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: ***Інтегроване проєктування адміністративного літака***

ХАІ.103.160н.24В.134.1801029 ПЗ

Виконав: студент 2 курсу групи 160н
Спеціальність 134 *«Авіаційна та ракетно-космічна техніка»*
(код та найменування)
Освітня програма *«Літаки і вертольоти»*
(найменування)
Козаков Д. С.
(прізвище та ініціали студента)

Керівник: Гребеніков О. Г.
(прізвище та ініціали)

Рецензент: Иванов С.М.
(прізвище та ініціали)

Харків – 2024

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

Факультет *Літакобудування* Кафед

Спеціальність *134 «Авіаційна та ракетно-космічна техніка»*
(код та найменування)

Освітня програма *«Літаки і вертольоти»*
(найменування)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри

к.т.н., доц. Сергій ТРУБАЄВ
“ ” 2024року

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТ

Козаков Дмитро Сергійович
(прізвище, ім’я та по батькові)

1.Тема кваліфікаційної роботи: «Інтегроване проєктування адміністративного літака»
керівник кваліфікаційної роботи: д-р. техн. наук, професор каф. 103, Гребеніков Олександр Григорович
(прізвище, ім’я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
затверджені наказом Університету № 555 – уч від « » 2024 року

2.Термін подання студентом кваліфікаційної роботи « 10 » грудня 2024 року.

3.Вихідні дані до роботи: L = 6000 км, $H_{ст}$ = 13000 км, $V_{крейс}$ = 1040 км/год, $V_{макс}$ = 1127 км/год, $n_{пас}$ = 8-19 чол, $n_{ек}$ = 2 чол, $K_{мах}$ = 18, N = 40 000 льотних годин.

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

Реферат
1. Конструкторський розділ

1.1. Автоматизоване формування вигляду літака
Вступ, постановка цілі й задач проєктування

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 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 аеродинамічного, об'ємно-вагового, конструктивно-силового компонувань. Розрахунок центрування і моментів інерції літака.

1.1.9 Ув'язування форми агрегатів і основних силових елементів.

1.1.10 Стандартна специфікація літака, що проєктується.

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

1.2.1 Визначення лобового опору літака, що проєктується.

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

1.2.3 Поздовжній момент і розташування аеродинамічного фокуса літака.

1.3. Інтегроване проєктування й комп'ютерне моделювання крила літака

1.3.1. Розробка майстер-геометрії крила.

1.3.2. Визначення навантажень, що діють на крило.

1.3.3. Проєктувальний розрахунок геометричних параметрів конструктивно-силового елементу крила в регулярних і нерегулярних зонах з урахуванням заданого ресурсу.

1.3.4. Проєктувальний розрахунок з'єднань і стиків крила з фюзеляжем.

1.4. Інтегроване проєктування й комп'ютерне моделювання однієї системи літака

1.4.1. Проєктування й моделювання паливно-масляної системи літака.

2. Технологічний розділ

Розробка технології виготовлення лонжерону кіля літака

2.1 Аналіз вихідних конструкторських документів проєктованого агрегату: технічний опис конструкції лонжерону кіля, технічні умови на виготовлення, аналіз технологічності агрегату

2.1.1 Технічний опис конструкції лонжерона кіля.

2.1.2 Технічні умови на виготовлення лонжерона кіля з зазначенням в них вимог до точності обводів, стиків, з’єднань.

2.1.3 Оцінка технологічності конструкції лонжерона кіля.

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

2.2.1 Розробка можливих варіантів і методів складання.

2.2.2 Розробка можливих варіантів схем складання.

2.2.3 Розробка можливих варіантів схем ув’язування оснащення.

2.2.4 Розрахунок точності складання.

2.3 Розробка укрупненого технологічного процесу збирання агрегату: підбір інструменту й устаткування, технічні умови на постачання деталей і складальних одиниць

2.3.1 Розробка технологічного процесу збирання. Вибір обладнання, устаткування, інструменту.

2.3.2 Технічні умови на постачання деталей і складальних одиниць

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

2.4.1 Розробка схеми базування складального пристосування.

2.4.2 Технічні умови на проєктування і конструкцію складального пристрою.

2.4.3 Вибір схеми та компоновки складального пристрою, конструювання складального пристрою.

2.4.4 ТУ на монтаж складального пристрою і розробка укрупненого технологічного процесу монтажу складального пристрою.

2.5 Організація робочого місця й техніка безпеки

3. Економічний розділ

РОЗРАХУНОК ПОКАЗНИКІВ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ

3.1. Конкурентні переваги літака, що проєктується, й оцінка можливих обсягів його реалізації на ринках збуту.

3.1.1 Характеристика тактико-економічних показників легкого літака, як товарного продукту.

3.1.2 Споживчі якості літака, що впливають на конкурентні переваги та економічні витрати при проєктуванні літака в дослідному

конструкторському бюро та при серійному виготовленні літака на виробничому авіаційному підприємстві.

3.1.3 Аналіз ринку збуту на основі маркетингових досліджень та визначення об'єму можливих продаж готових літальних апаратів.

3.2. Вихідні дані для розрахунку тактико-економічних показників ефективності створення літака.

3.2.1 Дані для розрахунку витрат в дослідницько-конструкторському бюро.

3.2.2 Дані для розрахунку витрат на серійне виробництво літака.

3.3. Розрахунок основних тактико-економічних показників проєктування та виробництва літального апарату

3.3.1 Розрахунок витрат дослідницько-конструкторського бюро.

3.3.2 Розрахунок витрат на серійне виробництво літального апарату.

3.4. Оцінка ефективності виготовлення літального апарату в залежності від об'ємів їх реалізації на ринках збуту.

3.5. Порівняльний аналіз конструкторських рішень з точки зору витрат на виготовлення. Висновки.

3.6. Спеціальна частина

Конструктивно-технологічні методи підвищення втомної довговічності елементів конструкції планера літака в зоні функціональних отворів

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

- майстер-геометрія поверхні літака,
- креслення загального вигляду (формат А1);
- конструктивно-силове компонування літака (формат А1);
- майстер-геометрія агрегату;
- складальне креслення лонжерона крила (формат А2);
- специфікація до складального креслення лонжерона крила (формат А4);
- креслення паливно-масляної системи літака (формат А1);
- складальне креслення лонжерона переднього лонжерона кіля (формат А2);
- специфікація до складального креслення лонжерона кіля (формат А4);

– складальне креслення пристрою для складання (формат А3);

– специфікація пристрою для складання лонжерона кіля (формат А4).

Консультанти розділів кваліфікаційної роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1. Конструкторський розділ	Д.т.н., проф. каф. 103, Гребеніков О.Г.	**10.09.2024**	**10.12.2024**
2. Технологічний розділ	К.т.н., доц. каф. 104, Воронько І.О.	**10.09.2024**	**10.12.2024**
3. Економічний розділ	Д.т.н., проф. каф. 103, Гребеніков О.Г.	**10.09.2024**	**10.12.2024**
4. Спеціальна частина	Д.т.н., проф. каф. 103, Гребеніков О.Г.	**10.09.2024**	**10.12.2024**

Нормоконтроль _____Гребеніков О.Г.___ «_10_» _червень_2024_ р.
(підпис) (ім'я та прізвище)

Дата видачі завдання «10» _вересня_2024_ р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ п/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів кваліфікаційної роботи	Примітка
1	Конструкторський розділ	10.09.2024-10.12.2024	
2	Технологічний розділ	10.09.2024-10.12.2024	
3	Економічний розділ	10.09.2024-10.12.2024	
4	Спеціальна частина	10.09.2024-10.12.2024	

Здобувач _____ **Козаков Д.С.**
(підпис) (ім'я та прізвище)

Керівник кваліфікаційної роботи

_____ **Гребеніков О.Г.**
(підпис) (ім'я та прізвище)

РЕФЕРАТ

Дипломний проєкт магістра:161 с., 25 рис., 11 табл., 38 джерел, 5 додатків

Об'єкт дослідження: легкий пасажирський літак.

Мета роботи: сформувати зовнішній вигляд літака, виконати розрахунки мінімального значення злітної маси літака та його оптимальних параметрів, скомпонувати його конструктивно-силову схему, проаналізувати вплив аеродинамічних й масових характеристик літака на його ЛТХ, виконати інтегроване проєктування крила літака, розробити паливну систему літака та технологію виготовлення лонжерона кіля літака, розрахувати показники економічної ефективності.

Методи дослідження: аналітичний з використанням комп'ютерних інтегрованих технологій, програмних розробок кафедри та систем CAD/CAM/CAE, статистичний.

Результати дипломного проєкту:

- проведено аналіз статистичних даних за зразками сучасних, конкурентоспроможних літаків схожих за призначенням та за проєктуванням;
- проведено розробку концепції створення літака, визначено тактико-технічні характеристики та основні відносні параметри на основі статистичних даних;
- проведено розрахунок мас у трьох наближеннях, зроблено уточнення щодо вибору двигунів та оптимізацію конструктивно-силових параметрів літака;
- розроблено креслення загального вигляду та КСС літака за допомогою програми «Компас 3-D», а також його майстер-геометрія за допомогою програми «Simens NX» ;
- визначено аеродинамічні характеристики такі, як лобовий опір, піднімальна сила, поляра літака та аеродинамічна якість;
- визначено вплив проєктувальних характеристик на його аеродинамічні й масові характеристики;
- показано, що отримані аеродинамічні характеристики забезпечують досягнення заданих ТТВ;
- розроблено майстер-геометрію крила літака;
- визначено навантаження, що діють на агрегат та спроєктовано силовий елемент, лонжерон, крила в регулярних і нерегулярних зонах;
- проведено проєктування паливної системи;
- в технологічному розділі проведено аналіз лонжерона крила літака, як об'єкту виробництва, розроблено схему конструктивно-технологічного членування агрегату та складальне пристосування;
- розраховано основні економічні показники проєктування та виробництва літака в дослідницькому бюро та на серійному виробництві.

Ключові терміни:

ІНТЕГРОВАНЕ ПРОЄКТУВАННЯ, МАЙСТЕР-ГЕОМЕТРІЯ, РОЗРАХУНОК МАС В ТРЬОХ НАБЛИЖЕННЯХ, КРЕСЛЕННЯ ЗОВНІШНЬОГО ВИДУ, КОНСТРУКТИВНО-СИЛОВА СХЕМА

ЗМІСТ

1 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ …….. 5

1.1 Автоматизоване формування вигляду літака …… 5

1.1.1 Розробка концепції створення проєктованого літака й науково-технічної програми досягнення його характеристик ……. 5
1.1.2 Призначення, тактико-технічні вимоги до літака, умови його виробництва й експлуатації, обмеження, що накладаються авіаційними правилами при проектуванні літака…… 6
1.1.3 Збір, обробка й аналіз статистичних даних. Вибір основних відносних початкових параметрів літака…….. 7
1.1.4 Вибір і обґрунтування схеми літака, типу його силової установки …… 13
1.1.5 Розрахунок маси літака …… 18
1.1.6 Підбір двигунів і перевірка довжини розбігу …… 19
1.1.7 Визначення й оптимізація проектних параметрів літака і його агрегатів …….. 23
1.1.8 Розробка аеродинамічного, об'ємно-вагового, конструктивно-силового компонувань ……... 26

1.3 Інтегроване проектування й комп'ютерне моделювання лонжерона крила проектованого літака ……... 34

1.3.1 Розробка майстер-геометрії агрегату …….. 34
1.3.2 Визначення навантажень, що діють на агрегат ……..… 37
1.3.3 Побудова епюр внутрішніх силових факторів…… 40
1.3.4 Розрахунок розподілу навантаження……... 42
1.3.5 Розрахунок геометричних параметрів силових елементів переднього лонжерону……... 43
1.3.6 Розробка фітингового з’єднання…….. 47

1.4 Інтегроване проєктування й комп'ютерне моделювання силової установки літака…….. 49

1.4.1 Аналіз схем системи кріплення двигуна та конструктивних особливостей їх виконання на літаках заданого типу...…… 49
1.4.2 Вибір й обґрунтування схеми кріплення двигуна…… 49
1.4.3 Визначення навантажень і вибір матеріалу для силових елементів системи кріплення двигуна……. 50
1.4.4 Визначення геометричних параметрів і розробка конструкції силових елементів системи кріплення двигуна…… 54

1.4.5 Розробка конструкції та технічних умов на її виготовлення…….. 57
1.4.6 Вибір й обґрунтування складу силової установки літака…… 58
1.4.7 Проектування паливної системи …….. 59
1.4.8 Проектування протипожежної системи силової установки …….. 70
1.4.9 Профілювання повітрозабирача…… 72
1.4.10 Проектування масляної системи……. 73
1.4.11 Системи запуску та керування двигунами……. 74
1.4.12 Допоміжна силова установка (ДСУ)..…… 75
77
2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ …….. 77

Розробка технології виготовлення панелі крила пасажирського літака-високоплана 77
2.1 Опис конструкції складальної одиниці …….. 77
2.2 Технічні умови на виготовлення складальної одиниці…….. 78
2.3 Схема базування складових частин вузла……... 79
2.4 Укрупнений технологічний процес складання……... 81
2.5 Технологічні умови на поставку деталей і підзбірок відповідно до техпроцесу складання вузла……... 82
2.6 Вибір схеми складального пристрою…….. 82
2.6.1 Розробка ТУ на проектування складального пристрою……. 83
2.6.2 Вибір схеми та компонування складального пристрою……. 84

3. Економічний розділ……. 84

3.1 Розрахунок витрат літакобудівного ДКБ…… 85
3.2 Розрахунок собівартості літака та ціни літака без двигуна…… 89
3.3 Висновки…… 90

СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА……. 96

Розміщення рятувального обладнання в пасажирському салоні
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ ……
ДОДАТКИ