

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ ТА НАУКИ УКРАЇНИ
Національний авіаційний університет
Кафедра конструкції літальних апаратів

ДОПУСТИТИ ДО ЗАХИСТУ
Завідувач кафедри, к.т.н., доц.
_____ Святослав ЮЦКЕВИЧ
« ____ » _____ 2024 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
ЗДОБУВАЧА ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ
«БАКАЛАВР»

Тема: «Підвищення ергономічності пасажирських крісел ближньо-магістрального пасажирського літака»

Виконав: _____ **Владислав ГОНЧАРУК**

Керівник: к.т.н., доц. _____ **Сергій ХИЖНЯК**

Нормоконтролер: к.т.н., доц. _____ **Сергій ХИЖНЯК**

Київ 2024

НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Аерокосмічний факультет
Кафедра конструкції літальних апаратів
Освітній ступінь «Бакалавр»
Спеціальність 134 «Авіаційна та ракетно-космічна техніка»
Освітньо-професійна програма «Обладнання повітряних суден»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри, к.т.н., доц.
_____ Святослав ЮЦКЕВИЧ

« ____ » _____ 2024 р.

ЗАВДАННЯ

на виконання кваліфікаційної роботи здобувача вищої освіти

ГОНЧАРУКА ВЛАДИСЛАВА АНАТОЛІЙОВИЧА

1. Тема роботи: «Підвищення ергономічності пасажирських крісел ближньо-магістрального пасажирського літака», затверджена наказом ректора від.
2. Термін виконання роботи: з 20 травня 2024 р. по 13 червня 2024 р.
3. Вихідні дані до роботи: маса комерційного навантаження 8901 кг, дальність польоту з максимальним комерційним навантаженням 2800 км, крейсерська швидкість польоту 850 км/год, висота польоту 10 км.
4. Зміст пояснювальної записки: вступ, визначення параметрів літака, що включає аналіз літаків-прототипів і короткий опис проектного літака, обґрунтування вихідних даних для розрахунку, розрахунок основних льотно-технічних та геометричних параметрів літака, компоновання пасажирської кабіни, розрахунок центрування літака, спеціальна частина, яка містить аналіз методів підвищення ергономічності конструкції пасажирських крісел.
5. Перелік обов'язкового графічного (ілюстративного) матеріалу: загальний вигляд літака (A1×1), компоновальне креслення фюзеляжу (A1×1); складальне креслення пасажирського крісла (A1×1).

6. Календарний план-графік:

| № | Завдання | Термін виконання | Відмітка про виконання |
|----|---|-------------------------|------------------------|
| 1 | Вибір вихідних даних, аналіз льотно-технічних характеристик літаків-прототипів. | 20.05.2024 – 22.05.2024 | |
| 2 | Вибір та розрахунок параметрів проектованого літака. | 23.05.2024 – 24.05.2024 | |
| 3 | Виконання компонування літака та розрахунок його центрування. | 25.05.2024 – 27.06.2024 | |
| 4 | Розробка креслень по основній частині дипломної роботи. | 28.06.2024 – 29.06.2024 | |
| 5 | Огляд літератури за проблематикою роботи. Аналіз підходів до підвищення ергономічності пасажирських крісел. | 30.06.2024 – 31.06.2024 | |
| 6 | Виконання креслень пасажирського крісла. | 01.06.2024 – 02.06.2024 | |
| 7 | Оформлення пояснювальної записки та графічної частини роботи. | 03.06.2024 – 04.06.2024 | |
| 8 | Подача роботи для перевірки на плагіат. | 04.06.2024 – 05.06.2024 | |
| 9 | Попередній захист кваліфікаційної роботи. | 10.06.2024 | |
| 10 | Виправлення зауважень. Підготовка супровідних документів та презентації доповіді. | 11.06.2024 – 12.06.2024 | |
| 11 | Захист дипломної роботи. | 13.06.2023 | |

7. Дата видачі завдання: 20 травня 2024 року

Керівник кваліфікаційної роботи _____

Сергій ХИЖНЯК

Завдання прийняв до виконання _____

Владислав ГОНЧАРУК

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка кваліфікаційної роботи бакалавра «Підвищення ергономічності пасажирських крісел ближньо-магістрального пасажирського літака»:

55 с., 2 рис., 5 табл., 8 джерел

Дана кваліфікаційна робота присвячена розробці аванпроекту пасажирського літака для ближньо-магістральних авіаліній, зі встановленими на борту пасажирськими кріслами, підвищеної ергономічності, що відповідає міжнародним стандартам польотів, нормам безпеки, економічності та надійності.

В роботі було використано методи аналітичного розрахунку, комп'ютерного проектування за допомогою CAD/CAM/CAE систем, проектування пасажирського крісла підвищеної ергономічності.

Практичне значення результату кваліфікаційної роботи полягає в покращенні ергономіки пасажирських крісел.

Матеріали кваліфікаційної роботи можуть бути використані в навчальному процесі та в практичній діяльності конструкторів спеціалізованих проектних установ.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА, АВАНПРОЕКТ ЛІТАКА,
КОМПОНУВАННЯ, ЦЕНТРУВАННЯ, ПАСАЖИРСЬКА КАБІНА,
ЕРГОНОМІЧНІСТЬ, ПАСАЖИРСЬКЕ КРІСЛО**

| <i>Format</i> | <i>№</i> | <i>Designation</i> | <i>Name</i> | <i>Quantity</i> | <i>Notes</i> | | | | | | |
|------------------|-------------|---------------------------|---|-----------------|--|-------------|-------------|---------------|---|---|----|
| | | | <u>Документація загальна</u> | | | | | | | | |
| A4 | 1 | НАУ 24 04Г 43 ТЗ | Завдання на роботу | 1 | | | | | | | |
| | 2 | НАУ 24 04Г 00 00 00 43 ВЗ | Ближньо-магістральний пасажирський літак | 2 | | | | | | | |
| A1 | | Лист 1 | Загальний вигляд | | | | | | | | |
| A1 | | Лист 2 | Компонувальне креслення фюзеляжу | | | | | | | | |
| A4 | 3 | НАУ 24 04Г 00 00 00 43 ПЗ | Ближньо-магістральний пасажирський літак Пояснювальна записка | 56 | | | | | | | |
| | | | <u>Документація на складальні одиниці</u> | | | | | | | | |
| A1 | 4 | НАУ 24 04Г 00 00 00 43 СК | Крісло пасажирське | 1 | | | | | | | |
| | | | НАУ 24 04Г 00 00 00 43 ПЗ | | | | | | | | |
| <i>Змін</i> | <i>Лист</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Підп.</i> | <i>Дата</i> | | | | | | | |
| <i>Розроб.</i> | | Гончарук В.А. | | | <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="text-align: center;"> Підвищення ергономічності пасажирських крісел ближньо-магістрального пасажирського літака (відомість роботи) </div> <table border="1"> <tr> <td><i>Лім.</i></td> <td><i>Лист</i></td> <td><i>Листів</i></td> </tr> <tr> <td>К</td> <td>5</td> <td>55</td> </tr> </table> </div> | <i>Лім.</i> | <i>Лист</i> | <i>Листів</i> | К | 5 | 55 |
| <i>Лім.</i> | <i>Лист</i> | <i>Листів</i> | | | | | | | | | |
| К | 5 | 55 | | | | | | | | | |
| <i>Перевір.</i> | | Хижняк С.В. | | | | | | | | | |
| <i>Н. контр.</i> | | Хижняк С.В. | | | | | | | | | |
| <i>Зав. Каф.</i> | | Юцкевич С.С. | | | | | | | | | |
| | | | 403 АКФ 134 | | | | | | | | |

ЗМІСТ

| | |
|--|----|
| Вступ..... | 8 |
| 1. Зміст літаків-прототипів..... | 9 |
| 1.1. Аналіз характеристик літаків-прототипів..... | 9 |
| 1.2. Короткий опис елементів конструкції літака..... | 10 |
| Висновки..... | 13 |
| 2. Розрахунок параметрів літака..... | 14 |
| 2.1. Розрахунок параметрів крила..... | 14 |
| 2.2. Розрахунок параметрів фюзеляжу..... | 17 |
| 2.3. Розрахунок параметрів пасажирської кабіни..... | 18 |
| 2.3.1. Розрахунок параметрів вантажних відсіків..... | 21 |
| 2.3.2. Розрахунок параметрів кухонь..... | 21 |
| 2.3.3. Розрахунок параметрів гардеробів..... | 22 |
| 2.3.4. Розрахунок параметрів туалетних приміщень | |
| 2.4. Розрахунок параметрів шасі..... | 24 |
| 2.5. Розрахунок параметрів оперення..... | 26 |
| 2.6. Підбір двигунів..... | 28 |
| 2.7. Центрувальний розрахунок..... | 29 |
| Висновки..... | 34 |
| 3. Підвищення ергономічності пасажирських крісел | |
| ближньо-магістрального пасажирського літака..... | 35 |
| 3.1. Поняття й предмет вивчення ергономіки..... | 35 |
| 3.2. Аналіз типових недоліків моделей пасажирських крісел різних | |
| класів..... | 36 |
| 3.3. Методи підвищення ергономічності пасажирських крісел..... | 37 |

| | | | | | | | | | | | | |
|-----------|---------------|----------|--------|------|----------------------------------|--|--|--|--|--------------------|-------|---------|
| | | | | | НАУ 24 04Г 00 00 00 43 ПЗ | | | | | | | |
| Зм. | Лист | № докум. | Підпис | Дата | Зміст | | | | | Літ. | Аркуш | Аркушів |
| Виконав | Гончарук В.А. | | | | | | | | | К | 6 | 55 |
| Керівник | Хижняк С.В. | | | | | | | | | 403 АКФ 134 | | |
| Норм. | Хижняк С.В. | | | | | | | | | | | |
| Зав. каф. | Юцкевич С.С. | | | | | | | | | | | |

| | |
|---|----|
| 3.4.Ергономічне удосконалення конструкції крісел..... | 38 |
| Висновки..... | 43 |
| Загальні висновки..... | 44 |
| Список літературних джерел..... | 45 |

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|----------------------------------|------|
| | | | | | НАУ 24 04Г 00 00 00 76 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 7 |

ВСТУП

Виконання даної кваліфікаційної роботи бакалавра, пов'язане з покращенням характеристик ергономічності пасажирських крісел для спроектованого пасажирського ближньо-магістрального літака на базі вихідних даних обраної моделі літаків-прототипів, з урахуванням різноманітних вимог, що висуваються до літальних апаратів даного типу призначення.

Проектований літак призначений для здійснення комерційних перевезень пасажирів, багажу, вантажів та пошти на ближніх магістральних авіалініях у сфері діяльності цивільної авіації з можливістю експлуатації, як на штучних, так і на ґрунтових злітно-посадкових смугах .

В основу проекту покладено виконання таких основних вимог, які потребують відповідності літака умовам забезпечення:

- 1) Безпеки та надійності здійснення пасажирських авіаційних перевезень;
- 2) Забезпечення найбільш комфортних умов перебування пасажирів під час польоту на борту літака;
- 3) Безвідмовності агрегатів повітряного судна.

У процесі проектування необхідний обсяг виконання цих вимог проектований літальний апарат повинен відповідати нормам, визначеним у Авіаційних Правилах України та документах ІКАО.

| | | | | | | | | |
|------------------|----------------------|-----------------|---------------|-------------|----------------------------------|-------------|--------------|----------------|
| | | | | | НАУ 24 04Г 00 00 00 43 ПЗ | | | |
| <i>Зм.</i> | <i>Лист</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Підпис</i> | <i>Дата</i> | | | | |
| <i>Виконав</i> | <i>Гончарук В.А.</i> | | | | Вступ | <i>Літ.</i> | <i>Аркуш</i> | <i>Аркушів</i> |
| <i>Керівник</i> | <i>Хижняк С.В.</i> | | | | | <i>К</i> | 8 | 55 |
| <i>Норм.</i> | <i>Хижняк С.В.</i> | | | | 403 АКФ 134 | | | |
| <i>Зав. каф.</i> | <i>Юцкевич С.С.</i> | | | | | | | |

1. Зміст літаків-прототипів

1.1. Аналіз характеристик літаків-прототипів

В даному розділі здійснено порівняння літаків, пасажирського типу призначення, оснащених двоконтурними турбореактивними двигунами з комерційним навантаженням до 10000 кг, що здатні виконувати авіаційні перевезення на висоті 10 км, зі швидкістю польоту близько 850 км/год, на дистанції, наближені до 2800 км.

Серед можливих літаків-прототипів було обрано за основу такі повітряні судна, як:

- 1) Ан-148;
- 2) Ан-158.

Порівняння обраних параметрів проектного літака з характеристиками літаків-прототипів наведено в Табл. №1.1.

Табл. №1.1.

Зведена таблиця параметрів літаків-прототипів і проектного літального апарату

| Параметр | Ан-148 | Ан-158 | Проектований літак |
|------------------------|--------|----------|--------------------|
| Пасажири | 75 | 86...102 | 86 |
| Екіпаж/ Бортпровідники | 2/2 | 2/2 | 2/2 |

| | | | | | | | | | | | |
|------------------|---------------|-----------------|---------------|-------------|----------------------------------|--|--|--------------------|--------------|----------------|--|
| | | | | | НАУ 24 04Г 00 00 00 43 ПЗ | | | | | | |
| <i>Зм.</i> | <i>Лист</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Підпис</i> | <i>Дата</i> | Аналітична частина | | | <i>Літ.</i> | <i>Аркуш</i> | <i>Аркушів</i> | |
| <i>Виконав</i> | Гончарук В.А. | | | | | | | <i>К</i> | 9 | 55 | |
| <i>Керівник</i> | Хижняк С.В. | | | | | | | 403 АКФ 134 | | | |
| <i>Норм.</i> | Хижняк С.В. | | | | | | | | | | |
| <i>Зав. каф.</i> | Юцкевич С.С. | | | | | | | | | | |

Зведена таблиця параметрів літаків-прототипів і проектного літального апарату

| 1 | 2 | 3 | 4 |
|---|-------------|-------|-------|
| Дальність польоту з максимальним комерційним навантаженням, м | 2100...4400 | 2600 | 2800 |
| Максимальна крейсерська швидкість, км/год | 850 | 870 | 850 |
| Висота польоту з крейсерською швидкістю, м | 10000 | 12200 | 10000 |
| Вага комерційного навантаження, кг | 9800 | 9800 | 8901 |
| Злітна маса літака, кг | 43700 | 43700 | 40619 |
| Посадкова маса літака, кг | 37800 | 38800 | 35419 |
| Діаметр фюзеляжу, м | 3,5 | 3,5 | 3,41 |
| Довжина фюзеляжу, м | 29.13 | 31.63 | 29.33 |
| Розмах крила, м | 28.91 | 28.91 | 26.05 |
| Площа крила, м ² | 87.32 | 87.32 | 70.93 |

1.2. Короткий опис елементів конструкції літака

Проектований літальний апарат являє собою ближньомагістральний реактивний вузькофюзеляжний авіалайнер регіонального пасажирського призначення, швидкість здійснення польотів якого є нижчою за швидкість звуку.

Передбачена можливість здійснення перевезень на дистанції, що сягають 2800 км, за умови виконання польотів з крейсерською швидкістю, що складає 850 км/год.

Здійснення польотів є можливим за атмосферних умов температури повітря $-50...45^{\circ}\text{C}$.

За аеродинамічною схемою виконання літак являє собою вільнонесучий моноплан, з високорозташованим крилом відносно фюзеляжу, оснащеного двома двоконтурними турбореактивними двигунами, розміщеними в гондолах під крилом.

Крило – стрілоподібне трапецієподібне за власною геометричною формою в плані, великого подовження, оснащене закінцівками по бічних сторонам. Компонування крила базується на суперкритичних профілях. Конструктивно, крило складається з центроплана і двох консольних частин. На передній кромці крила встановлені відхиляються носки і предкрилки, на задній кромці встановлені двощілинні одноланкові закрилки з фіксованим дефлектором і елерони без аеродинамічної компенсації, відхиляються гальмівні і гліссадно-гальмівні інтерцептори.

Оперення Т-образної конструкції, однокілеве, встановлене за крилом. Містить нерухомий стабілізатор прикріплений до кіля.

Кермо висоти і напрямку висоти є одноланковими кермовими поверхнями, що не містять аеродинамічної компенсації.

Шасі – трьохопорне з передньою опорою, яке здатне прибиратися під час виконання польоту.

Літак обладнано двома турбореактивними двоконтурними двигунами серії Д-436-148. Кріплення двигунів здійснюється до крила, за допомогою пілонів.

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|----------------------------------|-----------|
| | | | | | НАУ 24 04Г 00 00 00 43 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 11 |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Фюзеляж - герметичний, круглого перетину, напівмонококової конструкції. Внутрішній об'єм фюзеляжу слугує в якості засобу розміщення кабіни екіпажу, транспортної кабіни, де знаходяться пасажирський салон і вестибюль. Під підлогою розміщено два підпільні багажно-вантажні відсіки - передній і задній технічний відсік, а також ніші передньої та основних опор шасі.

На літаку в наявності передбачено входні двері-трапи, звичайні входні двері, дві службові двері та два люки підпільних багажних відсіків. Усі двері також можуть виконувати роль аварійних виходів.

Літак обладнано необхідним побутовим, санітарно-технічним та аварійно-рятувальним обладнанням.

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|----------------------------------|-----------|
| | | | | | НАУ 24 04Г 00 00 00 43 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 12 |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

ВИСНОВКИ

У даному виконаному розділі було проаналізовано характеристики однотипних літаків, з найбільш подібними до вихідних даних характеристикаит, взятих в якості прототипів для створення проектованого. Ними є Ан-148 та Ан-158.

| | | | | | | |
|------------|-------------|-----------------|---------------|-------------|----------------------------------|-----------|
| | | | | | НАУ 24 04Г 00 00 00 43 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 13 |
| <i>Зм.</i> | <i>Арк.</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Підпис</i> | <i>Дата</i> | | |

2. ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ЛІТАКА

2.1. Розрахунок параметрів крила

Геометричні характеристики крила визначають такі параметри літака, як злітна маси m_0 і питома навантаження на крило P_0 .

Площу крила:

$$S_{\text{кр}} = \frac{m_0 \cdot g}{P_0}, \text{ м}^2$$

$$S_{\text{кр}} = \frac{40619 \cdot 9.81}{5618} = 70,93 \text{ м}^2,$$

де m_0 – злітна вага, кг;

g – прискорення вільного падіння, м/с²;

P_0 – питома навантаження на крило, кг/м².

Розмах крила:

$$l = \sqrt{S_{\text{кр}} \cdot \lambda_{\text{кр}}} =$$

$$l = \sqrt{70.93 \cdot 9.57} = 26,05 \text{ м},$$

де $\lambda_{\text{кр}}$ – подовження крила.

Коренева хорда:

| | | | | | | | |
|-------------------------|----------------------|-----------------|---------------|-------------|----------------------------------|--------------|----------------|
| | | | | | НАУ 24 04Г 00 00 00 43 ПЗ | | |
| <i>Зм.</i> | <i>Лист</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Підпис</i> | <i>Дата</i> | | | |
| <i>Виконав</i> | <i>Гончарук В.А.</i> | | | | <i>Лім.</i> | <i>Аркуш</i> | <i>Аркушів</i> |
| <i>Керівник</i> | <i>Хижняк С.В.</i> | | | | <i>К</i> | 14 | 55 |
| <i>Норм.</i> | <i>Хижняк С.В.</i> | | | | 403 АКФ 134 | | |
| <i>Зав. каф.</i> | <i>Юцкевич С.С.</i> | | | | | | |
| Параметри літака | | | | | | | |

$$b_0 = \frac{2S_{кр} \cdot \eta_{кр}}{(1 + \eta_{кр})l_{кр}}, \text{ м}$$

$$b_0 = \frac{2 \cdot 70.93 \cdot 3.77}{(1 + 3.77)26.05} = 4,3 \text{ м}$$

де $\eta_{кр}$ – звуження крила.

Кінцева хорда:

$$b_{кінц} = \frac{b_0}{\eta_{кр}}, \text{ м}$$

$$b_{кінц} = \frac{4.3}{3.77} = 1,14 \text{ м}$$

Бортова хорда крила:

$$b_б = b_0 \left(1 - \frac{(\eta_{кр} - 1)D_\phi}{\eta_{кр} \cdot l_{кр}} \right), \text{ м}$$

$$b_б = 4.3 \left(1 - \frac{(3.77 - 1)3.41}{3.77 \cdot 26.05} \right) = 3.89 \text{ м}$$

При виборі силової схеми крила слід визначитися з числом лонжеронів та їх положенням.

Відносне положення лонжеронів у крилі по хорді, для крила з двома лонжеронами:

$$\bar{X}_1 = 0.2; \bar{X}_2 = 0.6.$$

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|----------------------------------|------|
| | | | | | НАУ 24 04Г 00 00 00 43 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 15 |

де X_i – відстань, i -го лонжерона від носка крила, b – хорда крила у відповідному перерізі.

Середня відносна товщина профілю крила:

$$\bar{c}_{\text{сер}} = 0.11$$

Розмах елерона:

$$l_{\text{ел}} = 0.35 \frac{l}{2}, \text{ м}$$

$$l_{\text{ел}} = 0.35 \frac{26.05}{2} = 4.56 \text{ м}$$

Площа елерона:

$$S_{\text{ел}} = 0.05 \frac{S_{\text{кр}}}{2} = 0.05 \frac{70.93}{2} = 1.77 \text{ м}$$

Розрахунок величини середньої аеродинамічної хорди крила, виконується за формулою:

$$b_A = \frac{4S_{\text{кр}}}{3l_{\text{кр}}} \left(\frac{\eta_{\text{кр}}^2 + \eta_{\text{кр}} + 1}{(\eta_{\text{кр}} + 1)^2} \right) = \frac{4 \cdot 70.93}{3 \cdot 26.05} \left(\frac{3.77^2 + 3.77 + 1}{(3.77 + 1)^2} \right) = 3.06 \text{ м}$$

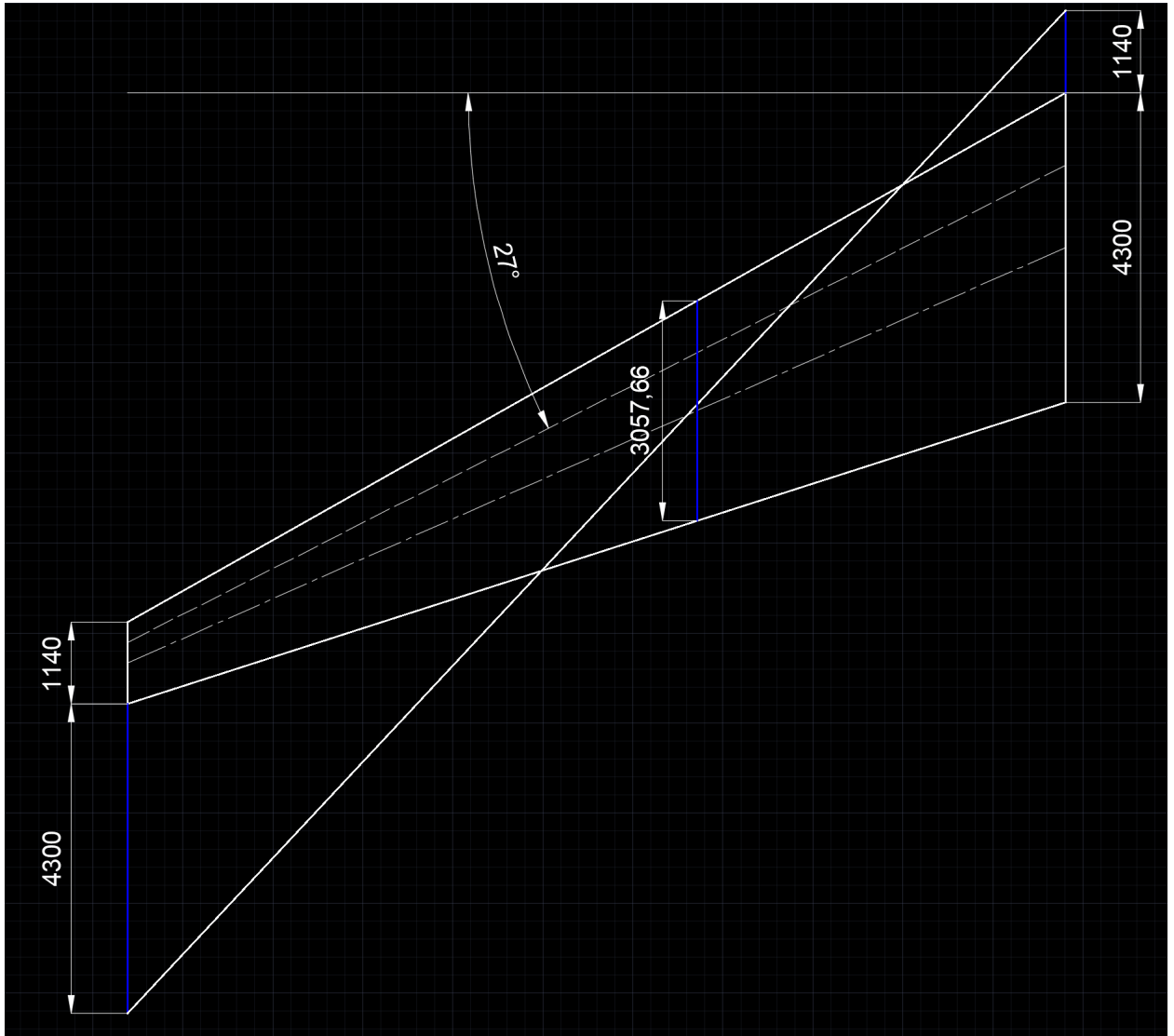


Рис. 2.1 Визначення середньої аеродинамічної хорди.

2.2. Розрахунок параметрів фюзеляжу

Довжина фюзеляжу:

$$l_{\phi} = D_{\phi} \cdot \lambda_{\phi} = 3.41 \cdot 8.6 = 29.33 \text{ м}$$

Подовження носової частини фюзеляжу:

$$\lambda_{\text{нч}} = 1.7$$

| | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|
| | | | | |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |

Подовження хвостової частини фюзеляжу:

$$\lambda_{\text{хч}} = 3$$

Довжина носової частини фюзеляжу:

$$l_{\text{нч}} = D_{\text{ф}} \cdot \lambda_{\text{хч}} = 3.41 \cdot 1.7 = 5.8 \text{ м}$$

Довжина хвостової частини фюзеляжу:

$$l_{\text{хч}} = D_{\text{ф}} \cdot \lambda_{\text{хч}} = 3.41 \cdot 2.01 = 10.23 \text{ м}$$

2.3. Розрахунок параметрів пасажирської кабіни

Розміри пасажирської кабіни літака повною мірою залежать від пасажиромісткості літака.

За рівнем комфорту на літака передбачено наявними пасажирські салони двох класів: бізнес-клас та економічний.

Найбільший зручними для перебування пасажирів є бізнес-клас, економічний - найменш.

Величина діаметра фюзеляжу значним чином впливає на можливу кількість розташованих крісел в одному ряді, від значень якої можна визначити потрібну величину ширини пасажирської кабіни.

Ширина пасажирської кабіни для салону бізнес-класу:

$$b_{\text{каб}_1} = m_{\text{кр}} \cdot b_{\text{кр}} + K_1 \cdot b_{\text{п}} + K_2 \cdot b_{\text{пр}}, \text{ м};$$

$$b_{\text{каб}_1} = 4 \cdot 0.51 + 7 \cdot 0.06 + 1 \cdot 0.5 + 0.145 \cdot 2 = 3.25 \text{ м}.$$

| | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|
| | | | | |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |

Ширина пасажирської кабіни для салону економ-класу:

$$b_{\text{каб}_2} = m_{\text{кр}} \cdot b_{\text{кр}} + K_1 \cdot b_{\text{п}} + K_2 \cdot b_{\text{пр}} + 2\delta_1, \text{ м}$$

$$b_{\text{каб}_2} = 5 \cdot 0.44 + 6 \cdot 0.05 + 1 \cdot 0.4 + 2 \cdot 0.175 = 3.25 \text{ м.}$$

Показник висоти пасажирської кабіни вважаємо рівним:

$$h_{\text{каб}} = 1.48 + 0.17b_{\text{каб}} = 1.48 + 0.17 \cdot 3.25 = 2.03 \text{ м.}$$

Довжина пасажирської кабіни для салону бізнес-класу:

$$l_{\text{каб}_1} = L_1 + \left(\frac{n_{\text{кр}}}{m_{\text{кр}}} - 1 \right) \cdot t_{\text{кр}} + L_2, \text{ м,}$$

$$l_{\text{каб}_1} = 1.2 + \left(\frac{16}{4} - 1 \right) \cdot 0.96 + 0.235 = 4.315 \text{ м}$$

Довжина пасажирської кабіни для салону економ-класу:

$$l_{\text{каб}_2} = L_1 + \left(\frac{n_{\text{кр}}}{m_{\text{кр}}} - 1 \right) \cdot L_2 + 0.235, \text{ м}$$

$$l_{\text{каб}_2} = 1.2 + \left(\frac{70}{5} - 1 \right) \cdot 0.87 + 0.235 = 12.745 \text{ м}$$

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|----------------------------------|------|
| | | | | | НАУ 24 04Г 00 00 00 43 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 19 |

В підсумку отримуємо значення довжини пасажирської кабіни, без урахування простору зайнятого поперечними проходами до виходів рівними:

$$l_{\text{каб}} = l_{\text{каб}_1} + l_{\text{каб}_2} = 4.315 + 12.745 = 17.06 \text{ м}$$

де n – число пасажирів; t – крок крісел; m – число пасажирських місць в одному ряді.

Загалом довжина пасажирського салону без врахування буфетів, туалетних приміщень, гардеробів складає 15,14 м.

Після визначення довжини кабіни потрібно перевірити виконання вимог щодо обсягу, що припадає на одного пасажирів.

Об'єм пасажирської кабіни в зоні розташування крісел бізнес-класу:

$$V_{\text{каб}_1} = l_{\text{каб}_1} \frac{\pi(D_{\phi} - 0,24)^2}{4} = 4.315 \cdot \frac{3.14 \cdot 3,25^2}{4} = 35.78 \text{ м}^3$$

$$v_{\text{каб}} = \frac{V_{\text{каб}}}{n} = \frac{35.78}{16} = 2.24 > 1.2 \dots 1.3 \text{ м}^2$$

Об'єм пасажирської кабіни в зоні розташування крісел економічного класу:

$$V_{\text{каб}_2} = l_{\text{каб}_2} \frac{\pi \cdot B_{\text{каб}_2}^2}{4} = 12.745 \cdot \frac{3.14 \cdot 3,25^2}{4} = 105.68 \text{ м}^3$$

$$v_{\text{каб}} = \frac{V_{\text{каб}}}{n} = \frac{105.68}{70} = 1.51 > 0.9 \dots 1 \text{ м}^2$$

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|----------------------------------|-----------|
| | | | | | НАУ 24 04Г 00 00 00 43 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 20 |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

З підвищенням дальності польотів, збільшується потреба у наявності додаткового питомого об'єму пасажирської кабіни.

2.3.1. Розрахунок параметрів вантажних відсіків

Багажні приміщення, розміщені в герметичній частині фюзеляжу, під підлогою кабіни.

Об'єм багажних приміщень залежить від пасажиромісткості пасажирських салонів, подібним чином:

$$V_{\text{в.в.}} = \frac{15n_{\text{пас.}}}{\gamma_{\text{б.п.}}} + \frac{G_{\text{к.н.}} - 90n_{\text{пас.}}}{\gamma_{\text{вант.}}} = \frac{15 \cdot 86}{120} + \frac{8901 - 90 \cdot 86}{290} = 14.75 \text{ м}^3$$

де $\gamma_{\text{б.п.}}$ – питома вага багажу пасажирів і пошти, Н/м³; $\gamma_{\text{вант.}}$ – питома вага вантажу, Н/м³.

Інтер'єр багажних приміщень спроектовано подібно до прототипу.

2.3.2. Розрахунок параметрів кухонь

Згідно до положень міжнародних норм встановлено, що у випадку наявності на літаку змішаного компонування, обов'язковим є передбачення на борту літака хоча б двох кухонь.

$$V_{\text{к}} = 0.1n_{\text{пас}} = 0.1 \cdot 86 = 8.6 \text{ м}^3;$$

$$S_{\text{к}} = \frac{V_{\text{к}}}{h_{\text{к}}} = \frac{8.6}{2.03} = 4.24 \text{ м}^2.$$

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|----------------------------------|------|
| | | | | | НАУ 24 04Г 00 00 00 43 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 21 |

Кухні спроектовано подібно до прототипу та розміщено між пасажирськими салонами економічного та бізнес-класів.

2.3.3. Розрахунок параметрів гардеробів

Гардероби для верхнього одягу пасажирів знаходяться біля основних дверей для входу та виходу пасажирів. Ширина кожного ряду гардеробу - 0,6 м.

Площа гардеробів становить:

$$S_{\text{гارد}} = 0.035n_{\text{пас}} = 0.035 \cdot 86 = 3.01 \text{ м}^2.$$

Деякий пасажирський багаж може зберігатися на полицях, розташованих по обох бортах уздовж пасажирської кабіни. Висота розміщення даних полиць складає 1,8 м.

Гардероб спроектовано у відповідності до моделі-прототипу.

2.3.4. Розрахунок параметрів туалетних приміщень

Кількість туалетних приміщень визначається кількістю пасажирів та тривалістю польоту:

$$t = \frac{l}{V_{\text{кр}}} = \frac{2800}{850} = 3,29 \text{ год}$$

де l – максимальна дистанція польоту, м;

$V_{\text{кр}}$ – максимальна крейсерська швидкість польоту.

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|----------------------------------|------|
| | | | | | НАУ 24 04Г 00 00 00 43 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 22 |

Кількість туалетних приміщень, за даної тривалості польоту розраховується зі співвідношення 1 туалет на 50 пасажирів:

$$n_{\text{т}} = \frac{n_{\text{пас}}}{50}$$

$$n_{\text{т}} = \frac{86}{50} = 1,72 \approx 2$$

Довжина одного туалету:

$$l_{\text{т}} = 1,15 \text{ м}$$

Ширина одного туалету:

$$b_{\text{т}} = 0,95 \text{ м}$$

Площа одного туалету:

$$S_{\text{т}} = l_{\text{т}} \cdot b_{\text{т}}, \text{ м}^2$$

$$S_{\text{т}} = 1.15 \cdot 0.95 \text{ м} = 1.09 \text{ м}^2$$

Нормамаи передбачено запас води та хімірідини в туалетних приміщеннях з розрахунком: 1 кг на одного пасажира. Загальний запас води та хімірідини:

$$m_{\text{рід}} = q \cdot n_{\text{пас}} = 1 \cdot 86 = 86 \text{ кг}$$

Туалет спроектовано подібно до прототипу, розташовуючи між кабіною екіпажу та аварійними виходами.

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|----------------------------------|-----------|
| | | | | | НАУ 24 04Г 00 00 00 43 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 23 |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

2.4. Розрахунок параметрів шасі

База шасі:

$$B = 0.4 \cdot l_{\phi}, \text{ м}$$

$$B = 0.3 \cdot 29.33 = 8.8 \text{ м}$$

Коля шасі:

$$K = 0.7B$$

$$K = 0.7 \cdot 8.8 = 6.16 \text{ м}$$

Винос основної опори:

$$e = 0.2B = 0.15 \cdot 8.8 = 1.32 \text{ м}$$

Винос передньої опори:

$$d = B - e, \text{ м}$$

$$d = 8.8 - 1.32 = 6.68 \text{ м}$$

Кількість головних опор і коліс на носовій опорі:

$$n = 1; z = 2$$

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|----------------------------------|------|
| | | | | | НАУ 24 04Г 00 00 00 43 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 24 |

Навантаження на колесо головної опори:

$$P_{\text{гол}} = \frac{e \cdot m_0 \cdot g \cdot k_d}{B \cdot z}, \text{ Н}$$

$$P_{\text{гол}} = \frac{1.32 \cdot 40619 \cdot 9.81 \cdot 1.5}{8.8 \cdot 2} = 44828.14 \text{ Н}$$

де n – число опор; z - число коліс на одній опорі; $K_d = 1.5 \dots 2.0$ – коефіцієнт динамічності.

Підбір коліс для носової та основної опор шасі здійснюється на базі виконаних розрахунків, із каталогів сучасних виробників комплектуючих авіаційної техніки.

Кількість головних опор і коліс на основних опорах:

$$n = 2; z = 4$$

Навантаження на колесо хвостових опор:

$$P_{\text{осн}} = \frac{(B - e)m_0 \cdot g}{B \cdot n \cdot z}, \text{ Н}$$

$$P_{\text{осн}} = \frac{(8.8 - 0.88)40\,619 \cdot 9.81}{8.8 \cdot 2 \cdot 4} = 75\,619.19 \text{ Н}$$

Головна опора шасі – 1000x280В – негальмівні.

Основні опори шасі – 1050x300В – гальмівні.

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|----------------------------------|------|
| | | | | | НАУ 24 04Г 00 00 00 43 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 25 |

2.5. Розрахунок параметрів оперення

Площа вертикального оперення:

$$S_{\text{во}} = 0,18S_{\text{кр}}, \text{ м}^2$$

$$S_{\text{во}} = 0,18 \cdot 70,93 = 12,77 \text{ м}^2$$

Площа горизонтального оперення:

$$S_{\text{го}} = 0,12S_{\text{кр}}, \text{ м}^2$$

$$S_{\text{го}} = 0,12 \cdot 70,93 = 8,52 \text{ м}^2$$

Площа керма напрямку:

$$S_{\text{кн}} = 0,35S_{\text{во}}, \text{ м}^2$$

$$S_{\text{кн}} = 0,35 \cdot 12,77 = 4,47 \text{ м}^2$$

Площа керма висоти:

$$S_{\text{кв}} = 0,3S_{\text{го}}, \text{ м}^2$$

$$S_{\text{кв}} = 0,3 \cdot 8,52 = 2,56 \text{ м}^2$$

Площа тримерів керма напрямку:

$$S_{\text{тр.кн}} = 0,04S_{\text{кн}}$$

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|----------------------------------|------|
| | | | | | НАУ 24 04Г 00 00 00 43 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 26 |

$$S_{\text{тр.кн}} = 0.04 \cdot 4.47 = 0.27 \text{ м}^2$$

Площа тримерів керма висоти:

$$S_{\text{тр.кв}} = 0.06 S_{\text{кв}}, \text{ м}^2$$

$$S_{\text{тр.кв}} = 0.06 \cdot 2.56 = 0.15 \text{ м}^2$$

Висота вертикального оперення:

$$h_{\text{во}} = 0.2 l_{\text{кр}}, \text{ м}$$

$$h_{\text{во}} = 0.2 \cdot 26.05 = 5.21 \text{ м}$$

Розмах вертикального оперення:

$$l_{\text{во}} = 2.75 b_A, \text{ м}$$

$$l_{\text{во}} = 2.75 \cdot 3.03 = 8.34 \text{ м}$$

Розмах горизонтального оперення:

$$l_{\text{го}} = 0.32 l_{\text{кр}}$$

$$l_{\text{го}} = 0.32 \cdot 26.05 = 8.34 \text{ м}$$

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|----------------------------------|------|
| | | | | | НАУ 24 04Г 00 00 00 43 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 27 |

Звуження вертикального оперення, для літака, швидкість польоту якого є меншою за швидкість звуку:

$$\eta_{\text{во}} = 1.33$$

Звуження горизонтального оперення, для літака, швидкість польоту якого є меншою за швидкість звуку:

$$\eta_{\text{го}} = 2.5$$

Кінцева хорда вертикального оперення:

$$b_{\text{кін.во}} = \frac{2 \cdot S_{\text{во}}}{(\eta_{\text{во}} + 1) \cdot l_{\text{во}}}, \text{ м}$$

$$b_{\text{кін.во}} = \frac{2 \cdot 12,77}{(1,33 + 1)5,21} = 2,1 \text{ м}$$

Кінцева хорда горизонтального оперення:

$$b_{\text{кін.го}} = \frac{2 \cdot S_{\text{го}}}{(\eta_{\text{го}} + 1) \cdot h_{\text{го}}}, \text{ м}$$

$$b_{\text{кін.го}} = \frac{2 \cdot 8,52}{(2,5 + 1)8,34} = 0,58 \text{ м}$$

Коренева хорда вертикального оперення:

$$b_{\text{кор.во}} = b_{\text{кін.во}} \cdot \eta_{\text{во}}, \text{ м}$$

$$b_{\text{кор.во}} = 2,1 \cdot 1,33 = 2,79 \text{ м}$$

Коренева хорда горизонтального оперення:

$$b_{\text{кор.го}} = b_{\text{кор.го}} \cdot \eta_{\text{ГО}}, \text{ м}$$

$$b_{\text{кор.го}} = 0,58 \cdot 2,5 = 1,45 \text{ м}$$

Відносна товщина профілю для ГО та ВО в першому наближенні приймаємо рівною:

$$\bar{c}_{\text{оп}} = 0,8\bar{c}_{\text{сер.кр}}$$

$$\bar{c}_{\text{оп}} = 0,8 \cdot 0,11 = 0,09.$$

2.6. Підбір двигунів

Літак оснащено двома турбореактивними двигунами Д-436-148. Розробка даних агрегатів здійснюється Запорізьким машинобудівним конструкторським бюро «Прогрес».

Табл. №2.1

Двигуни Д-436-148. Характеристики

| 1 | 2 |
|--------------|-----------|
| Тип двигунів | Д-436-148 |
| Кількість | 2 |
| Висота, мм | 1930 |

Двигуни Д-436-148. Характеристики

| 1 | 2 |
|--|----------|
| Ширина, мм | 1784 |
| Довжина, мм | 4034 |
| Маса, кг | 1400 |
| Тяга, кН | 14,715 |
| Питомі витрати палива на крейсерському режимі польоту, кг/кН*год | 58,6996 |
| Питомі витрати палива на злітному режимі польоту, кг/кН*год | 34,8865 |
| Середні витрати палива на одиницю часу, кг/год | 1973,325 |
| Середні витрати палива на одиницю дистанції польоту, км/год | 2,53 |
| Відносна маса палива, % | 18 |
| Ступінь двоконтурності | 6.0 |
| Ступінь підвищення тиску | 30.0 |
| Країна-виробник | Україна |

2.7.Центрувальний розрахунок

Взаємозалежність величин маси окремих компонентів, від злітної ваги літака, відповідного агрегату, виражається наступним чином:

$$m_i = \bar{m}_i \cdot m_0 = \bar{m}_i \cdot 40619, \text{ кг};$$

Центр мас спорядженого крила

| № | Найменування об'єкту | Маса | | Координат а ЦМ, м | Момент мас, кгм |
|--|-------------------------------------|----------|--------------|----------------------|--------------------|
| | | Відносна | Загальна, кг | | |
| 1 | Крило | 0.11959 | 4857.626 | 1.377 | 6688.951 |
| 2 | Системи управління (30%) | 0,00237 | 96.267 | 1.836 | 176.746 |
| 3 | Електрообладнання (10%) | 0,00338 | 137,292 | 0,306 | 42,011 |
| 4 | Протиобліднювальна система (70%) | 0,0014 | 56,6733 | 0,306 | 17,342 |
| 5 | Гідравлічна система (70%) | 0,01435 | 582,883 | 1,836 | 1070,173 |
| 6 | Силова установка | 0,09966 | 4048,09 | 0,582 | 2355.988 |
| Споряджене крило без палива та шасі | | 0.24075 | 9778.831 | 1.06 | 10351.21 |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 7 | Основні опори шасі | 0,03714 | 1508,59 | -7,117 | -10736,64 |
| 8 | Носова опора шасі | 0,00413 | 167,756 | 1,683 | 282,333 |
| 9 | Паливо | 0,21732 | 8827,321 | 1,377 | 12155,22 |
| Загалом | | 0,49934 | 20282,498 | -0,01 | -103,091 |

Координата центру мас спорядженого крила:

$$X_K = \frac{\sum m_i \cdot x_i}{\sum m_i} = \frac{(-103,091)}{20282,5} = -0.01 \text{ м.}$$

Центрувальна відомість мас спорядженого крила

| № | Найменування об'єкту | Маса | | Координат а ЦМ, м | Момент мас, кгм |
|----|--------------------------------------|----------|--------------|----------------------|--------------------|
| | | Відносна | Загальна, кг | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 1 | Фюзеляж | 0,11637 | 4726,833 | 14,665 | 69319,01 |
| 2 | ГО | 0,01082 | 439,498 | 27,595 | 12127,95 |
| 3 | ВО | 0,01256 | 510,175 | 23,864 | 12174,82 |
| 4 | Висотне обладнання | 0,02255 | 915,958 | 14,665 | 13432,52 |
| 5 | Протиобліднюваль на система (30%) | 0,0006 | 24,289 | 23,464 | 569,92 |
| 6 | Пасажирське обладнання | 0,0173 | 702,709 | 14,183 | 9966,52 |
| 7 | ДО та ТЗІ салонів | 0,0099 | 402,128 | 14,665 | 5897,21 |
| 8 | Побутове обладнання | 0,0067 | 272,147 | 16,932 | 4607,99 |
| 9 | Управління (70%) | 0.00553 | 224.623 | 14.665 | 3294.1 |
| 10 | Гідросистеми (30%) | 0.00615 | 249.807 | 20.531 | 5128.79 |
| 11 | Електрообладнанн я (90%) | 0,03042 | 1235,63 | 14,665 | 18120,51 |
| 12 | Локаційне обладнання | 0,0035 | 142,167 | 2,5 | 355,42 |
| 13 | Навігаційне обладнання | 0,0052 | 211,219 | 2,5 | 528,05 |
| 14 | Обладнання радіозв'язку | 0,0026 | 105,609 | 2,75 | 290,42 |

Центрувальна відомість мас спорядженого крила

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---------------------------------|----------------------------|---------|-----------|--------|-----------|
| 15 | Приладове обладнання | 0,0061 | 247,776 | 1,44 | 356,8 |
| Порожній літак | | 0.2563 | 10410.568 | 15.001 | 156170.03 |
| 16 | Екіпаж | 0,00369 | 150 | 2,8 | 420 |
| 17 | Бортпровідники | 0,00369 | 150 | 24,09 | 3613,5 |
| 18 | Документи інструменти | 0,00796 | 323,28 | 22,63 | 7315.83 |
| 19 | Хімічна рідина | 0,00212 | 86 | 3,475 | 298.85 |
| 20 | Додаткове обладнання | 0,00777 | 315,61 | 14,665 | 4628.42 |
| Порожній споряджений фюзеляж | | 0,28153 | 6708,625 | 15,372 | 103127,62 |
| 21 | Пасажири (бізнес- клас) | 0,02954 | 1200 | 7,52 | 9024 |
| 22 | Пасажири (економ- клас) | 0,12925 | 5250 | 17,42 | 91455 |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 23 | Вантаж, пошта й багаж | 0,05611 | 2279 | 14,665 | 33421.54 |
| 24 | Харчування | 0.00423 | 172 | 10,05 | 1728.6 |
| Загалом | | 0.50066 | 20336.458 | 15.149 | 308075.8 |

Координата центру мас спорядженого фюзеляжу:

$$x_{\phi} = \frac{\Sigma m_{\phi} x_{\phi}}{\Sigma m_{\phi}} = \frac{308075.8}{20336,5} = 15.149 \text{ м.}$$

Рівняння рівноваги моментів відносно носової частини фюзеляжу:

$$m_{\phi} x_{\phi} + m_{\text{кр}} x_{\text{кр}} (x_a + x_{\text{кр}}) = m_0 (x_a + C)$$

Відстань від початку середньої аеродинамічної хорди до центра тяжіння літака, для літака з високорозташованим стрілоподібним крилом, знаходиться в межах 28...32%:

$$C = 0,3b_{\text{САХ}} = 0.3 \cdot 3.06 = 0.918 \text{ м.}$$

Координата початку середньої аеродинамічної хорди крила відносно носової частини фюзеляжу:

$$x_a = \frac{m_{\phi} x_{\phi} + m_{\text{кр}} x_{\text{кр}} - m_0 C}{m_0 - m_{\text{кр}}}$$

$$x_a = \frac{20336,5 \cdot 15,149 + 20282,5 \cdot (-0,01) - 40619 \cdot 0,918}{40619 - 20282,5} = 13.31 \text{ м.}$$

Координата центра тяжіння літака:

$$x_T = x_a + C = 13.31 + 0.915 = 14.226 \text{ м.}$$

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|----------------------------------|------|
| | | | | | НАУ 24 04Г 00 00 00 43 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 34 |

Відносна координата центра тяжіння літака:

$$\bar{x}_T = \frac{x_T - x_a}{b_A} \cdot 100\% = \frac{14.226 - 13.31}{3.06} \cdot 100\% = 29.935\%.$$

Табл. №2.4.

Експлуатаційні варіанти центрування літака

| № | Найменування об'єкта | Маса m_i , кг | Координата ЦМ x_i , м | Центрування, % |
|---|--|--------------------|----------------------------|-------------------|
| 1 | Злітна маса (шасі випущене) | 40619 | 14.226 | 29.935 |
| 2 | Злітна маса (шасі прибране) | 40619 | 14.211 | 29.48 |
| 3 | Посадкова маса (шасі випущене) | 31791.68 | 14.483 | 38.333 |
| 4 | Перегінний (без комерційного навантаження, шасі прибране) | 31718 | 13.923 | 20.033 |
| 5 | Стоянковий (без комерційного навантаження, екіпажу, палива, рідини, шасі випущене) | 22654.68 | 14.36 | 34.314 |

ВИСНОВКИ

Виконання розділу Визначення параметрів літака пов'язано отриманням відомості щодо значення яких є вкрай важливим, для можливості реалізації практичного змісту об'ємно-масової та конструктивно-силового етапів компонування.

Виконання розрахунків центрування літака мало на меті, пересвідчитися у відповідності результатів об'ємно-масового компонування, необхідним результатам центрування для літаків з високим розташуванням стрілоподібного крила в межах 20...42% відносно середньої аеродинамічної хорди крила.

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|----------------------------------|-----------|
| | | | | | НАУ 24 04Г 00 00 00 43 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 36 |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

3. Підвищення ергономічності пасажирських крісел ближньо-магістрального пасажирського літака

3.1. Поняття й предмет вивчення ергономіки

Ергономіку можна визначити, в прямому сенсі, як комплексну наукову дисципліну, предметом дослідження та вивчення якої є діяльність та взаємодія людського організму в системах типу “людина-техніка”, що охоплює різноманітні розділи наукових дисциплін, наприклад таких як:

- Антропометрія;
- Фізіологія;
- Психологія;
- Ергономічний дизайн.

Методи дослідження ергономіки можна умовно поділити на дві групи:

- 1) Аналітичні;
- 2) Експериментальні

В основі науки ергономіки лежить вивчення принципів проектування й дослідження методів організації середовища взаємодії людини з технічними засобами, що є об’єктами навколишнього простору.

Ключова мета й безпосередня цінність ергономічного аспекту конструкції пасажирських крісел полягає в досягненні максимально сприятливих умов, для гарантування найсприятливіших умов для забезпечення комфортного перебування пасажирів на борту повітряного судна під час виконання авіаційних перевезень.

| | | | | | | | | |
|------------------|----------------------|-----------------|---------------|-------------|----------------------------------|--------------------|--------------|----------------|
| | | | | | НАУ 24 04Г 00 00 00 76 ПЗ | | | |
| | | | | | | | | |
| <i>Зм.</i> | <i>Лист</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Підпис</i> | <i>Дата</i> | Спеціальна частина | <i>Літ.</i> | <i>Аркуш</i> | <i>Аркушів</i> |
| <i>Виконав</i> | <i>Гончарук В.А.</i> | | | | | <i>К</i> | 37 | 55 |
| <i>Керівник</i> | <i>Хижняк С.В.</i> | | | | | | | |
| <i>Норм.</i> | <i>Хижняк С.В.</i> | | | | | | | |
| <i>Зав. каф.</i> | <i>Юцкевич С.С.</i> | | | | | | | |
| | | | | | | 403 АКФ 134 | | |

Практичний зміст досягнень в галузі ергономіки стосується покращення результатів взаємодії людей з пасажирськими сидіннями від застосування тих чи інших інженерних рішень.

Безпосередньо покращення ергономічності пасажирських крісел стосується:

- збільшення сукупного об'єму вільного простору;
- мінімізації ризиків виникнення травматичних випадків;
- зниження прямого завданого шкідливого впливу в процесі контактів з об'єктами навколишнього середовища пасажирської кабіни й зокрема, конструктивними елементами пасажирських сидінь;
- оптимізації конструкції та структури влаштування пасажирських крісел, таким чином аби досягти найбільшої практичної цінності від функціонального призначення компонентів.

Актуальність ергономіки зумовлена наявністю важливого значення присутності “людського фактора” в експлуатації повітряних суден, пасажирського типу призначення.

3.2. Аналіз типових недоліків моделей пасажирських крісел різних класів

1. Типові проблеми пасажирських крісел економічного класу:

До характерних недоліків, які є властивими для конструкції крісел економічного класу можна віднести:

- Обмеженість вільного простору для ніг, внаслідок характерної для крісел даного класу, порівняно з іншими, значно меншої відстані між рядами крісел, що в свою чергу негативно впливає на загальний стан самопочуття пасажирів, під час перебування у пасажирській кабіні, й відповідно особливо суттєвість даної проблеми стає очевидною, зі збільшенням тривалості виконання польоту.

- Низьке положення спинки крісел, і як наслідок слабе підтримання хребта, що стає причиною виникнення втоми та спинного болю, порушення осанки та втоми спинних м'язів.
- Відсутність можливості регулювання положення підголовників для забезпечення комфортного положення шиї та голови.
- Обмеженість можливості налаштування нахилу спинки крісла, зумовлений відносно невеликими показниками кута нахилу спинки сидіння, наявність якої призводить до зіткнення пасажирів з наслідками сидіння у дискомфортному положенні, внаслідок напруження органів спини.

2. Типові проблеми пасажирських крісел економічного класу:

Значна чисельність механічних елементів, яким є властивою вразливість до виходу з ладу, порушення цілісності конструкції крісел та як наслідок, підвищення ризиків виникнення травматичних випадків для пасажирів, а також ускладнення проведення робіт з технічного обслуговування конструкції пасажирських крісел.

Порівняно висока з кріслами економічного класу вартість виробництва та обслуговування, що в свою чергу стає причиною виникнення необхідності у підвищенні сукупних витрат на виконання даних робіт з виробництва й обслуговування, обмежуючи таким чином потенціальні можливості, як виробництва, так і підтримання крісел у справному становищі.

3.3. Методи підвищення ергономічності пасажирських крісел

1) Можливі напрямки підвищення ергономічного стану пасажирських крісел економічного класу:

- Збільшення вільного простору між рядами сидінь, за рахунок зміни відстані між рядами крісел, в сторону її збільшення, забезпечуючи більш комфортне положення ніг;

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|----------------------------------|------|
| | | | | | НАУ 24 04Г 00 00 00 76 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 39 |

- Покращення підтримки хребта та попереку, завдяки застосуванню ергономічних форм та матеріалів зовнішніх елементів конструкції крісел;
 - Встановлення регульованих підголівників, для вирішення проблем з дискомфортом положенням голови та шиї пасажирів, при знаходженні в сидячому положенні;
 - Надання можливості регулювання кута нахилу спинки, в більшому діапазоні величин, для підтримки спини в близькому до нормального, з анатомічної точки зору положенні.
- 2) Можливі напрямки підвищення ергономічного стану пасажирських крісел бізнес-класу:
- Оптимізація механічних систем, шляхом зменшення кількості рухомих частин, що дозволить полегшити процес технічного обслуговування пасажирських крісел.
 - Використання матеріалів, що вирізняються характеристиками гарантування надійності та довговічності структури конструктивних елементів пасажирських крісел, що дозволить суттєво зменшити вірогідність їх виходу з ладу, та відповідно дозволить уникнути потреби в більш регулярному обслуговуванні крісел, внаслідок зниження ризику виходу з ладу даних компонентів.

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|----------------------------------|-----------|
| | | | | | НАУ 24 04Г 00 00 00 76 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 40 |

3.4. Ергономічне удосконалення конструкції крісел



Рис. 3.1. Зображення крісел бізнес-класу, встановлених на літаку Ан-158-100

Наведені в минулому підрозділі тези щодо слабких аспектів певного класу пасажирських крісел в ергономічному аспекті, визначають необхідність розробки нової конструкції пасажирських крісел з покращеними ергономічними характеристиками.

Серед основних бажаних цілей підвищення ергономічності пасажирських крісел слід виділити наступні пріоритети, що стосуються:

- 1) Підтримки хребта та попереку пасажирів, у найбільш комфортному положенні.
- 2) Підтримання комфортного положення органів тіла пасажирів, в сидячому положенні.
- 3) Зменшення ваги крісел.
- 4) Інтеграції сучасних технологій, для зайняття вільного часу пасажирів під час виконання польотів.
- 5) Оптимізації механізмів регулювання.

Методи реалізації ергономічного вдосконалення пасажирських крісел:

1) Покращення підтримки попереку та хребта:

- Використання спинок та сидінь з анатомічно правильними формами.
- Встановлення регульованих підпор для попереку.

2) Збільшення простору для пасажирів:

- Оптимізація компоновки сидінь, шляхом збільшення відстані між спинкою крісел переднього ряду пасажирських крісел та найближчою точкою заднього для збільшення осяжного вільного простору для ніг.
- Застосування при виготовленні крісел більш тонких матеріалів, які б дозволяли досягти зменшення товщини спинки сидіння, без втрати міцності.

3) Зменшення ваги крісел:

- Використання легких композиційних матеріалів.
- Впровадження конструкцій інноваційного типу для зменшення маси крісла, при одночасному збереженні міцнісних характеристик пасажирських крісел.

4) Інтеграція сучасних технологій:

- Встановлення систем вентиляції та терморегуляції;
- Передбачення мультимедійних систем та зарядних пристроїв безпосередньо в конструкції крісел.

5) Покращення можливостей індивідуального налаштування:

- Встановлення регульованих підголовників та підлокітників.
- Збільшення діапазону кутів нахилу спинки.

Опис характеристик елементів конструкції вдосконаленого ергономічного крісла економ-класу:

1) Рама:

а) Форма:

Анатомічно правильна з вигинами для підтримки попереку та хребта.

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|----------------------------------|-----------|
| | | | | | НАУ 24 04Г 00 00 00 76 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 42 |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

b) Матеріали:

Легкі композиційні або алюмінієві матеріали

c) Конструктивні особливості:

Полегшена конструкція, що володіє високою міцністю.

d) Регулювання:

Встановлення підголівника та спинки з регуляційним механізмом

2) Обшивка:

a) Матеріал:

Дихаючі синтетичні тканини з антибактеріальним покриттям.

b) Конструктивні особливості:

стійкість до зношування й легкість в обслуговування та догляді.

3) Підголівник:

a) Механізм регулювання висоти та кута нахилу.

b) Конструктивні особливості:

Підтримання шиї та голови, зменшення напруження в області м'язів.

4) Спинка крісла:

a) Форма:

Анатомічні вигини для підтримки попереку.

b) Регулювання:

Збільшення діапазону кутів нахилу спинки з 25 до 36°, що є подібним до значення крісел бізнес-класу.

5) Сидіння:

a) Форма:

Комфортна посадка з дихаючими матеріалами.

b) Підтримка під колінами для зменшення навантаження на коліна.

Опис характеристик елементів конструкції вдосконаленого ергономічного крісла бізнес-класу:

1) Рама:

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|----------------------------------|-----------|
| | | | | | НАУ 24 04Г 00 00 00 76 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 43 |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

а) Матеріали виготовлення:.

Титанові сплави.

б) Конструктивні особливості:

Оптимізована конструкція максимальної міцності за зменшеної ваги.

2) Обшивка:

а) Матеріали виготовлення:.

Високоякісні синтетичні матеріали з функцією пам'яті.

б) Конструктивні особливості:

Антимікробні та антибактеріальні покриття.

3) Підголівник:

а) Регулювання:

Висоти, нахилу, бокової підтримки.

б) Особливості:

Додаткова бокова підтримка для підвищення комфорту під час сну.

4) Спинка:

а) Форма:

З регульованою підтримкою хребта та попереку.

б) Можливості регулювання:

Збільшення кута нахилу з 36 до 180° (при забезпеченні лежачого положення).

5) Сидіння:

а) Форма:

Регульована глибина та нахил, з м'якими матеріалами.

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|----------------------------------|-----------|
| | | | | | НАУ 24 04Г 00 00 00 76 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 44 |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

б) Додаткові функції:

інтеграція підігріву та вентиляції.

б) Підлокітники:

а) Можливість регулювання:

Висоти, ширини, кутів нахилу, з можливістю відкидання.

б) Конструкційні особливості:

Вбудовані контролери для налаштування сидіння.

7) Додаткові функції:

а) Інтегровані зарядні порти та мультимедійні системи.

б) Місця для зберігання особистих речей.

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|----------------------------------|------|
| | | | | | НАУ 24 04Г 00 00 00 76 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 45 |

ВИСНОВКИ

В ході виконання кваліфікаційної роботи було проаналізовано основні недоліки, притаманні пасажирським кріслам економічного та бізнес-класу й запропоновано шляхи вирішення подібних проблем, з наведенням опису змін до проектних конструкцій ергономічних моделей крісел відповідного класу.

Торкаючись теми переваг ергономічного крісла, слід зупинитися на:

- Покращенні комфорту за рахунок підтримки анатомічних форм.
- Зменшенні ваги крісла за рахунок використання доволі легких сучасних матеріалів.
- Підвищенні рівня вентиляції та комфорту пасажирів під час тривалих польотів.
- Зменшення навантаження на м'язи пасажирів, під час знаходження в сидячому положенні;
- Передбаченні додаткові функції підвищення комфорту та зручності перебування пасажирів у кабіні під час польотів.

Перевагами ергономічного пасажирського крісла бізнес-класу є:

- Досягнення максимально ергономічної форми, завдяки можливості трансформації крісла в лежаче положення.
- Застосування комбінованих композитних матеріалів для одержання оптимального співвідношення ваги та міцності.
- максимальна гнучкість налаштування та регулювання положення компонентів конструкції пасажирського крісла.

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|----------------------------------|------|
| | | | | | НАУ 24 04Г 00 00 00 76 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 46 |

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Розробка нових ергономічних крісел для пасажирських літаків АН-158 дозволить значно підвищити рівень комфорту для пасажирів різних класів, зменшити вагу конструкцій, завдяки впровадженню рішень, що будуть сприяти покращенню технологічності конструкції пасажирських сидінь.

Практична цінність виконаної кваліфікаційної роботи ступеню бакалавра полягає у віднайдені запропонованих рішень, реалізація яких, позитивно позначатися на створенні комфортного середовища для перебування пасажирів, застосування яких при цьому не буде призводити до підвищення збільшення фінансових витрат. З даного положення, можна дійти до думки щодо того, що дані пропозиції є безпосередньо корисними як для клієнтів авіалайнерів, так і авіакомпаній.

Покращення ергономічності пасажирських крісел АН-158 шляхом впровадження наведених заходів дозволить значно підвищити комфорт і задоволеність пасажирів, зменшити втому під час польоту та покращити загальний досвід подорожей, крім того дозволивши заощадити в фінансовому плані.

Практичне значення виконаної роботи полягає в максимізації комфортного середовища для перебування пасажирів і можливості налаштування пасажирських крісел під індивідуальні потреби пасажирів.

| | | | | | | | | |
|------------------|---------------|-----------------|---------------|-------------|----------------------------------|--------------------|--------------|----------------|
| | | | | | НАУ 24 04Г 00 00 00 43 ПЗ | | | |
| | | | | | | | | |
| <i>Зм.</i> | <i>Лист</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Підпис</i> | <i>Дата</i> | Загальні висновки | <i>Літ.</i> | <i>Аркуш</i> | <i>Аркушів</i> |
| <i>Виконав</i> | Гончарук В.А. | | | | | К | 47 | 55 |
| <i>Керівник</i> | Хижняк С.В. | | | | | | | |
| <i>Норм.</i> | Хижняк С.В. | | | | | | | |
| <i>Зав. каф.</i> | Юцкевич С.С. | | | | | | | |
| | | | | | | 403 АКФ 134 | | |

СПИСОК ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Система конструкторської документації. Терміни та визначення основних понять: ДСТУ 3321:2003 ; [Чинний від 2004.01.10]. – К. : Держспоживстандарт України, 2004. – 55 с.
2. Конструкція та міцність літальних апаратів (Ч.1): методичні рекомендації до виконання курсового проекту для студентів спеціальності 134 «Авіаційна та ракетно-космічна техніка» / уклад.: С. Р. Ігнатович, М. В. Карускевич, Т. П. Маслак, С. В. Хижняк, С. С. Юцкевич. – К.: НАУ, 2018. – 91с.
3. Конструкція та міцність літальних апаратів (Ч.2): методичні рекомендації до виконання курсового проекту для студентів спеціальності 134 «Авіаційна та ракетно-космічна техніка» / уклад.: С. Р. Ігнатович, Т. П. Маслак, С. В. Хижняк, С. С. Юцкевич. – К.: НАУ, 2018. – 48 с.
4. Положення про дипломні роботи (проекти) випускників Національного авіаційного університету: затверджено наказом ректора від 03.11.2006, №178/од. – К.: Вид-во НАУ, 2011. – 72 с.
5. Оформлення конструкторської документації: навч. посіб. / В. В. Ванін, А. В. Блюк, Г. О. Гнітецька; МОНУ. – 3-тє вид.– К.: Каравела, 2004. – 160 с.
6. Ан-148
<https://antonov.com/history/an-148/>
7. Ан-158
<https://antonov.com/history/an-158/>
8. Ан-158-100
<https://www.antonov.com/aircraft/an-158-100/>

| | | | | | | | |
|-----------------------------------|----------------------|-----------------|---------------|-------------|----------------------------------|--------------|----------------|
| | | | | | НАУ 24 04Г 00 00 00 43 ПЗ | | |
| | | | | | | | |
| <i>Зм.</i> | <i>Лист</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Підпис</i> | <i>Дата</i> | | | |
| <i>Виконав</i> | <i>Гончарук В.А.</i> | | | | | | |
| <i>Керівник</i> | <i>Хижняк С.В.</i> | | | | | | |
| <i>Норм.</i> | <i>Хижняк С.В.</i> | | | | | | |
| <i>Зав. каф.</i> | <i>Юцкевич С.С.</i> | | | | | | |
| Список літературних джерел | | | | | <i>Літ.</i> | <i>Аркуш</i> | <i>Аркушів</i> |
| | | | | | К | 48 | 55 |
| | | | | | 403 АКФ 134 | | |

ДОДАТКИ

ДОДАТОК А

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ И ВЫБРАННЫЕ ПАРАМЕТРЫ

| | |
|--|-------------|
| Количество пассажиров | 86. |
| Количество членов экипажа | 2. |
| Количество бортпроводников или сопровождающих | 2. |
| Масса снаряжения и служебного груза | 709.28 кг. |
| Масса коммерческой нагрузки | 8901.50 кг. |
| Крейсерская скорость полета | 850. км/ч |
| Число "М" полета при крейсерской скорости | 0.7870 |
| Расчетная высота начала реализации полетов с крейсерской экономической скоростью | 10.00 км |
| Дальность полета с максимальной коммерческой нагрузкой | 2800. км. |
| Длина летной полосы аэродрома базирования | 2.55 км. |
| Количество двигателей | 2. |
| Оценка по статистике тяговооруженности в н/кг | 3.1000 |
| Степень повышения давления | 30.00 |
| Принятая степень двухконтурности двигателя | 6.00 |
| Оптимальная степень двухконтурности двигателя | 6.00 |
| Относительная масса топлива по статистике | 0.1800 |
| Удлинение крыла | 9.57 |
| Сужение крыла | 3.77 |
| Средняя относительная толщина крыла | 0.110 |
| Стреловидность крыла по 0.25 хорд | 27.0 град. |
| Степень механизированности крыла | 1.050 |
| Относительная площадь прикорневых наплывов | 0.000 |
| Профиль крыла - Суперкритический | |

Шайбы УИТКОМБА - не применяются

Спойлеры - установлены

| | |
|---|------------|
| Диаметр фюзеляжа | 3.41 м. |
| Удлинение фюзеляжа | 8.60 |
| Стреловидность горизонтального оперения | 32.0 град. |
| Стреловидность вертикального оперения | 40.0 град. |

Значение оптимального коэффициента подъемной силы в расчетной точке
крейсерского режима полета C_y 0.43615

Значение коэффициента Сх.инд. 0.00904

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА $D_m = M_{крит} - M_{крейс}$

| | | |
|------------------------------|-------------|---------|
| Число Маха крейсерское | $M_{крейс}$ | 0.78701 |
| Число Маха волнового кризиса | $M_{крит}$ | 0.79702 |
| Вычисленное значение | D_m | 0.01001 |

Значения удельных нагрузок на крыло в кПА(по полной площади):

| | |
|---------------------------------|-------|
| при взлете | 5.618 |
| в середине крейсерского участка | 5.024 |
| в начале крейсерского участка | 5.428 |

Значение коэффициента сопротивления фюзеляжа и гондол 0.01501

Значение коэфф. профиль. сопротивления крыла и оперения 0.00906

Значение коэффициента сопротивления самолета:

| | |
|--------------------------------|---------|
| в начале крейсерского режима | 0.03476 |
| в середине крейсерского режима | 0.03403 |

| | |
|---|-------------|
| Среднее значение C_u при условном полете по потолкам | 0.43615 |
| Среднее крейсерское качество самолета | 12.81610 |
| Значение коэффициента $C_{u.пос.}$ | 1.623 |
| Значение коэффициента (при скорости сваливания) $C_{u.пос.макс.}$ | 2.435 |
| Значение коэффициента (при скорости сваливания) $C_{u.взл.макс.}$ | 2.008 |
| Значение коэффициента $C_{u.отр.}$ | 1.466 |
| Тяговооруженность в начале крейсерского режима | 0.738 |
| Стартовая тяговооруженность по условиям крейс. режима $R_{o.кр.}$ | 2.814 |
| Стартовая тяговооруж. по условиям безопасного взлета $R_{o.взл.}$ | 3.123 |
| Расчетная тяговооруженность самолета | R_o 3.247 |
| Отношение $Dr = R_{o.кр.} / R_{o.взл.}$ | Dr 0.901 |

УДЕЛЬНЫЕ РАСХОДЫ ТОПЛИВА (в кг/кН*ч):

| | |
|---|---------|
| взлетный | 34.8865 |
| крейсерский (характеристика двигателя) | 58.6996 |
| средний крейсерский при заданной дальности полета | 60.8230 |

ОТНОСИТЕЛЬНЫЕ МАССЫ ТОПЛИВА:

| | |
|---------------------------|---------|
| аэронавигационный запас | 0.04271 |
| расходуемая масса топлива | 0.17461 |

ЗНАЧЕНИЯ ОТНОСИТЕЛЬНЫХ МАСС ОСНОВНЫХ ГРУПП:

| | |
|--------------------------|---------|
| крыла | 0.11959 |
| горизонтального оперения | 0.01082 |
| вертикального оперения | 0.01256 |
| шасси | 0.04127 |

| | |
|---------------------------|---------|
| силовой установки | 0.09966 |
| фюзеляжа | 0.11637 |
| оборудования и управления | 0.13812 |
| дополнительного оснащения | 0.00777 |
| служебной нагрузки | 0.01746 |
| топлива при Lрасч. | 0.21732 |
| коммерческой нагрузки | 0.21913 |

Взлетная масса самолета "М.о" = 40619. кг.

Потребная взлетная тяга одного двигателя 65.95 кН

| | |
|--|--------|
| Относительная масса высотного оборудования и противообледенительной системы самолета | 0.0233 |
| Относительная масса пассажирского оборудования (или оборудования кабин грузового самолета) | 0.0173 |
| Относительная масса декоративной обшивки и ТЗИ | 0.0099 |
| Относительная масса бытового (или грузового) оборудования | 0.0067 |
| Относительная масса управления | 0.0079 |
| Относительная масса гидросистем | 0.0205 |
| Относительная масса электрооборудования | 0.0338 |
| Относительная масса локационного оборудования | 0.0035 |
| Относительная масса навигационного оборудования | 0.0052 |
| Относительная масса радиосвязного оборудования | 0.0026 |
| Относительная масса приборного оборудования | 0.0061 |
| Относительная масса топливной системы (входит в массу "СУ") | 0.0063 |
| Дополнительное оснащение: | |
| Относительная масса контейнерного оборудования | 0.0000 |
| Относительная масса нетипичного оборудования | 0.0078 |
| [встроенные системы диагностики и контроля параметров, дополнительное оснащение салонов и др.] | |

ХАРАКТЕРИСТИКИ ВЗЛЕТНОЙ ДИСТАНЦИИ

| | |
|------------------------------------|-------------|
| Скорость отрыва самолета | 281.75 км/ч |
| Ускорение при разбеге | 2.56 м/с*с |
| Длина разбега самолета | 1192. м. |
| Дистанция набора безопасной высоты | 578. м. |
| Взлетная дистанция | 1771. м. |

ХАРАКТЕРИСТИКИ ВЗЛЕТНОЙ ДИСТАНЦИИ ПРОДОЛЖЕННОГО ВЗЛЕТА

| | |
|--|-------------|
| Скорость принятия решения | 267.66 км/ч |
| Среднее ускорение при продолженном взлете на мокрой ВПП | 0.36 м/с*с |
| Длина разбега при продолженном взлете на мокрой ВПП | 1890.74 м. |
| Взлетная дистанция продолженного взлета | 2469.12 м. |
| Потребная длина летной полосы по условиям прерванного взлета | 2556.48 м. |

ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОСАДОЧНОЙ ДИСТАНЦИИ

| | |
|---|--------------|
| Максимальная посадочная масса самолета | 35419. кг. |
| Время снижения с высоты эшелона до высоты полета по кругу | 19.9 мин. |
| Дистанция снижения | 47.00 км. |
| Скорость захода на посадку | 268.90 км/ч. |
| Средняя вертикальная скорость снижения | 2.14 м/с |
| Дистанция воздушного участка | 524. м. |
| Посадочная скорость | 253.90 км/ч. |
| Длина пробега | 842. м. |
| Посадочная дистанция | 1366. м. |
| Потребная длина летной полосы (ВПП + КПБ) для основного аэродрома | 2281. м. |
| Потребная длина летной полосы для запасного аэродрома | 1940. м. |

ПОКАЗАТЕЛИ ЭФФЕКТИВНОСТИ САМОЛЕТА

| | |
|--|---------------------|
| Отношение массы снаряженного самолета к массе коммерческой нагрузки | 2.5366 |
| Масса пустого снаряженного с-та приход. на 1 пассажира | 262.54 кг/пас. |
| Относительная производительность по полной нагрузке | 370.99 км/ч |
| Производительность с-та при макс. коммерч. Нагрузке | 6934.3 кг*км/ч |
| Средний часовой расход топлива | 1973.325 кг/ч |
| Средний километровой расход топлива | 2.53 кг/км |
| Средний расход топлива на тоннокилометр | 284.573 г/(т*км) |
| Средний расход топлива на пассажирокилометр | 25.9882 г/(пас.*км) |
| Ориентировочная оценка приведен. затрат на тоннокилометр | 0.3398 \$/(т*км) |