МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського
«Харківський авіаційний інститут»

Факультет літакобудування

Кафедра проектування літаків і вертольотів

Пояснювальна записка до кваліфікаційної роботи

(тип кваліфікаційної роботи)

магістра
(освітній ступінь)

на тему: ***Проєктування й комп'ютерне моделювання агрегатів і систем регіонального пасажирського літака з ТРДД***

ХАІ.103.160н.25В.134.2001144ПЗ

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)
Михалчич Руслан Миколайович
(ПІБ здобувача)

Керівник: Капітанова Л.В.
(прізвище та ініціали)

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

Харків – 2025

Міністерство освіти і науки України
Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського
«Харківський авіаційний інститут»

Факультет: Літакобудування
Кафедра: 103 Проектування 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
«____» _____2025 року

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧУ

Михалчичу Руслану Миколайовичу
(прізвище, ім'я та по батькові)

Тема кваліфікаційної роботи ***Проєктування й комп'ютерне моделювання агрегатів і систем регіонального пасажирського літака з ТРДД***

керівник кваліфікаційної роботи КАПІТАНОВА Людмила Валеріївна
д.т.н., доцент, 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 15 травня 2025р.

Вихідні дані до роботи $V_{крейс}$ = 800 км/год; M_{max} = 0,8;
$L_{max}(m_{nmax})$ = 3 800 км; $L_{розбігу}$ = 1450 км; $n_{пас}$ = 64 чол; $n_{ек}$ = 3 чол;
$H_{крейс}$ = 11 000 м; k=15

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

Реферат

1. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

1.1. Автоматизоване формування вигляду літака

Вступ, постановка цілі та задач проектування

1.1.1 Розробка концепції створення проектованого 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 проектуванні 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 проектних параметрів літака і його агрегатів. Конструктивно-силове компонування літака.

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

1.2.1 Визначення лобового опору проектованого 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 Вплив проектних параметрів літака на його аеродинамічні й масові характеристики.

1.2.5 Розрахунок моментних характеристик, статичної стійкості й керованості літака.

1.3. Інтегроване проектування й комп'ютерне моделювання стабілізатору проектованого літака

1.3.1. Розробка майстер-геометрії агрегату.

1.3.2. Визначення навантажень, що діють на агрегат.

1.3.3. Вибір матеріалів для елементів конструкції агрегату.

1.3.4. Дослідження впливу параметрів агрегату на його масу.

1.3.5. Проектувальний розрахунок з'єднань і стиків агрегату з фюзеляжем.

1.3.6. Прогнозування ресурсу агрегату в регулярних і нерегулярних зонах.

1.3.7. Керівництво з технічної експлуатації проектованого агрегату літака.

1.4. Інтегроване проектування й комп'ютерне моделювання однієї з систем літака

1.4.1. Проектування і моделювання систем життєзабезпечення.

1.4.2. Посібник з експлуатації проектованої системи.

2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

Розробка технології виготовлення агрегату літака

2.1. Аналіз вихідних конструкторських документів проектованого агрегату: технічні умови на виготовлення, аналіз технологічності агрегату.

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

2.3. Розробка укрупненого технологічного процесу збирання агрегату: підбор інструмента й устаткування, технічні умови на постачання деталей і складальних одиниць, нормування, цикловий графік збирання.

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

2.5. Організація робочого місця й техніка безпеки

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

3.4. Доходи від проекту.

4. СПЕЦІАЛЬНЕ ЗАВДАННЯ

Вплив людського фактору на безпеку під час виробництва та обслуговування літака

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

- креслення загального вигляду;
- майстер-геометрія поверхні літака;
- компоновочна схема розташування системи в літаку;
- майстер-геометрія агрегату;
- креслення агрегату літака;
- схема конструктивно-технологічного членування агрегату;
- схема складання та ув'язки агрегату літака;
- цикловий графік складання агрегату літака;
- креслення складального пристосування агрегату;
- схема бізнес-плану створення агрегату.

Керівник і консультанти розділів проекту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада керівника і консультантів	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1.	Капітанова Л.В. д.т.н., доцент, професор кафедри 103		
2.	Капітанова Л.В. д.т.н., доцент, професор кафедри 103		
3.	Капітанова Л.В. д.т.н., доцент, професор кафедри 103		
4.	Капітанова Л.В. д.т.н., доцент, професор кафедри 103		

Нормоконтроль _____ Людмила КАПІТАНОВА «___» _____2025р.
(підпис) (ім'я прізвище)

Дата видачі завдання «29» січня 2025 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1.	**Конструкторський розділ**	**17.02-10.03.2025**	
2.	**Технологічний розділ**	**11.03-31.03.2025**	
3.	**Економічний розділ**	**01.04-15.04.2025**	
4.	**Спеціальне завдання**	**16.04-30.04.2025**	

Здобувач _____ **Руслан МИХАЛЧИЧ**
(підпис) (ім'я прізвище)

Керівник кваліфікаційної роботи _____ **Людмила КАПІТАНОВА**
(підпис) (ім'я прізвище)

ЗМІСТ

Реферат……9

Вступ, постановка цілі та задач проектування……..10

1. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ……...11

1.1. Автоматизоване формування вигляду літака……..…….11

1.1.1 Розробка концепції створення проектованого літака й науково-технічної програми досягнення його характеристик……11

1.1.2 Призначення, тактико-технічні вимоги до літака, умови його виробництва й експлуатації, обмеження, що накладаються авіаційними правилами при проектуванні літака……12

1.1.3 Збір, обробка й аналіз статистичних даних. Вибір основних відносних початкових параметрів літака……..…14

1.1.4 Вибір і обґрунтування схеми літака, типу його силової установки……..18

1.1.5 Розрахунок маси в трьох наближеннях.....…….…….19

1.1.6 Підбір двигунів і перевірка довжини розбігу…….21

1.1.7 Визначення й оптимізація проектних параметрів літака і його агрегатів. Конструктивно силове компонування літака…….23

1.2. Аналіз впливу змін проектних параметрів агрегатів літака при їх оптимізації на аеродинамічні й масові характеристики літака……..30

1.2.1 Визначення лобового опору проектованого літака……30

1.2.2 Підйомна сила, індуктивний опір, поляра літака, аеродинамічна якість літака…….32

1.2.3 Поздовжній момент і розташування аеродинамічного фокуса літака……..33

1.2.4 Вплив проектних параметрів літака на його аеродинамічні й масові характеристики…….35

1.2.5 Розрахунок моментних характеристик, статичної стійкості й керованості літака…….36

1.3 Інтегроване проектування й комп'ютерне моделювання стабілізатору проектованого літака…….....39

1.3.1 Розробка майстер-геометрії агрегату…….…….39

1.3.2 Визначення навантажень, що діють на стабілізатор……. 42

1.3.3 Вибір матеріалів для елементів конструкції стабілізатора……44

1.3.4 Дослідження впливу параметрів агрегату на його масу……46

1.3.5 Проектувальний розрахунок з'єднань і стиків стабілізатора

з фюзеляжем……47
1.3.6 Прогнозування ресурсу агрегату в регулярних і нерегулярних зонах……49
1.3.7 Керівництво з технічної експлуатації проектованого агрегату літака……...50
1.4 Проектування систем літака……..……..52
1.4.1 Проектування і моделювання систем життєзабезпечення……52
1.4.2 Посібник з експлуатації проектованої системи…….54

2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ……56

2.1 Аналіз вихідних конструкторських документів проектованого агрегату: технічні умови на виготовлення, аналіз технологічності агрегату……56
2.2 Розробка схеми конструктивно-технологічного членування, схеми збирання й ув'язування заготівельно-складального оснащення……58
2.3 Розробка укрупненого технологічного процесу збирання агрегату: підбір інструмента й устаткування, технічні умови на постачання деталей і складальних одиниць, нормування, цикловий графік збирання……...62
2.4 Проектування складального пристосування: розробка схеми базування, складання технічних умов на проектування стапеля, вибір і обґрунтування прийнятих засобів виготовлення й монтажу складального пристосування, опис конструкції складального пристосування, монтаж складального пристосування……66
2.5 Організація робочого місця й техніка безпеки…..……71

3. ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ……74

3.1 Розрахунок характеристик економічної ефективності виготовлення стбілізатора……...74
3.2 Бізнес-план: історія фірми, характеристика літака, аналіз ринку збуту, маркетинг, кадри й керування, аналіз ризиків і їх запобігання……..77
3.3 Фінансування проекту: джерела фінансування, прибутки й витрати — розрахунок витрат на проектування й виробництво, розрахунок собівартості, прибуток, ціни, розрахунок мінімальних власних коштів фірми, визначення точки беззбитковості, розрахунок

прямих, непрямих витрат……78
3.4 Доходи від проекту……80

4. СПЕЦІАЛЬНЕ ЗАВДАННЯ……82

4.1 Вплив людського фактору на безпеку під час виробництва та обслуговування літака……..…….82
4.2 Приклади впливу людського фактору на авіаційну безпеку……..82
4.3 Оцінка ініціатив літакобудівних фірм щодо мінімізації людських помилок……...86
4.4 Концепт системи мінімізації людських помилок, підвищення якості обслуговування……88
Висновки до кваліфікаційної роботи магістра……93
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ ІНФОРМАЦІЇ…….94
Додатки……...96
Додаток А – Креслення загального виду літака……97
Додаток Б – Конструктивно-силова схема літака……...98
Додаток В – Майстер-геометрія поверхні літака……99
Додаток Г – Стабілізатор (складальне креслення)……100
Додаток Д – Схема конструктивно-технологічного членування стабілізатора……..…108
Додаток Е – Схема складання та ув'язки стабілізатора……109
Додаток Ж – Цикловий графік складання стабілізатора……..110
Додаток И – Пристосування для складання стабілізатора……111
Додаток К – Схема бізнес-плану створення стабілізатора……...114

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота магістра: проєктування й комп'ютерне моделювання агрегатів і систем регіонального пасажирського літака з ТРДД, 114 с., 21 рис., 3 табл., Додатки, 24 джерела інформації.

Об’єкт розробки: регіональний пасажирський літак.

Мета кваліфікаційної роботи – проєктування й комп'ютерне моделювання агрегатів і систем регіонального пасажирського літака, зокрема проєктування стабілізатора, системи життєзабезпечення.

Методи проектування: статистичні, аналітичні, графічні, комп’ютерного моделювання за допомогою програмних пакетів: Excel, Siemens NX.

У результаті виконання кваліфікаційної роботи магістра було спроектовано стабілізатор та системи життєзабезпечення пасажирського літака. Визначено конструктивні характеристики стабілізатора. Розроблено технологічний процес виготовлення, що включає операції з їх тривалістю циклу. Складено цикловий графік для виробництва. Проведено економічний аналіз, розрахована собівартість одного стабілізатора, ціна з рентабельністю, прибуток. Досліджено вплив людського фактору на безпеку авіаційної техніки.

Результати кваліфікаційної роботи можуть використовуватися для подальшого економічного та технологічного проектування авіаційних компонентів.

Умови отримання роботи: за письмовим дозволом завідуючого кафедри проектування літаків і вертольотів Національного аерокосмічного університету ім. М.Є. Жуковського «Харківський авіаційний інститут».

РЕГІОНАЛЬНИЙ ПАСАЖИРСЬКИЙ ЛІТАК, СТАБІЛІЗАТОР, МАЙСТЕР-ГЕОМЕТРІЯ, МОНТАЖ, СКЛАДАЛЬНЕ ПРИСТОСУВАННЯ, ЦИКЛОВИЙ ГРАФІК, ВИРОБНИЦТВО, БЕЗПЕКА, ЛЮДСЬКИЙ ФАКТОР

Вступ

Сучасна авіаційна індустрія стрімко розвивається, спрямовуючи зусилля на створення економічно ефективних, екологічних та технічно досконалих літаків для регіональних перевезень. Регіональні пасажирські літаки відіграють ключову роль у забезпеченні з’єднання віддалених регіонів із великими транспортними хабами, сприяючи економічному зростанню та соціальній інтеграції. Однак проекти таких літаків потребують інноваційних підходів до проєктування, зокрема в частині оптимізації агрегатів і систем, використання турбореактивних двоконтурних двигунів (ТРДД) та впровадження комп'ютерного моделювання для підвищення точності й скорочення часу розробки.

Метою даної кваліфікаційної роботи магістра є проєктування та комп'ютерне моделювання агрегатів і систем регіонального пасажирського літака з ТРДД, що відповідає сучасним вимогам авіаційної індустрії. Основні завдання включають: аналіз тактико-технічних вимог до літака, розробку концепції його створення, інтегроване проєктування ключових агрегатів і систем, оцінку аеродинамічних і масових характеристик, а також визначення економічної ефективності проекту.

У кваліфікаційній роботі магістра використовуються сучасні методи комп'ютерного моделювання, аналіз статистичних даних, аеродинамічні та конструктивно-силові розрахунки. Результати дослідження дозволять створити технічну документацію, включаючи креслення загального вигляду літака, майстер-геометрію агрегатів, схеми систем і бізнес-план виробництва. Робота має практичне значення для авіаційної індустрії, оскільки сприяє розвитку регіональної авіації з урахуванням екологічних і економічних чинників.

Структура кваліфікаційної роботи магістра складається з чотирьох основних розділів: конструкторського, технологічного, економічного та спеціального завдання. У конструкторському розділі розглядаються аеродинамічні, масові та конструктивні аспекти проєктування літака, у технологічному — розробка технології виготовлення агрегатів, в економічному — оцінка фінансової доцільності проекту, а спеціальне завдання зосереджене на детальному аналізі аспектів людського фактору під час виробництва та обслуговування літака.