МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний аерокосмічний університет
«Харківський авіаційний інститут»

Факультет літакобудування
Кафедра проєктування літаків і вертольотів

Пояснювальна записка
до дипломного проєкту
магістра
(освітній рівень)

на тему «Підвищення рівня безвідмовності паливної системи важкого транспортного літака»

ХАІ.103.160.25О.272. 12000604.ПЗ

Виконав: студент 2 курсу групи № 160 ОПС
спеціальності *272 «Авіаційний транспорт»*
(шифр спеціальності
освітня програма *«Технічне обслуговування та ремонт повітряних суден і авіадвигунів»*
Пантюх Б.С.
(прізвище й ініціали студента)
Керівник: Малков І.В
(прізвище й ініціали)
Рецензент: Павленко С.А.
(прізвище й ініціали)

Харків 2025

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний аерокосмічний університет «Харківський авіаційний інститут»

Факультет 1 Літакобудування
Кафедра 103 «Проєктування літаків і вертольотів»
Освітній рівень Другий «Магістр»
Галузь знань 27 «Транспорт»
Спеціальність 272 «Авіаційний транспорт»
Освітня програма «Технічне обслуговування та ремонт повітряних суден і авіадвигунів»

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
к.т.н., доцент _____ Сергій ТРУБАЄВ
«_____» _____ 2025 р.

ЗАВДАННЯ
на кваліфікаційну роботу магістра
Пантюху Богдану Сергійовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

Тема дипломного проєкту «Підвищення рівня безвідмовності паливної системи важкого транспортного літака»
Керівник дипломного проєкту Малков І.В., д.т.н., проф.
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом Університету № наказ № 1683-уч від 22.10.2025 року
Термін подання студентом дипломного проєкту 15.12.2025 року
Вихідні дані до проєкту: L, км = 4950 Q споряд, кг = 181000; Q вант., кг = 150000; V рейс, км/год = 895.

Зміст розрахунково-пояснювальної записки
(перелік завдань, які потрібно розробити)

Мета

1. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

1.1. Сучасні загальні вимоги до паливних систем транспортних літаків
1.2. Короткий опис літака
1.3. Коротка довідка про виробника – АТ «АНТОНОВ»
1.4.1. Розробка тактико-технічних вимог до літака
1.4.2. Вибір та обґрунтування схеми літака
1.4.3. Визначення злітної маси літака у нульовому наближенні
1.4.4. Розрахунок маси конструкції основних агрегатів літака, маси силової установки, палива, обладнання та управління
1.4.5. Вибір двигуна та його характеристик
1.4.6. Визначення геометричних розмірів основних агрегатів літака. Визначення положення центру мас. Розробка загального виду літака Визначення геометричних параметрів крила
1.4.7. Вибір та обґрунтування, розробка та ув'язування конструктивно-силових схем (КСС) агрегатів літака
1.4.8. Висновки
1.4.9. Розрахунок аеродинамічних та льотних характеристик літака
1.4.9.1. Розрахунок льотних характеристик літака методом тяг
1.4.10. Розрахунок поляр та аеродинамічної якості у злітній, посадковій та крейсерській конфігураціях літака

1.4.11. Висновки
1.5. Визначення геометричних характеристик елементів регулярної зони крила за умов забезпечення статичної міцності
1.5.1. Розрахунок повітряних та масових навантажень, що діють на крило, побудова епюр поперечних сил, згинальних та крутних моментів
1.5.2. Вибір матеріалу силових елементів крила
1.5.3. Проєктувальний розрахунок поперечного перерізу крила великого подовження
1.5.4. Висновки
1.6. Розробка конструкції збірних вузлів та деталей агрегату літака
1.6.1. Розробка конструкції першого лонжерону крила
1.6.1.1. Аналіз конструктивно-технологічних особливостей збірного лонжерону крила заданого типу літака
1.6.1.2. Виділення зони збірного вузла із конструктивно-силової схеми агрегату. Розробка розрахункової схеми та визначення навантажень, що діють на перший лонжерон
1.6.1.3. Визначення геометричних параметрів силових елементів лонжерона за умов забезпечення статичної міцності та мінімуму маси
1.6.1.4. Визначення параметрів та розробка конструкції з'єднань силових елементів лонжерону
1.6.2. Висновки
1.7. Розробка конструкції силових елементів механічного проведення системи керування кермом висоти
1.7.1. Аналіз схем системи управління та конструктивних особливостей їх виконання на літаках заданого типу
1.7.2. Розробка трасування, розміщення та типу проведення системи управління, розробка її кінематичної схеми. Кінематичний розрахунок системи управління
1.7.3. Визначення навантажень у тягах, гойдалках та командному важелі системи управління
1.7.4. Обґрунтування вибору конструкційних матеріалів та проєктувальні розрахунки тяги та качалки системи управління. Розробка конструкції характерних перерізів та вузлів кріплення.
1.7.5. Розрахунок вуха
1.7.6. Висновки
1.8. Проєктування кріплення двигуна
1.8.1. Аналіз схем кріплення двигуна та конструктивних особливостей їх виконання на літаках
1.8.2. Вибір схеми кріплення двигуна, визначення розрахункових навантажень.
1.8.3. Технічний опис кріплення двигуна
1.8.4. Розробка конструкції та технічних умов на її виготовлення
1.8.5. Висновки.
2. ЕКСПЛУАТАЦІЙНИЙ РОЗДІЛ
2.4. Порівняння унікальної вантажної кабіни Ан-124-100 з іноземними аналогами
2.5. Аналіз відмов при експлуатації літака Ан-124-100. Вихідні дані
2.6. Пропозиція удосконалення насоса ЕЦН-75В (ЕЦН-75Т) шляхом переробки на безщітковий двигун постійного струму з «мокрим ротором» і додатковим каналом охолодження/змащення
2.7. Детальний розрахунок підвищення ефективності
2.8. Розрахунок потрібної кількості палива для літака Ан-124-100
2.8.1. Визначення потрібної кількості палива на політ
2.8.2. Приклад розрахунку витрат палива для важкого літака Ан-124-100
3. ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БЕЗПЕКИ ПОЛЬОТІВ ПС

3.4. Основні поняття
3.5. Аналіз авіаційної безпеки в Україні (2014-2024 рр.)
4. ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ
4.4. Класифікація та визначення рівня податків та зборів на підставі аналізу законодавства
4.5. Визначення рівня податкового навантаження в ціні важкого транспортного літака Ан-124-100 виробництва АТ «АНТОНОВ»
4.6. Оцінка бюджетної ефективності від реалізації запланованих завдань та заходів Державної цільової науково-технічної програми розвитку авіаційної промисловості, у разі отримання відповідного бюджетного фінансування
4.7. Рівень податкового навантаження на АТ «АНТОНОВ»
4.8. Порівняння рівня оподаткування в Україні та країнах Європейського Союзу
ВИСНОВКИ

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

- креслення загального вигляду важкого транспортного літака;
- креслення лонжерону в консолі крила важкого транспортного літака;
- креслення кріплення двигуна на консолі крила важкого транспортного літака.

Консультанти розділів проєкту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання надав	завдання отримав
1.	Малков І.В. д.т.н., проф. каф103		
2.	Малков І.В. д.т.н., проф. каф103		
3.	Малков І.В. д.т.н., проф. каф103		
4.	Малков І.В. д.т.н., проф. каф103		

Нормоконтроль _____ _____ «____» _____20__ р.
(підпис) (ініціали та прізвище)

Дата надання завдання «22» листопада 2025 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проєкту	Термін виконання етапів проєкту	Примітки
1.	**Конструкторський розділ**	31.11.2025 р.	
2.	**Експлуатаційний розділ**	14.11.2025 р.	
3.	**Безпека польотів**	05.12.2025 р.	
4.	**Економічний розділ**	19.12.2025 р.	

Студент _____ _____ _____
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник проєкту _____ _____ _____
(підпис) (прізвище та ініціали)

Реферат

Кваліфікаційна робота магістра на тему «Підвищення рівня безвідмовності паливної системи важкого транспортного літака»**:** 123 с., 4 розділи, 44 рис., 24 табл., 5 додатки, 26 джерел інформації.

Об'єкт дослідження – важкий транспортний літак.

Мета роботи – інтегроване проєктування та комп'ютерне моделювання транспортного літака з заданими параметрами, підвищення рівня безвідмовності паливної системи важкого транспортного літака.

Метод дослідження – статистичний, аналітичний, графічний, методи проєктування та розрахунку на ЕОМ.

У кваліфікаційній роботі представлені: статистичне дані кількості несправностей на тяжкому транспортному літаку в залежності від льотних годин; визначені аеродинамічні та льотно-технічні характеристики літака; визначено об’єкт (насос ЕЦН-75Т), що потребує удосконалення конструкції; розроблено алгоритм вирішення проблеми незначного ресурсу, іскріння та перегрів підшипників; виначено основні параметри нового насосу та ККД; визначено бюджетну ефективність та податкове навантаження за підтримки державною програмою при виробництві 13 літаків Ан-124-100 для внутрішнього ринку та 13 літаків Ан-124-100 для іноземного замовника.

У кваліфікаційній роботі було спроєктовано транспортний літак, а також були закріплені знання, що отримані в теоретичному навчанні.

Робота була виконана на ЕОМ, з використанням різних програмних продуктів: Unigraphics NX9.0, Компас 3D версія 13, Microsoft Word 2016, всі розрахунки виконані в Microsoft Excel 2016 з використанням міжнародної мережі Інтернет.

Ключові слова: ТАКТИКО-ТЕХНІЧНІ ВИМОГИ, ЛЬОТНО-ТЕХНІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ, ЗЛІТНА МАСА ЛІТАКА, НАПРАЦЮВАННЯ НА НЕСПРАВНІСТЬ, ДАЛЬНІСТЬ ПОЛЬОТУ, БЮДЖЕТНА ЕФЕКТИВНІСТЬ, ТЕХНОЛОГІЧНА КАРТА, СОБІВАРТІСТЬ, ПРИБУТОК, РЕНТАБЕЛЬНІСТЬ.

ЗМІСТ

1. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ 10
1.1. Сучасні загальні вимоги до паливних систем транспортних літаків 10
1.2. Короткий опис літака 11
1.3. Коротка довідка про виробника – АТ «АНТОНОВ» 15
1.4.1. Розробка тактико-технічних вимог до літака 18
1.4.2. Вибір та обґрунтування схеми літака 18
1.4.3. Визначення злітної маси літака у нульовому наближенні 19
1.4.4. Розрахунок маси конструкції основних агрегатів літака, маси силової установки, палива, обладнання та управління 19
1.4.5. Вибір двигуна та його характеристик 20
1.4.6. Визначення геометричних розмірів основних агрегатів літака. Визначення положення центру мас. Розробка загального виду літака Визначення геометричних параметрів крила 20
1.4.7. Вибір та обґрунтування, розробка та ув'язування конструктивно-силових схем (КСС) агрегатів літака 22
1.4.8. Висновки 24
1.4.9. Розрахунок аеродинамічних та льотних характеристик літака 24
1.4.9.1. Розрахунок льотних характеристик літака методом тяг 24
1.4.10. Розрахунок поляр та аеродинамічної якості у злітній, посадковій та крейсерській конфігураціях літака 24
1.4.11. Висновки 25
1.5. Визначення геометричних характеристик елементів регулярної зони крила за умов забезпечення статичної міцності 25
1.5.1. Розрахунок повітряних та масових навантажень, що діють на крило, побудова епюр поперечних сил, згинальних та крутних моментів 25
1.5.2. Вибір матеріалу силових елементів крила 34
1.5.3. Проєктувальний розрахунок поперечного перерізу крила великого подовження 35
1.5.4. Висновки 46
1.6. Розробка конструкції збірних вузлів та деталей агрегату літака 46
1.6.1. Розробка конструкції першого лонжерону крила 46
1.6.1.1. Аналіз конструктивно-технологічних особливостей збірного лонжерону крила заданого типу літака 46
1.6.1.2. Виділення зони збірного вузла із конструктивно-силової схеми агрегату. Розробка розрахункової схеми та визначення навантажень, що діють на перший лонжерон 46
1.6.1.3. Визначення геометричних параметрів силових елементів лонжерона за умов забезпечення статичної міцності та мінімуму маси 47
1.6.1.4. Визначення параметрів та розробка конструкції з'єднань силових елементів лонжерону 49
1.6.2. Висновки 50
1.7. Розробка конструкції силових елементів механічного проведення системи керування кермом висоти 50
1.7.1. Аналіз схем системи управління та конструктивних особливостей їх виконання на літаках заданого типу 50
1.7.2. Розробка трасування, розміщення та типу проведення системи управління, розробка її кінематичної схеми. Кінематичний розрахунок системи управління 50
1.7.3. Визначення навантажень у тягах, гойдалках та командному важелі системи управління 52

1.7.4. Обґрунтування вибору конструкційних матеріалів та проєктувальні розрахунки тяги та качалки системи управління. Розробка конструкції характерних перерізів та вузлів кріплення. ... 53
1.7.5. Розрахунок вуха ... 54
1.7.6. Висновки ... 55
1.8. Проєктування кріплення двигуна ... 55
1.8.1. Аналіз схем кріплення двигуна та конструктивних особливостей їх виконання на літаках ... 55
1.8.2. Вибір схеми кріплення двигуна, визначення розрахункових навантажень. ... 55
1.8.3. Технічний опис кріплення двигуна ... 61
1.8.4. Розробка конструкції та технічних умов на її виготовлення ... 61
1.8.5. Висновки. ... 61
2. ЕКСПЛУАТАЦІЙНИЙ РОЗДІЛ ... 62
2.4. Порівняння унікальної вантажної кабіни важкого транспортного літака з іноземними аналогами ... 62
2.5. Аналіз відмов при експлуатації важких транспортних літаків. Вихідні дані ... 67
2.6. Пропозиція удосконалення насоса ЕЦН-75В (ЕЦН-75Т) шляхом переробки на безщітковий двигун постійного струму з «мокрим ротором» і додатковим каналом охолодження/змащення ... 73
2.7. Детальний розрахунок підвищення ефективності ... 76
2.8. Розрахунок потрібної кількості палива для важкого транспортного літака ... 77
2.8.1. Визначення потрібної кількості палива на політ ... 78
2.8.2. Приклад розрахунку витрат палива для важкого транспортного літака ... 82
3. ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БЕЗПЕКИ ПОЛЬОТІВ ПС ... 86
3.4. Основні поняття ... 86
3.5. Аналіз авіаційної безпеки в Україні (2014-2024 рр.) ... 87
4. ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ ... 95
4.4. Класифікація та визначення рівня податків та зборів на підставі аналізу законодавства ... 96
4.5. Визначення рівня податкового навантаження в ціні важкого транспортного літака виробництва АТ «АНТОНОВ» ... 97
4.6. Оцінка бюджетної ефективності від реалізації запланованих завдань та заходів Державної цільової науково-технічної програми розвитку авіаційної промисловості, у разі отримання відповідного бюджетного фінансування ... 104
4.7. Рівень податкового навантаження на АТ «АНТОНОВ» ... 112
4.8. Порівняння рівня оподаткування в Україні та країнах Європейського Союзу ... 114
ВИСНОВКИ ... 116

ПОЗНАКИ ТА СКОРОЧЕННЯ

АТ	**–**	акціонерне товариство
АТП	**–**	авіаційний транспортний підрозділ
КЕ	**–**	Керівництво з технічної експлуатації
КЛЕ	**–**	Керівництво з льотної експлуатації
Мп	**–**	кількість несправностей , що проявилися під час польоту
Мс	–	кількість несправностей , що проявилися під час польоту та при всіх видах технічного обслуговування
Мср	–	середня кількість несправностей на один літак за період
КВ	**–**	комплектувальний виріб
ПС	**–**	повітряне судно
РО	**–**	Регламент технічного обслуговування
Т	–	напрацювання парку літаків
Тг	–	середнє напрацювання на один літак за рік
Тп	–	середнє напрацювання на несправність у польоті
Тс	–	середнє напрацювання на несправність у польоті та при всіх видах технічного обслуговування
ТЕР	–	технічна експлуатація по ресурсу
tп	**–**	середня тривалість польоту
n	**–**	кількість польотів літака
m	–	кількість експлуатованих літаків
FORM AC	–	технічний звіт щодо події
ВШХ	–	Висотно-швидкісні характеристики
ТТВ	–	Тактико технічні вимоги
ЗПЛ	–	Злітні параметри літака