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 дипломного проекту

(тип кваліфікаційної роботи)

магістра
(освітній ступінь)

на тему: ***Оптимізація забезпечення герметичності фюзеляжу далекомагістрального пасажирського літака***

ХАІ.103.160н.25В.134._____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)
Хребтов Микита Дмитрович
(ПІБ здобувача)
Керівник: Філіпковський С.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

Хребтов Микита Дмитрович

(прізвище, ім'я та по батькові)

Тема кваліфікаційної роботи Оптимізація забезпечення герметичності далекомагістрального пасажирського літака

керівник кваліфікаційної роботи Філіпковський Сергій Володимирович , доктор технічних наук, професор

(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.

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

1. Конструкторський розділ

1.1 Формування зовнішнього вигляду літака на основі статистичних даних

1.1.1 Розробка технічного завдання та тактико-технічні вимоги до літака.

1.1.2 Обрання та обґрунтування схеми літака.

1.1.3 Визначення злітної маси літака в нульовому приближенні.

1.1.4 Розрахунок маси конструкції основних агрегатів літака, маси силової установки, палива, обладнання та керування.

1.1.5 Обрання типу двигуна.

1.1.6 Визначення основних геометричних параметрів агрегату літака (крила, фюзеляжу, оперення, шасі). Розробка загального виду літака.

1.1.7 Побудування теоретичного креслення літака.

1.1.8 Обрання, обґрунтування, розробка та ув’язка конструктивно-силових схем агрегатів літака.

1.9 Висновки.

2. Науково-дослідний розділ

2.1 Аналіз досліджень оптимізаційних моделей герметичності далекомагістральних літаків

2.2 Аналіз теоретичної основи забезпечення герметичності фюзеляжу

2.2.1 Розгляд та аналіз принципів герметизації далекомагістрального пасажирського літака

2.2.2 Визначення особливостей герметичності фюзеляжу далекомагістрального пасажирського літака

2.2.3 Дослідження факторів герметичності далекомагістрального пасажирського літака

2.3 Формування оптимізаційної моделі герметичності фюзеляжу далекомагістрального пасажирського літака

2.3.1 Визначення змінних параметрів моделі оптимізації

2.3.2 Формулювання цільової функції герметичності фюзеляжу далекомагістрального пасажирського літака

2.3.3 Встановлення обмежень оптимізаційної моделі герметичності

2.3.4 Побудова математичної моделі на основі визначених параметрів

2.4 Методологія пошуку екстремуму

2.4.1 Обрання методу оптимізації – сірого вовчого алгоритму

2.4.2 Визначення алгоритму пошуку оптимального рішення моделі

2.4.3 Реалізація оптимізаційної моделі – створення застосунку

2.5 Аналіз результатів розробленої оптимізаційної моделі

2.5.1 Симуляція базового сценарію

2.5.2 Симуляція оптимізованого сценарію

2.5.3 Графічне представлення оптимізаціної моделі

Керівник і консультанти розділів проєкту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада керівника і консультантів	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1.	Професор Філіпковський С.В.		
2.	Професор Філіпковський С.В.		

Нормоконтроль _____ _____ «____» _____2025 р.

(підпис) (ім’я прізвище)

Дата видачі завдання « 14 » березня 2025 р.

1.1.1 КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1.	Конструкторський розділ	14.04.2025	
2.	Науково-дослідний розділ	12.05.2025	

Здобувач _____ **__Микита ХРЕБТОВ____**
(підпис) (ім'я прізвище)

Керівник кваліфікаційної роботи _____ **Сергій ФІЛІПКОВСЬКИЙ**
(підпис) (ім'я прізвище)

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота магістра: 83с., 23 рис., 7 табл., 6 джерел, 2 додатки.

ДАЛЕКОМАГІСТРАЛЬНИЙ ПАСАЖИРСЬКИЙ ЛІТАК, ФЮЗЕЛЯЖ, ГЕРМЕТИЧНІСТЬ, ОПТИМІЗАЦІЯ, ЗМІННІ ПАРАМЕТРИ, ЦІЛЬОВА ФУНКЦІЯ, ОБМЕЖЕННЯ, МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ, СІРИЙ ВОВЧИЙ АЛГОРИТМ (GWO).

Мета роботи: розробити методологію оптимізації забезпечення герметичності фюзеляжу шляхом знаходження екстремуму багатомірної цільової функції з урахуванням заданих обмежень.

Об'єкт дослідження: забезпечення герметичності фюзеляжу далекомагістрального пасажирського літака, що включає конструктивні елементи (ущільнення, шви, клапани) та пневматичну систему контролю тиску (CPCS), які взаємодіють для підтримання заданого тиску в салоні на крейсерських висотах 10-12 км.

Предмет дослідження: є оптимізація забезпечення герметичності фюзеляжу, що полягає у визначенні екстремуму багатомірної цільової функції, яка враховує параметри герметичності (коефіцієнт витоків, ефективність клапанів), енергоефективність та стабільність тиску, з урахуванням технічних і фізіологічних обмежень.

Завдання: дослідити параметри будови фюзеляжів далекомагістральних пасажирських літаків; спроектувати зовнішній вигляд далекомагістрального пасажирського літака на основі статистичних даних; визначити ключові параметри, що впливають на герметичність фюзеляжу; сформулювати цільову функцію та обмеження; запропонувати математичний метод пошуку екстремуму в багатомірному просторі; провести аналіз результатів оптимізації.

Методи досліджень: статистичний, інженерний аналіз, теоретичне моделювання, математична оптимізація, чисельний аналіз.

У кваліфікаційній роботі магістра було проаналізовано статистичні дані та спроєктовано на їх основі зовнішній вигляд далекомагістрального пасажирського літака, визначено особливості будови фюзеляжів далекомагістральних пасажирських літаків, визначено та проаналізовано фактори герметичності на основі обраних параметрів: швидкості зміни маси в кабіні, коефіцієнта витоків, площі клапанів, тиску в кабіні, диференційованого тиску, маси припливу, енергоспоживанню компресорів, швидкості зміни тиску, масової витрати віддтоку розроблено математичну модель забезпечення герметичності фюзеляжу далекомагістрального пасажирського літака для аналізу та оптимізації системи контролю тиску в кабіні. В процесі дослідження на основі «сірого вовчого алгоритму (GWO)» сформовано алгоритм підбору оптимальних параметрів для математичної моделі оптимізації герметичності фюзеляжу, на основі чого на базі Python було розроблено застосунок для розрахунку цих параметрів. Застосунок призначений для інженерів, які працюють над системами підтримки тиску в кабіні літака, і дозволяє швидко оцінити, як різні налаштування впливають на герметичність, енергоефективність і комфорт пасажирів.

Новизна роботи полягає у вирішенні проблемного питання новими методами з використанням алгоритмів оптимізації на основі розрахунку базових параметрів.

Практичне значення: розроблена методологія та застосунок є практичними інструментами для вдосконалення систем далекомагістральних літаків, допомагаючи досягти кращого балансу між технічними, економічними і фізіологічними вимогами.

ЗМІСТ

ВСТУП…….. 10
1 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ…….…..... 12
1.1 ФОРМУВАННЯ ЗОВНІШНЬОГО ВИГЛЯДУ ЛІТАКА НА ОСНОВІ СТАТИСТИЧНИХ ДАНИХ……..... 12
1.1.1 Збір та обробка статистичних даних…… 12
1.1.2 Тактико-технічні вимоги до літака……... 18
1.1.3 Вибір і обґрунтування схеми літака……. 19
1.1.4 Визначення геометричних параметрів фюзеляжу літака…… 21
1.1.5 Вибір, обґрунтування, розробка та ув’язка конструктивно-силової схем фюзеляжу літака…… 22
1.1.6 Обирання типу двигуна…… 23
1.1.7 Визначення геометричних параметрів основних агрегатів літака (фюзеляжу, оперення, шасі). розробка загального виду літака …… 24
1.1.8 Вибір, обґрунтування, розробка та ув’язка конструктивно-силової схеми (КСС) агрегатів літака……. 29
1.1.9. Висновки……. 34
2. НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ РОЗДІЛ …… 35
2.1 АНАЛІЗ ДОСЛІДЖЕНЬ ОПТИМІЗАЦІЙНИХ МОДЕЛЕЙ ГЕРМЕТИЧНОСТІ ДАЛЕКОМАГІСТРАЛЬНИХ ЛІТАКІВ …….. 35
2.2 ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ГЕРМЕТИЧНОСТІ ФЮЗЕЛЯЖУ…… 38
2.2.1 Принципи герметизації…….. 38
2.2.2 Особливості далекомагістральних літаків…… 41
2.2.3 Фактори герметичності…….. 45
2.3 ФОРМУЛЮВАННЯ ЗАДАЧІ ОПТИМІЗАЦІЇ……... 49
2.3.1 Вибір змінних параметрів…… 49
2.3.2 Цільова функція…….. 50
2.3.3 Обмеження…….. 51

2.3.4 Математична модель…….. 55
2.4 МЕТОДОЛОГІЯ ПОШУКУ ЕКСТРЕМУМУ……. 58
2.4.1 Вибір методу оптимізації……...… 58
2.4.2 Алгоритм……. 60
2.4.3 Чисельна реалізація…… 62
2.5 АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ……... 66
2.5.1 Симуляція базового сценарію…… 66
2.5.2 Оптимізований сценарій……... 67
2.5.3 Графічне представлення……... 69
2.6 ВИСНОВКИ……. 71
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ…….. 73
ДОДАТОК А…… 74
ДОДАТОК Б……. 76

ВСТУП

Забезпечення герметичності фюзеляжу далекомагістральних пасажирських літаків є ключовим завданням авіаційної інженерії, що має значний вплив на технічні, економічні та соціальні аспекти експлуатації авіаційного транспорту.

Технічна значимість полягає в необхідності підтримання заданого рівня тиску в салоні за умов польоту на крейсерських висотах 10–12 км, де зовнішній атмосферний тиск знижується до 200–300 мбар. Недостатня герметичність призводить до витоків повітря, що підвищує навантаження на систему кондиціонування та вентиляції, а також може порушити структурну цілісність фюзеляжу, створюючи ризик аварійних ситуацій.

Економічна значимість зумовлена впливом герметичності на енергоефективність: надмірні витоки збільшують масову витрату повітря що подається в салон, підвищуючи енергоспоживання компресорів і, відповідно, витрати палива, що є критичним фактором у конкурентному середовищі далекомагістральних авіаперевезень.

Соціальна значимість пов’язана з впливом стабільності тиску на фізіологічний стан пасажирів: відхилення від нормативних значень (±20 мбар) може спричинити баротравми середнього вуха, гіпоксію або інші порушення, що знижують комфорт і безпеку польоту та впливають на репутацію авіакомпаній.

Попри очевидну важливість, проблема оптимізації герметичності фюзеляжу залишається недостатньо дослідженою. Сучасні роботи переважно фокусуються на моделюванні систем контролю тиску (CPCS) або аналізі окремих конструктивних елементів (клапанів, ущільнень), тоді як системний підхід до оптимізації — зокрема, як пошук екстремуму багатомірної функції з урахуванням взаємозв’язків між параметрами герметичності, енергоефективності та фізіологічними вимогами — ще не отримав достатнього розвитку в науковій літературі.

Така недостатня вивченість підкреслює актуальність розробки математичних методів і алгоритмів, спрямованих на підвищення надійності, економічної ефективності та безпеки далекомагістральних пасажирських літаків.

Мета роботи: розробити методологію оптимізації забезпечення герметичності фюзеляжу шляхом знаходження екстремуму багатомірної цільової функції з урахуванням заданих обмежень.

Об’єкт дослідження: забезпечення герметичності фюзеляжу далекомагістрального пасажирського літака, що включає конструктивні елементи (ущільнення, шви, клапани) та пневматичну систему контролю тиску (CPCS), які взаємодіють для підтримання заданого тиску в салоні на крейсерських висотах 10-12 км.

Предмет **дослідження:** є оптимізація забезпечення герметичності фюзеляжу, що полягає у визначенні екстремуму багатомірної цільової функції, яка враховує параметри герметичності (коефіцієнт витоків, ефективність клапанів), енергоефективність та стабільність тиску, з урахуванням технічних і фізіологічних обмежень.

Завдання:

- Дослідити параметри будови фюзеляжів далекомагістральних пасажирських літаків;

- Спроектувати зовнішній вигляд далекомагістрального пасажирського літака на основі статистичних даних;

- Визначити ключові параметри, що впливають на герметичність фюзеляжу;

- Запропонувати математичний метод пошуку екстремуму в багатомірному просторі;

- Провести аналіз результатів оптимізації.

Методи досліджень: статистичний, інженерний аналіз, теоретичне моделювання, математична оптимізація, чисельний аналіз.