гуманітарної допомоги.

Розробка нових літаків дозволяє відповідати зростаючим вимогам безпеки та екологічних стандартів. Нові дизайни забезпечують кращу паливну ефективність, що важливо у контексті зростаючих цін на енергоресурси та необхідності зменшення впливу на довкілля. Нові літаки можуть краще задовольняти потреби ринку, пропонуючи більший комфорт пасажирів та більші можливості для вантажних перевезень. Інновації в авіаційній промисловості сприяють зростанню національної економіки, створенню висококваліфікованих робочих місць та підтримці технологічного лідерства країни на міжнародному рівні.

Інженери в авіаційній галузі займаються розробкою кожного аспекту літака, включаючи аеродинаміку, системи безпеки та пасажирський комфорт. Інженери також відповідають за інтеграцію новітніх технологій, таких як автоматизовані системи пілотування, екологічно чисті двигуни та інноваційні матеріали. Це вимагає глибоких знань не тільки в області авіаційної техніки, але і в фізиці, комп'ютерних науках та матеріалознавстві.

Дана кваліфікаційна робота присвячена розробці широкофюзеляжного пасажирського літака зі зменшеною рейсовою дальністю польоту для задоволення останніх вимог авіаційної галузі. Розробка цього типу літаків відкриває нові можливості для авіакомпаній, зменшує витрати на паливо та підвищує економічну ефективність.