

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)

магістр

(освітній ступінь)

на тему:

**Дослідження системи технічного обслуговування**  
**пасажирських літаків фірми Airbus**

ХАІ.103.160ОПСн.24В.23-1/2022 ПЗ

Виконав: студент 2 курсу групи № 160ОПСн

Галузь знань 27 «Транспорт»

(код та найменування)

Спеціальність 272 «Авіаційний транспорт»

(код та найменування)

Освітня програма «Технічне  
обслуговування та ремонт. повітряних  
суден і авіадвигунів»

(найменування)

Костанді В.М.

(прізвище та ініціали студента)

Керівник:

Овчаренко С.І.

(прізвище та ініціали)

Рецензент:

Іванов С.М.

(прізвище та ініціали)

Харків – 2024

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

Факультет \_\_\_\_\_ Літакобудування \_\_\_\_\_  
 (повне найменування)  
 Кафедра \_\_\_\_\_ 103 «Проектування літаків і вертольотів» \_\_\_\_\_  
 (повне найменування)  
 Рівень вищої освіти \_\_\_\_\_ другий (магістерський) \_\_\_\_\_  
 Галузь знань \_\_\_\_\_ 27 «Транспорт» \_\_\_\_\_  
 Спеціальність \_\_\_\_\_ 272 «Авіаційний транспорт» \_\_\_\_\_  
 (код та найменування)  
 Освітня програма \_\_\_\_\_ «Технічне обслуговування та ремонт повітряних суден і  
авіадвигунів» \_\_\_\_\_  
 (найменування)

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

**Завідувач кафедри**

к.т.н., доцент

\_\_\_\_\_ Сергій Трубаєв

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

**З А В Д А Н Н Я**  
**НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

**Костанді Володимир Миколайовичу**

(прізвище, ім'я та по батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи

**Дослідження системи технічного обслуговування**

**пасажирських літаків фірми Airbus**

керівник кваліфікаційної роботи \_\_\_\_\_ Овчаренко С.І., к.т.н., доцент каф.103

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом Університету № 555-уч від « 22 » 04\_2024 року

2. Термін подання студентом кваліфікаційної роботи 01.06.2022 р.

Вихідні дані до проекту:  $n_{\text{пас}} = 280$  чол;  $V_{\text{кр}} = 900$  км/год  $H_{\text{max}} = 10000$  км

$L_{\text{раз}} = 2700$  м;

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

**1 Конструкторський розділ**

1.1 Автоматизоване формування вигляду літака

1.2 Розробка концепції створення проектного літака і науково-технічної програми досягнення його характеристик

- 1.3 Призначення, тактико-технічні вимоги до літака, умови його виробництва і експлуатації, обмеження, що накладаються авіаційними правилами при проектуванні літака
- 1.4 Збір, обробка і аналіз статистичних даних. Вибір основних відносних початкових параметрів літака
- 1.5 Вибір і обґрунтування схеми літака, типу його силової установки
- 1.6 Визначення злітної маси літака
- 1.7 Визначення основних параметрів літака
- 1.8 Визначення вихідних параметрів літака
- 1.9 Компонування літака
- 1.10 Центрування літака
- 1.11 Розробка майстер-геометрії дальньомагістрального літака.
- Висновок

## **2 Експлуатаційний розділ**

- 2.1 Введення
- 2.2 Парк зарубіжних літаків в авіапідприємствах України та проблеми його ТОiP
- 2.3 Експлуатація парку зарубіжних літаків
- 2.4 Види і форми технічного обслуговування літаків
- 2.5 Складові частини системи ТОiP і умови її функціонування
- 2.6 Аналіз системи технічного обслуговування літаків фірми Airbus
- 2.7 Технічна допомога фірм-розробників літаків в успішному функціонуванні системи ТОiP
- 2.8 Формування програм технічного обслуговування функціональних систем літака
- 2.9 Проблеми експлуатації ПС іноземного виробництва
- 2.10. Основні вимоги, що пред'являються до сучасних літаків ГА
- Висновок

## **3 Забезпечення безпеки польотів**

- 3.1 Аналіз загального стану аварійності в Україні за період з 2008 до 2017 року
- 3.2 Загальні коефіцієнти аварійності для катастроф (Ск), аварії (Са) та серйозні інциденти
- 3.3 Фактори, що впливають на безпеку у системі
- Висновок

## **4 Економічний розділ**

- 4.1 Маркетингове дослідження розвитку авіакосмічної промисловості світу: регіональні особливості розвитку, перспективи розвитку світової авіації на прикладі компанії Airbus
- 4.2 Сучасна структура авіакосмічної промисловості
- 4.3 Регіональні особливості розміщення авіакосмічної промисловості
- 4.4 Вплив науково-технічного та інноваційного фактору на розвиток авіакосмічної промисловості
- 4.5 Перспективи розвитку авіакосмічної промисловості
- Висновок

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

- загальний вигляд літака;
- компонування літака;
- конструктивно-силова схема літака.

**Консультанти розділів проекту**

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання надав	завдання отримав
1	Овчаренко С.І. к.т.н., доцент каф.103		
2	Овчаренко С.І. к.т.н., доцент каф.103		
3	Овчаренко С.І. к.т.н., доцент каф.103		
4	Овчаренко С.І. к.т.н., доцент каф.103		

Нормоконтроль \_\_\_\_\_ « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_ р.  
 (підпис) (ініціали та прізвище)

Дата надання завдання « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_ р.

**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту	Термін виконання етапів проекту	Примітки
1	Конструкторський розділ		
2	Експлуатаційний розділ		
3	Забезпечення безпеки польотів		
4	Економічний розділ		

**Студент**

\_\_\_\_\_

(підпис)

\_\_\_\_\_

(прізвище та ініціали)

**Керівник проекту**

\_\_\_\_\_

(підпис)

\_\_\_\_\_

(прізвище та ініціали)

## Реферат

Пояснювальна записка до кваліфікаційної роботи магістра на тему «Дослідження системи технічного обслуговування пасажирських літаків фірми Airbus».

Пояснювальна записка до дипломного проекту магістра містить: 96 с., 39 рис., 23 табл., 3 додатки, 14 джерел.

Об'єкт дослідження – пасажирський літак фірми Airbus

Методи дослідження – статистичний, аналітичний, графічний, методи проектування на ЕОМ.

У дипломному проекті представлені результати: статистичне проектування вигляду літака; інтегроване проектування майстер-геометрії, конструктивно-силове компонування літака; визначення аеродинамічних і льотно-технічних характеристик літака; розглянуті чинники, які впливають на безпеку польотів літака; розрахунок показників економічної ефективності і конкурентоспроможності літака.

Робота була виконана на ЕОМ із застосуванням різних програмних продуктів: Siemens NX 7.5, Компас 3D, Microsoft Word. Усі розрахунки проведені в програмному середовищі Microsoft Excel.

Прогнозні пропозиції про розвиток об'єкта проектування – застосування найбільш ефективних методів проектування, впровадження нових методів інтегрованого проектування на всіх стадіях створення літака, впровадження нових матеріалів, конструктивних рішень.

**Ключові слова:** літак, технічне обслуговування, силова установка, паливна система, економічність, аеродинаміка, безпека польотів, собівартість, прибуток, рентабельність.

Умови отримання дипломного проекту: дипломний проект знаходиться в науково-технічній бібліотеці університету і може бути виданий тільки з відповідного дозволу завідувача кафедри за письмовою заявою.

## Зміст

<b>Конструкторський розділ</b> .....	8
1.1 Автоматизоване формування вигляду літака.....	8
1.2 Розробка концепції створення проектованого літака і науково-технічної програми досягнення його характеристик.....	8
1.3 Призначення, тактико-технічні вимоги до літака, умови його виробництва і експлуатації, обмеження, що накладаються авіаційними правилами .....	9
1.4 Збір, обробка і аналіз статистичних даних. Вибір основних відносних початкових параметрів літака.....	11
1.5 Вибір і обґрунтування схеми літака, типу його силової установки.....	23
1.6 Визначення злітної маси літака.....	29
1.7 Визначення основних параметрів літака.....	33
1.8 Визначення вихідних параметрів літака.....	35
1.9 Компонування літака.....	41
1.9.1 Об'ємно-вагова компоновка літака.....	42
1.9.2 Конструктивно-силова компоновка літака.....	44
1.9.3 Уточнення аеродинамічної схеми літака.....	45
1.10 Центрування літака.....	46
1.11 Розробка майстер-геометрії дальньомагістрального літака.....	49
Висновок.....	52
<b>Експлуатаційний розділ</b> .....	53
Вступ.....	53
2.1 Парк зарубіжних літаків в авіапідприємствах України .....	54
2.2 Експлуатація парку зарубіжних літаків.....	55
2.3 Види і форми технічного обслуговування літаків.....	57
2.4 Складові частини системи ТОіР і умови її функціонування.....	58
2.5 Аналіз системи технічного обслуговування літаків фірми Airbus.....	60
2.6 Технічна допомога фірм-розробників літаків в успішному функціонуванні системи ТОіР.....	64
2.7 Формування програм технічного обслуговування функціональних систем літакаб.....	65
2.8 Проблеми експлуатації ПС іноземного виробництва.....	68
2.9 Основні вимоги, що пред'являються до сучасних літаків ЦА.....	70
Висновок.....	76
<b>3. Забезпечення безпеки польотів</b> .....	77
3.1 Аналіз загального стану аварійності в Україні за період з 2008 до 2017 рок.....	77
3.2 Загальні коефіцієнти аварійності для катастроф, аварії та серйозні інциденти.....	79

3.3 Фактори, що впливають на безпеку у системі.....	80
Висновок.....	81
<b>Економічний розділ.....</b>	<b>83</b>
4.1 Маркетингове дослідження розвитку авіакосмічної промисловості світу: регіональні особливості розвитку , перспективи розвитку світової авіації на прикладі компанії Airbus.....	83
4.2 Сучасна структура авіакосмічної промисловості.....	85
4.3 Регіональні особливості розміщення авіакосмічної промисловості.....	86
4.4 Вплив науково-технічного та інноваційного фактору на розвиток авіакосмічної промисловості.....	88
4.5 Перспективи розвитку авіакосмічної промисловості.....	89
Висновок.....	95
Бібліографічний список.....	96
Додатки .....	97

# 1. Конструкторський розділ

## *Вступ*

Літаки відносяться до класу літальних апаратів, що використовують аеродинамічний принцип польоту. Вони витрачають енергію запасеного палива для створення рушійної, підйомної та керуючих сил за допомогою повітряного середовища. В даний час це найпоширеніший тип літальних апаратів з величезним потенціалом подальшого розвитку, так як освоєна область швидкостей і висот польоту, в якій можлива реалізація аеродинамічного принципу польоту, дуже мала, а потреби суспільства в таких літальних апаратах постійно зростають.

Як об'єкт проектування сучасний літак являє собою складну технічну систему з розвиненою ієрархічною структурою, великим числом елементів і внутрішніх зв'язків, зростаючих приблизно пропорційно квадрату числа елементів. Так, планер сучасного широкофюзеляжного літака складається більш ніж з мільйона деталей.

У даній роботі розглядається концептуальне проектування магістрального пасажирського літака.

### 1.1 Автоматизоване формування образу літака

Проектування нового літака починається з розробки концепції, яка визначає, якими шляхами і засобами, якими параметрами будуть забезпечені висока ефективність і конкурентоспроможність проектованого літака, його перевага в порівнянні з літаками, що знаходяться в експлуатації або в процесі розробки.

### 1.2 Розробка концепції створення проектованого літака і науково-технічної програми досягнення його характеристик

Особливістю проектованого літака є підвищені вимоги до його надійності і безпеки експлуатації, у зв'язку з чим, при проведенні дослідно-конструкторських робіт, передбачається здійснити:

- проектування і виготовлення дослідних зразків;
- відробіток аеродинаміки в аеродинамічних трубах;
- відробіток міцності матеріалів і конструкцій шляхом проведення статичних і втомних випробувань;
- відробіток газодинаміки, міцності і ресурсу двигунів в стендових і в льотних випробуваннях;
- відробіток відмовобезпеки систем управління і бортових систем електронного устаткування на обчислювальних і стендомодельовальних комплексах;
- випробування систем управління, бортових систем і агрегатів на надійність при зовнішніх діях на комплексних стендах;
- проведення льотних доводочних і сертифікаційних випробувань.

Створення конкурентоздатної авіаційної техніки в даний час вже немислимо без застосування ЕОМ. Новим етапом на шляху автоматизації праці авіаконструктора стало застосування систем CAD/CAM/CAE - інтегрованих комп'ютерних систем, що істотно скорочують трудомісткість, час і вартість, як проектування, так і виготовлення літаків.



Метою даного проекту є ескізне проектування перспективного, економічного літака для місцевих авіаліній. Проектування літака здійснюється з широким застосуванням комп'ютерних засобів. Розрахунки мас проводяться за допомогою програмного забезпечення кафедри 103, розрахунок аеродинамічних характеристик здійснюється по програмах кафедри 101, розробка майстер геометрії і моделі розподілу простору проводиться за допомогою інтегрованої комп'ютерної системи UNIGRAPHICS учбового центру CAD/CAM/CAE.

### 1.3 Призначення, тактико-технічні вимоги до літака, умови його виробництва і експлуатації, обмеження, що накладаються авіаційними правилами

Таблиця - 1.1 Функціональні вимоги

№	Призначення літака	Пасажирський дозвуковий літак надвеликої дальності
1	Основні завдання, що виконуються базовим літаком	Перевезення 280 пасажирів на 10000 км
2	Варіанти використання і різні модифікації літака	Можлива модифікація транспортного літака
3	Склад цільової комерційного навантаження	280 пасажирів
4	Склад екіпажу	2 пілота
5	Ступінь автоматизації основних етапів польоту	Максимальна автоматизація, включаючи зліт і посадку
6	Клас аеродрому	A - 3200 x 60 м
7	Тип ЗПС	бетонна ЗПС
8	Засоби механізації вантажно-розвантажувальних робіт	Електровізки для підвезення багажу, електротрапи
9	Час підготовки до повторного вильоту	Максимально допустимий: 1 година 15 хвилин

#### Загальні технічні вимоги

Перелік основних вимог:

1. Висока крейсерська швидкість
2. Хороші злітно-посадочні характеристики
3. Безпека перевезення пасажирів та здійснення ремонтних робіт
4. Висока паливна ефективність
5. Зручність обслуговування і ремонту
6. Комфортність пасажирського салону
7. Найменший час підготовки до подальшого вильоту
8. Найменший шкоди навколишньому середовищу.

Розглядаючи послідовно кожну пару вимог, даємо їм порівняльну оцінку за 3-х бальною шкалою. Наприклад, вимогу більш кращого дається 2 бали, а менш кращого - 0 балів. Рівноцінні вимоги отримують по 1 балу – 1 : 1. Можна при явній перевазі однієї з вимог давати оцінку 2 : 0, а при менш вираженій – 1 : 0. Результати парних порівнянь заносяться в спеціальну таблицю, в останньому стовпці якої підсумовуванням балів кожної вимоги визначають його рейтинг, який і визначає його місце в загальному списку:

Таблиця - 1.2

*Порівняльна характеристика технічних вимог*

№	1	2	3	4	5	6	7	8	Рейтинг	Місце
1	x	0	0	0	0	1	0	0	1	6
2	1	x	0	1	1	1	0	0	4	5
3	2	2	x	1	2	2	1	1	11	1
4	2	1	1	x	1	2	1	1	9	2
5	1	1	0	0	x	1	1	0	4	4
6	2	1	0	0	1	x	1	0	5	4
7	1	1	0	1	1	1	x	0	5	4
8	2	2	1	1	0	0	0	x	6	3

Запишемо основні вимоги до проектного літака в порядку убавання їх важливості, спираючись на таблицю:

1. Безпека перевезення пасажирів та здійснення ремонтних робіт;
2. Висока паливна ефективність;
3. Найменший шкоди навколишньому середовищу;
4. А) Комфортність пасажирського салону;  
Б) Найменший час підготовки до подальшого вильоту;
5. А) Зручність обслуговування і ремонту;  
Б) Хороші злітно-посадочні характеристики;
6. Висока крейсерська швидкість

*Льотно-технічні вимоги*

Таблиця - 1.3 Перелік основних льотно-технічних вимог

Крейсерська швидкість	Не менш 900 км / год
Висота польоту	від 11000 м до 13000 м
Швидкість заходу на посадку	Не більше 260 км / год
Дальність польоту	Не менш 10000км
Довжина ЗПС	Не більше 3000 м

Таблиця - 1.4 Перелік основних виробничо-технологічних вимог

1	Розмір серії	1000 літаків
2	Основні конструкційні матеріали	Композитні матеріали, авіаційні сталі, титанові і алюмінієві сплави
3	Технологічні вимоги	Всі відповідальні вироби виготовляти за допомогою обробних центрів із числовим програмним управлінням (ЧПУ), з використанням модулів, що описують програму роботи верстата. Це необхідно для збільшення точності і якості виготовлення,
4	Ступінь стандартизації та уніфікації	Як можна більшу частину кріпильних та інших виробів зробити стандартизованими, мінімальна ступінь уніфікації між літаками одного сімейства 95% по планеру, крила, силовій установці, кабіні пілота і основних систем.
5	Використання сучасних інформаційних технологій	Для підвищення швидкості розробки виробу, забезпечення своєчасного виробництва і надійної експлуатації літака рекомендується використання інформаційних технологій на будь-яких етапах життєвого циклу літака

*Експлуатаційні вимоги*

- 1) При введенні літака в експлуатацію, необхідно пам'ятати, що основною вимогою до пасажирських літаків є безпека польотів, отже літак повинен бути забезпечений достатньою кількістю аварійних входів і виходів, а так само надувними плотами-трапами.

2) Для підвищення живучості літака його конструкція і системи управління повинні передбачати дублювання і самоконтроль. Механічне резервування повинне бути замінене на систему дистанційного керування.

3) Необхідно забезпечити можливість зльоту літака при одному, що відмовив двигун.

4) Можливість здійснення управління літаком при виникненні позаштатної ситуації одним пілотом.

5) Додатковий вигреш в паливній ефективності, а також висока безпека польоту можуть бути досягнуті за рахунок оптимального пілотування літаків в автоматичному режимі і захищеності системи управління польотом від випадкових помилок.

6) Використання повністю електродистанційною системи управління польотом, прибиранням / випуском шасі і гальмівної системи.

7) Особливу увагу слід приділити ремонтпридатності двигуна, наприклад, можливості заміни лопаток без знімання двигуна з крила. Використовувати двигуни модульної конструкції, що знизить кількість компонентів, як мінімум на 20%, що знизить вартість і спростить процедури ТО.

8) Необхідно здійснення вимоги по легкознімний і взаємозамінності основних агрегатів на літаку.

9) Забезпечити ресурс не нижче 65000 льотних годин.

#### *Техніко-економічні вимоги*

Необхідно забезпечити більш низьку собівартість перевезень, ніж на аналогічних літаках. Максимально допустима вартість одного літака не повинна перевищувати \$ 100.000.000

### **1.4 Збір, обробка і аналіз статистичних даних. Вибір основних відносних початкових параметрів літака**

Важливим етапом розробки концепції нового літака є аналіз літаків-прототипів. Статистичний матеріал подається у вигляді таблиць, зміст і структура яких визначаються цілями і завданнями, які розв'язуються на ранніх стадіях проектування. В статистичні таблиці включаємо відомості про основні характеристики і параметри пасажирських літаків, які мають подібні параметри проєктованого за призначенням і основними характеристиками (дальність польоту і кількість пасажирів).

При відборі літаків-прототипів для включення в статистику з метою отримання об'єктивних відомостей, найбільш точно відображають тенденції розвитку авіації в даний час, в статистичну таблицю включаємо тільки літаки останнього покоління. Літаки більш ранніх поколінь можуть спотворити картину їх розвитку та істотно вплинути на точність прогнозування параметрів, які обирають в процесі проектування.

Відбираючи літаки для статистики, врахуємо, що льотні характеристики і відносні параметри, з якими потім доведеться працювати, не дуже сильно залежать від абсолютних розмірів і мас літаків. Це дозволяє нам включати в статистику прототипи, які за масою цільової навантаження і дальності польоту можуть істотно (до 30-40%) відрізнятись від показників проєктованого літака. Це розширює можливості для збору статистичного матеріалу.

Нижче наведено короткий огляд шести літаків-прототипів, чії дані були занесені в статистичні таблиці.

#### **Іллюшин Іл-96**

Рік першого польоту літака - 1988 (Рисунок 1.1).

Літак Іл-96 розроблений конструкторським бюро Іллюшина в 1980-х роках для експлуатації на авіалініях великої протяжності. Базова модель літака - Іл-96-300,

розроблена на базі Іл-86 і відрізняється від останнього укороченим фюзеляжем, збільшеним кілем, крилом, новими двигунами і авіонікою.

Серійне виробництво Іл-96-300 почалося в 1992 році, а його комерційна експлуатація в 1993-му. Всього побудовано 22 літака, один з яких в спеціальному варіанті для перевезення Президента РФ (Іл-96-300ПУ).

У 2000 році розроблена модель Іл-96-400 з подовженим фюзеляжем, підвищеної пасажиромісткістю і дальністю польоту. Однак, пасажирська версія не отримала замовлень від авіакомпаній і в даний час модель виробляється тільки у вантажному варіанті Іл-96-400Т. [2.1]

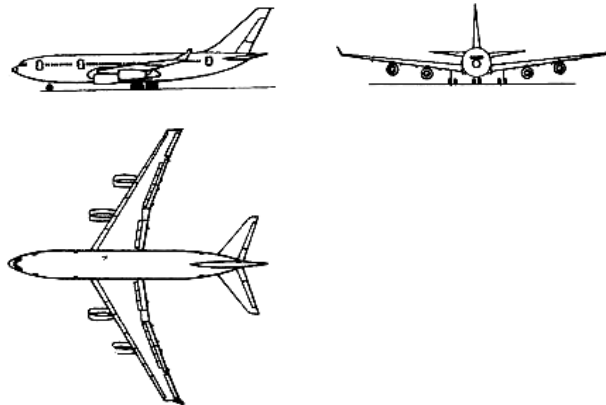


Рисунок 1.1 - Схема літака Іл-96

#### **Airbus A340-300**

Airbus A340-300 (Ербас А340-300) (Рисунок 1.2) є базовою моделлю сімейства далекомагістральних лайнерів Airbus A340 розробки однойменного європейського авіабудівного концерну. Літак призначений для експлуатації на міжконтинентальних повітряних трасах. Паралельно з Airbus A340-300 також була розроблена укорочена версія А340-200 з ще більшою дальністю польоту.

А340-300 в трьохкласовій комплектації бере на борт 295 пасажирів. Дальність польоту становить 12400 кілометрів. А340-300 був першим літаком всього сімейства А340. Перший політ відбувся в 1991 році, в експлуатацію А340-300 надійшов в 1993 році. На літаку встановлені 4 двигуни CFM56-5С, ідентичні тим, що встановлені на А340-200.

На повітряні лінії Airbus А340-300 вийшов в 1993 р В даний час виробництво літака триває, побудовано більше 200 екземплярів. Подальшим розвитком конструкції стали моделі А340-500 і А340-600, Що надійшли в експлуатацію в 2003 р. [2.2]

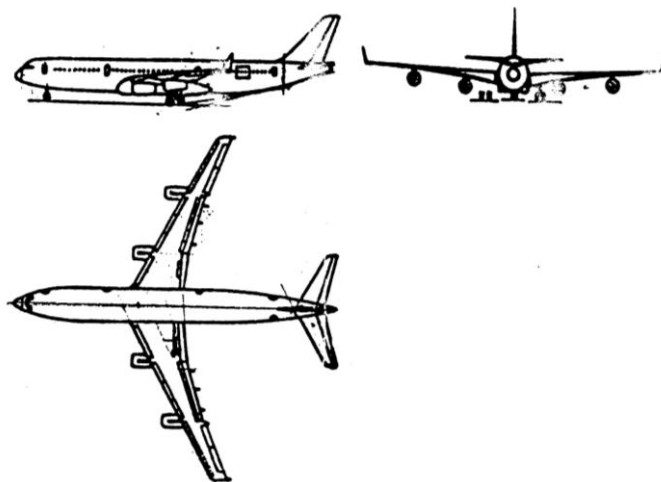


Рисунок 1.2 - Схема літака Airbus А340-300

### Airbus A350-1000

Airbus A350 (Рисунок 1.3) – далекомагістральний широкофюзеляжний авіалайнер, в даний час розробляється концерном Airbus в якості заміни A330 і A340. A350-1000 був введений в експлуатацію в 2016 році. Ця найбільша модель з сімейства A350 зможе перевозити 350 пасажирів при 3-х класах комфортності. Максимальна дальність польоту - 14 800 км. A350-1000 має трохи більше крило, площа якого була збільшена приблизно на 4% в порівнянні з -800/900 модифікаціями.

Літак складе конкуренцію Boeing 777 і Boeing 787. Перший політ був здійснений у 2016 році.

У конструкції A350 будуть широко використані новітні матеріали. 52% від маси літака (300 000 кг) становитимуть композиційні матеріали, 20% - алюміній, 14% - титан, 7% - сталь, 7% - інші. Для порівняння, його конкурент Boeing 787 складається на 50% з композитів, на 20% з алюмінію, на 15% з титану, на 10% зі сталі і на 5% з інших матеріалів. У Airbus очікує, що літак в обслуговуванні матиме на 10% меншу вартість і на 14% меншу масу в розрахунку на одного пасажиря, ніж у конкурента. [2.1]

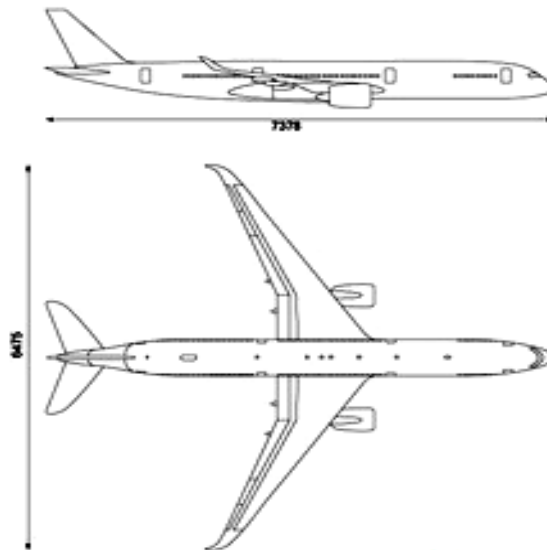


Рисунок 1.3 - Схема літака Airbus A350-1000

### Boeing 767-400ER

Боїнг 767 (англ. Boeing 767) (Рисунок 1.4) -широкофюзеляжний авіалайнер, призначений для здійснення польотів середньої і великої протяжності.

Модифікація 767-400ER стала результатом подвійного подовження фюзеляжу базової моделі. Модифікація на 6,43 м довший модифікації 767-300 і має довжину 61,4 м. Розмах крила збільшений на 4,36 м за рахунок більш довгих і скошених закінцівок. Крім цього, було введено в дію нове пілотажне обладнання, переглянута конструкція шасі і встановлений інтер'єр салону Signature Interior, що вперше з'явився на Boeing 777. На літаку встановлюються двигуни Pratt & Whitney PW4000 або General Electric CF6 підвищеної потужності.

Федеральне авіаційне агентство США (FAA) сертифікувало 767-400ER за правилами ETOPS180 ще до початку експлуатації. Така сертифікація дозволяє експлуатувати літак на авіатрасах, що знаходяться не більше ніж в 180 хвилинах польоту від запасних аеродромів. Запас палива не було збільшено, тому дальність польоту модифікації 767-400ER менше, ніж у -300, і становить 10 418 км. Найближчим конкурентом модифікації є Airbus A330-300. [2.3]

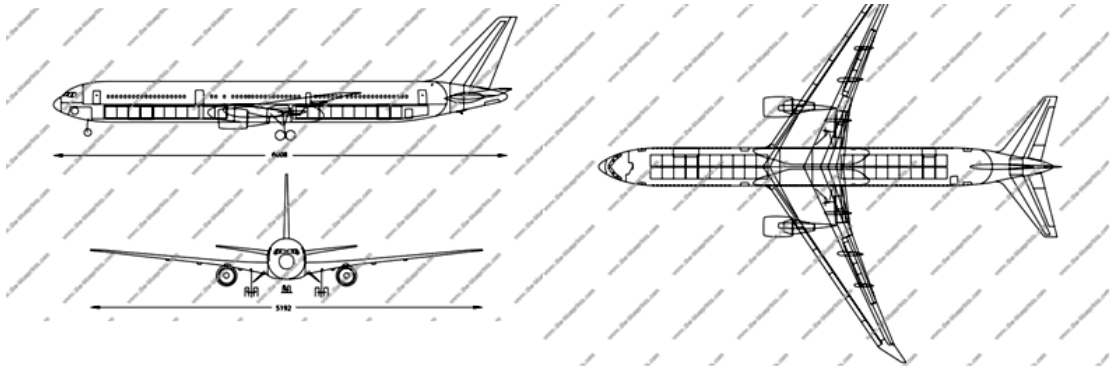


Рисунок 1.4 - Схема літака Boeing 767-400ER

### Ту-204-300

Ту-204 - російський середньомагістральний пасажирський літак.

Ту-204-300 (Рисунок 1.5) - варіант з укороченим на 6 метрів у порівнянні з базовою версією фюзеляжу і значно збільшеною дальністю. Вміщує до 162 пасажирів. Розроблено в трьох варіантах з дальністю польоту 3400, 7500 і 9250 км. Максимальна злітна маса літака становить 107,5 т. Ту-204-300 оснащений вітчизняним комплексом авіоніки КСПНО-204 і двигунами ПС-90А (2 × 16140 кгс). Літак відповідає всім сучасним і перспективним вимогам ІКАО і Євроконтролю, має комфортабельні умови для пасажирів, включаючи систему аудіо- та відео-розваг в польоті.

Перший політ Ту-204-300 здійснив 18 серпня 2003, тоді ж був продемонстрований на авіакосмічному салоні МАКС-2003. Сертифікат типу і льотної придатності видано літаку 14 травня 2005. Першим замовником Ту-204-300 стала авіакомпанія Владивосток Авіа. Проводиться серійно на заводі «Авіастар-СП» в Ульяновську. [2.1]

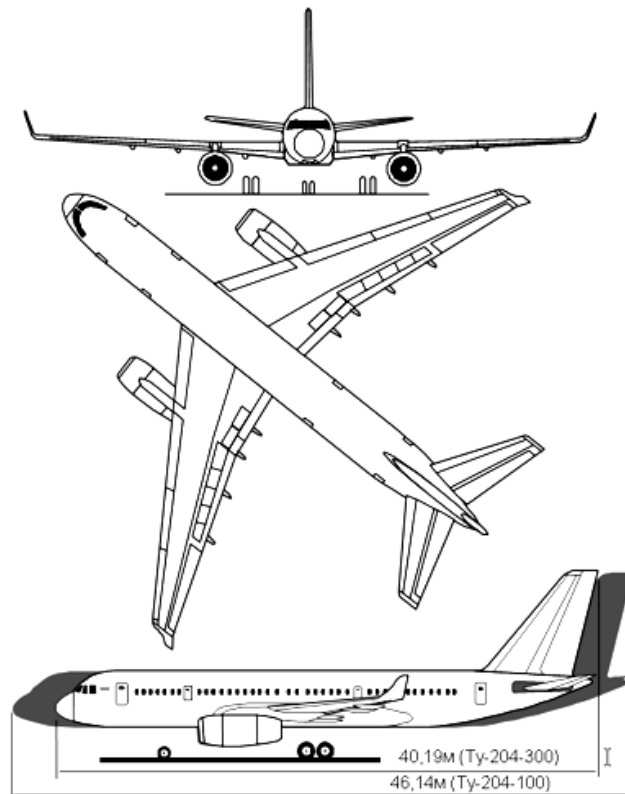


Рисунок 1.5 - Схема літака Ту-204-300

### Boeing 787-8

Boeing 787 Dreamliner (Рисунок 1.6) - широкофюзеляжний двомоторний реактивний пасажирський літак, розроблений американської компанією Боїнг спільно з рядом зарубіжних компаній, в тому числі і з російськими. Максимальна кількість пасажирів (в однокласовій конфігурації): від 250 до 330, в залежності від варіанту (по місткості і дальності польоту 787 порівнюємо з Боїнгом 767). Boeing стверджує, що Dreamliner буде більш економічним, ніж попередні розробки. Boeing 787 став першим пасажирським літаком такого розміру, фюзеляж якого повністю виготовлений з композиційних матеріалів.

Низькоплан нормальної аеродинамічної схеми, з стрілоподібним крилом і однокільовим оперенням. Два турбореактивні двигуни.

50% елементів фюзеляжу виготовлені з композитних матеріалів на основі вуглецю (в моделі 777 це лише 9%). В результаті 787-й став легше і міцніше, ніж звичайний лайнер з алюмінієвим фюзеляжем.

Малощумний, але надекономичний двигун GE9x компанії General Electric - один з двох, які передбачається ставити на 787-й (другий - Trent 1000 компанії Rolls-Royce). У двигуні GE9x і корпус, і лопатки турбіни цілком виготовлені з композитних матеріалів, як і форсунки, що уприскують паливно-повітряну суміш в камеру згоряння двигуна. В результаті двигун виходить на режим робочої тяги при більш низьких температурах, що, відповідно, загрожує меншими обсягами вуглеводневих викидів.

Стрілоподібні крила 787-й моделі зі змінним вигином закінцівок на 2% збільшують підйомну силу, в порівнянні з 767-й моделлю. Ці крила довші, ніж у інших літаків подібного класу, що надає їм додаткову еластичність. Механізми закритків, протиобморожувальне електрообладнання та інші системи змонтовані єдиним блоком, що полегшує їх обслуговування і знижує ймовірність відмов.

Багажне відділення, завдяки плоскому днищу фюзеляжу, дозволяє розмістити на 45% більше багажу, ніж вмещувалося в моделі Boeing 767.

Boeing 787-8 - базовий варіант, розрахований як заміна літаку Боїнг 767-300ER. Вміщує до 250 пасажирів (в залежності від конфігурації), дальність - 15 700 км. Вартість - 157-167 млн \$. [2.3]

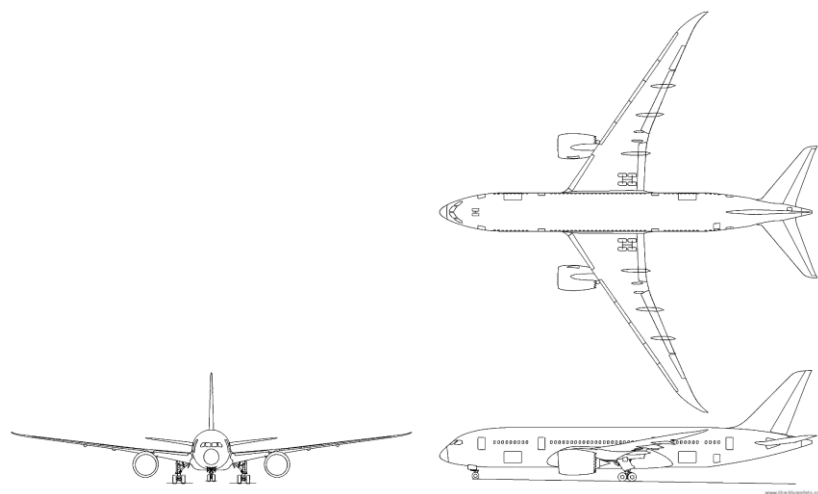


Рисунок 1.6 - Схема літака Boeing 787-8

Статистичні дані літаків-прототипів занесені до таблиці 5

Таблиця 1.5

## Статистичні дані літаків-прототипів

№	Літаки	1	2	3	4	5	6
1	Найменування літака	<b>ІЛ-96-300</b>	<b>A340-300</b>	<b>A350-1000</b>	<b>Boeing 767-400ER</b>	<b>Ту-204-300</b>	<b>Boeing 787-8</b>
	Фірма	КБ Ільюшина	Airbus Industry	Airbus Industry	Боїнг	КБ Туполева	Боїнг
	Країна	СРСР	Франція	Франція	США	Росія	США
	Рік випуску	1992	1991	2015	2000	2003	2010
2	Екіпаж	3	3	2	3	2	2
<b>Характеристики силової установки</b>							
3	Тип двигунів	ПС-90А	CFMI CFM56-5C4	Trent XWB	GE CF6-80C2B	ПС-90А	RR Trent 1000
	Кількість (n)	4	4	2	2	2	2
	Тяга (потужність), n * P <sub>0</sub> , Н	156800	160720	422674	281260	156800	315560
4	Питома витрата палива C <sub>po</sub> , кг / даНч	0,32	0,28	0,27	0,28	0,38	0,27
5	Ступінь двухконтурності m	4,5	5,6	8,2	6,7	4,5	8,5
6	Питома вага двигуна $y = m_{\partial\partial} \cdot g / 10 \cdot P_0$ $y = m_{\partial\partial} \cdot g / 10 \cdot N_0$ даН / кВт	0,21	0,2	0,18	0,19	0,22	0,18
<b>Масові характеристики</b>							
7	Злітна маса, m <sub>0</sub> , кг	216000	253500	300000	204120	90000	251000
8	Маса комерційного навантаження m <sub>ком</sub> , кг	40000	51200	54500	62975	16960	63182,5
9	Маса порожнього літака m <sub>пуст</sub> , кг	117000	122800	133000	103870	54000	115000
10	Маса палива m <sub>т</sub> , кг	59000	64000	112500	53250	27200	104025
11	Вагова віддача по комерційному навантаженню: k <sub>ком</sub> = m <sub>ком</sub> / m <sub>0</sub>	0,19	0,20	0,18	0,31	0,19	0,25



12	Питома навантаження на крило $p_0 = m_0g / 10S, \text{ Н / м}^2$	5405,52	6862,71	6651,58	6881,24	4835,53	7568,62
13	Тягоозброєння $\bar{P}_0 = \frac{10 \cdot P_0}{m_0 \cdot g} (\bar{N}_0 = \frac{10 \cdot N_0}{m_0 \cdot g}, \frac{\text{кВт}}{\text{даН}})$	0,4	0,38	0,33	0,31	0,35	0,32
<b>Геометричні характеристики</b>							
14	Площа крила $S, \text{ м}^2$	391,6	362	442	290,7	182,4	325
15	Розмах крила $l, \text{ м}$	60,1	58,6	64	51,9	40,88	62,1
16	Подовження крила $\lambda$	9,22	9,49	9,27	9,27	9,16	11,87
17	Звуження крила $\eta$	4,28	4,5	4,5	5,3	3,4	6,5
18	Кут стріловидності крила $\chi_0$	33	32	36	35	30	35
19	Відносні товщини:						
	$c_0$	0,16	0,135	0,137	0,12	0,14	0,132
	СКЦ	0,14	0,08	0,11	0,07	0,12	0,08
20	Діаметр фюзеляжу $D_f, \text{ м}$	6,08	5,64	5,61	5,4	3,57	5,49
21	Подовження фюзеляжу $\lambda_f$	9,10	11,28	13,17	11,28	11,26	10,33
22	Подовження носової частини фюзеляжу $\lambda_{fnч}$	3,13	2,05	2,7	2,46	2,76	2,43
23	Подовження горизонтального оперення $\lambda_{ГО}$	2,8	3,1	2,9	2,7	2,9	3,2
24	Звуження горизонтального оперення $\eta_{ГО}$	3,3	2,22	2,9	3,1	2,43	2,96
25	Кут стріловидності горизонтального оперення, $\chi_{0го}$	36,5	30	35	51	33	35
26	Площа ГО $S_{го}, \text{ м}^2$	96	72	82	74	42	68
27	Коефіцієнт статичного моменту $A_{го} = S_{го} * L_{го} / S * b_A$	0,42	0,35	0,25	0,37	0,36	0,3
28	Подовження вертикального оперення $\lambda_{ВО}$	2,6	7	2,4	2,7	2,4	2,6
29	Звуження вертикального оперення $\eta_{ВО}$	2,8	2,38	2,7	2,4	2,3	2,7



## 1.5 Вибір і обґрунтування схеми літака, типу його силової установки

Для вибору схеми літака необхідно провести аналіз взаємозв'язку між параметрами схеми літака і його властивостями, представленими комплексом тактико-технічних вимог, потім приймається рішення щодо вибору параметрів схеми літака.

Схема літака визначається кількістю, взаємним розташуванням і формою основних агрегатів планера, шасі і силової установки літака: крила, оперення, фюзеляжу, злітно-посадкових пристроїв; типом, кількістю і розміщенням двигунів і повітрязбірників. Схема літака сильно впливає на його аеродинамічні, вагові та експлуатаційні характеристики.

На ранніх стадіях проектування найважливішими критеріями для вибору вигляду літака є:

- висока аеродинамічна якість на крейсерському режимі;
- експлуатаційні характеристики;
- мала маса.

Необхідно прийняти такі параметри схеми, які б найкращим чином задовольняли комплексу ГТТ.

Літак виконаний по добре дослідженою нормальною аеродинамічною схемою (оперення розташовується позаду крила), яка володіє наступними перевагами:

- перед крилом немає частин, що затінують його при зміні положення літака або обурюють набігає повітряний потік, що порушувало б плавність обтікання крила і знижувало його несучі характеристики;
- розміщення оперення позаду крила дозволяє вкоротити носову частину фюзеляжу, що покращує огляд і дає можливість зменшити площу вертикального оперення;
- нормальна схема найбільш доцільна для дозвукових літаків.

### ***Вибір параметрів схеми крила:***

Для пасажирського літака, що літає на великій висоті і дозвукових швидкостях, для збільшення аеродинамічної якості  $K = C_{ya} / C_{xa}$ , що визначає економічність і дальність польоту, використовується крило з великим подовженням і великий відносною товщиною.

Оцінюючи вплив кожного параметра на характеристики літака і використовуючи статистичні дані, виберемо основні параметри крила.

Зі зменшенням подовження  $\lambda$  погіршуються несучі властивості крила - падає значення  $dc_{ya}/d\alpha = c_{ya}^{\alpha}$ . Це падіння  $c_{ya}^{\alpha}$  може бути компенсовано або збільшенням швидкості польоту, або збільшенням площі крила  $S$ , що потребують додаткових витрат мас. Вплив подовження на коефіцієнт лобового опору  $C_{xa}$  позначається на дозвуковій швидкості через коефіцієнт індуктивного опору  $c_{xai} = c_{ya}^2 / (\pi \lambda_{\phi})$ , а  $\frac{1}{\lambda_3} = \frac{1}{\lambda} + 0,025$ . З цього випливає, що чим більше

подовження крила, тим менше індуктивний опір. Але при посадці вигідні великі значення опору, а з крилом великого подовження це стає проблематично, тому на режимах зльоту-посадки активно застосовують механізацію. Літак для польоту на великих висотах вимагає великої підйомної сили і малого коефіцієнта опору, щоб збільшити аеродинамічну якість. При збільшенні подовження збільшується маса і знижується жорсткість конструкції, тому для нового літака будемо застосовувати композиційні матеріали.

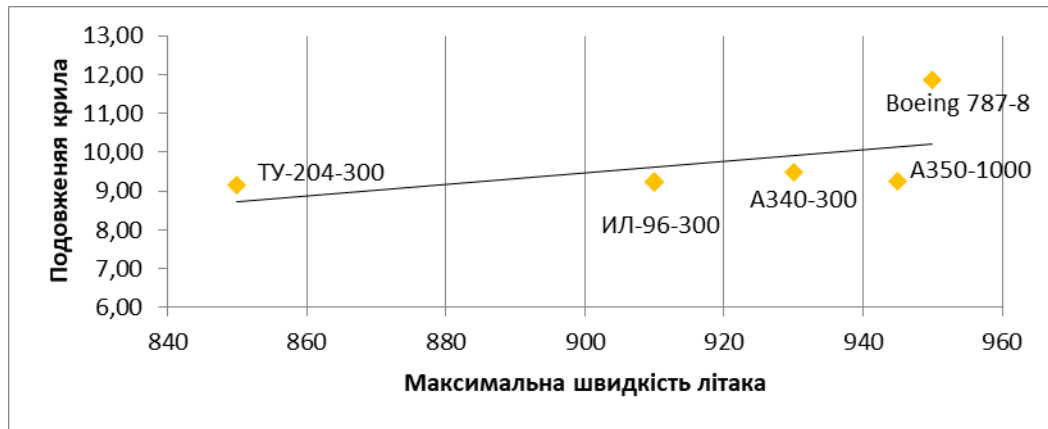


Рисунок 1.7 - Графік залежності подовження крила від максимальної швидкості літака

Аналізуючи статистичний графік залежності подовження від дальності польоту з урахуванням прогнозованих удосконалень технологій в майбутньому, приймаємо значення подовження  $\lambda = 10$ .

Зі збільшенням відносної товщини зростає несуча здатність профілю, зростає  $S_{\text{сха}}$  і зменшується значення  $M_{\text{кр}}$ , при яких при обтіканні крила з'являється місцева швидкість, рівна швидкості звуку. Щоб знизити масу і опір, в крилі біля борту ставлять несучі профілі з більшою відносною товщиною в порівнянні із значенням у кінці крила. Аналізуючи значення відносної товщини у літаків-прототипів, виберемо для нового літака  $\bar{c} = 0,14$  у борту і  $\bar{c} = 0,11$  на кінці крила.

Звуження позначається на поперечній стійкості і керуваності літака, так як зі збільшенням звуження зона кінцевого зриву зміщується до кінців крила в зону, де знаходяться елерони. При збільшенні звуження збільшується площа крила, яку обслуговує механізація крила, і зростає її ефективність, зменшується плече і величина згинального моменту.

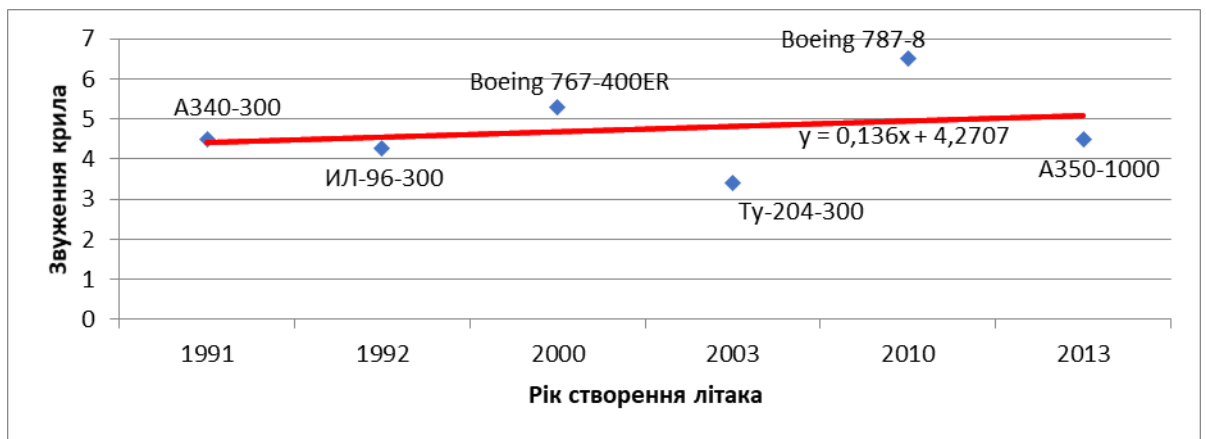


Рисунок 1.8 - Графік залежності звуження крила від року створення літака

На основі аналізу статистичних даних звуження крила проектного літака приймаємо рівним  $\eta = 5$ .

Стріловидність крила є засобом для підвищення значень  $M_{\text{кр}}$ . Однак нерівномірність розподілу повітряної навантаження по розмаху крила і перетікання прикордонного шару від середини крила до його кінців призводять на стрілоподібним крилом до виникнення кінцевих зривів на великих кутах атаки, втрати поперечної стійкості і поперечної керуваності літаком, так як елерони виявляються в зоні зриву. Поява кінцевих зривів на крилі викликає поява кабрируючих моментів, що впливає на поздовжню стійкість літака.

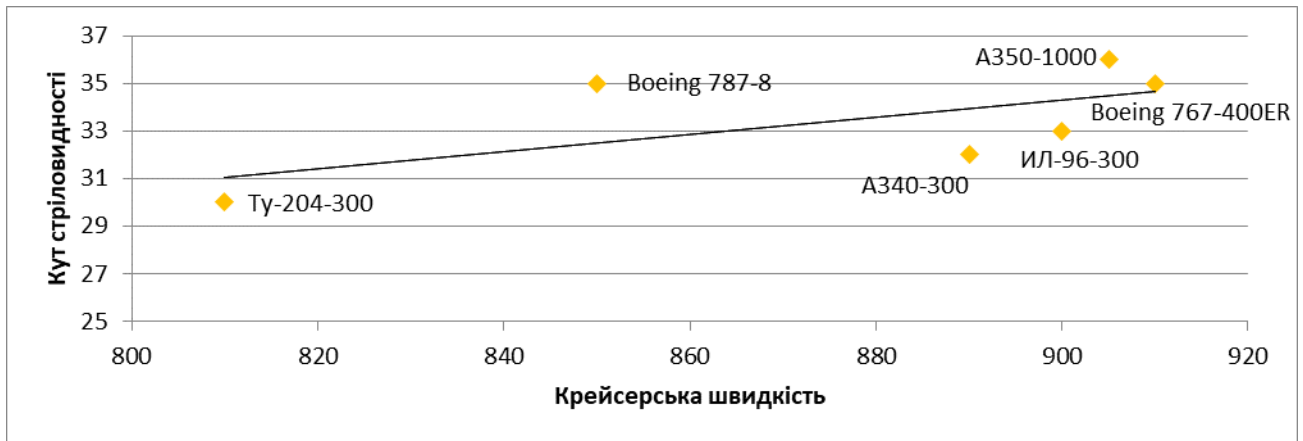


Рисунок 1.9 - Графік залежності стрілоподібності крила від крейсерської швидкості літака

За аналізом статистики літаків-прототипів приймемо стрілоподібності крила нового літака  $\chi = 35^\circ$ .

Позитивний кут  $V = 5^\circ$  крила побачивши спереду сприяє підвищенню поперечної стійкості стрілоподібності крила. Подальше збільшення  $V$ -крила веде до погіршення керованості літака.

#### **Вибір параметрів фюзеляжу:**

Найвигіднішою формою фюзеляжу є осесиметричне тіло обертання з плавним звуженням в носовій і хвостовій частинах. Така форма забезпечує мінімальну при заданих габаритах площу поверхності, а значить і мінімальну масу обшивки, і мінімальний індекс опору тертя фюзеляжу. Круглий перетин тіла обертання вигідне по масі і при дії надлишкового тиску в герметичній кабіні. Однак по компоновочним і іншим міркуванням від такої ідеальної форми доводиться відступати. Так, ліхтарі кабіни екіпажу, повітрозабірники, антени радіолокаторів порушують плавність обводів і призводять до збільшення опору і маси фюзеляжу. Такий же ефект дає і відступ від плавних форм в хвостових відсіках фюзеляжу з метою збільшення кута.

Вибираємо круглу форму поперечного перерізу фюзеляжу діаметром близько 5,6 метрів. Це дозволить розташувати в економічному класі пасажирські сидіння в три ряди по 3 крісла ряду. Ширина крісел повинна - 465 мм (виходячи з вимог, що пред'являються до сучасних умов комфорту пасажирів), ширина проходу - 510 мм.

Попередньо треба виходити, що в економ-класі буде знаходитися 252 пасажирів (28 рядів), 28 - в першому.

Виходячи з даних по малюнку 3.4, можна спрогнозувати, що подовження фюзеляжу  $\lambda_\phi$  дорівнюватиме 11. Так само спираючись на статистичні дані можна припустити, що подовження носової частини  $\lambda_{\phi_{нч}}$  складе 2,1, а хвостовий  $\lambda_{\phi_{хч}}$  - близько 4.

Форма фонаря кабіни буде вигідно обтічним, еліптичної форми.

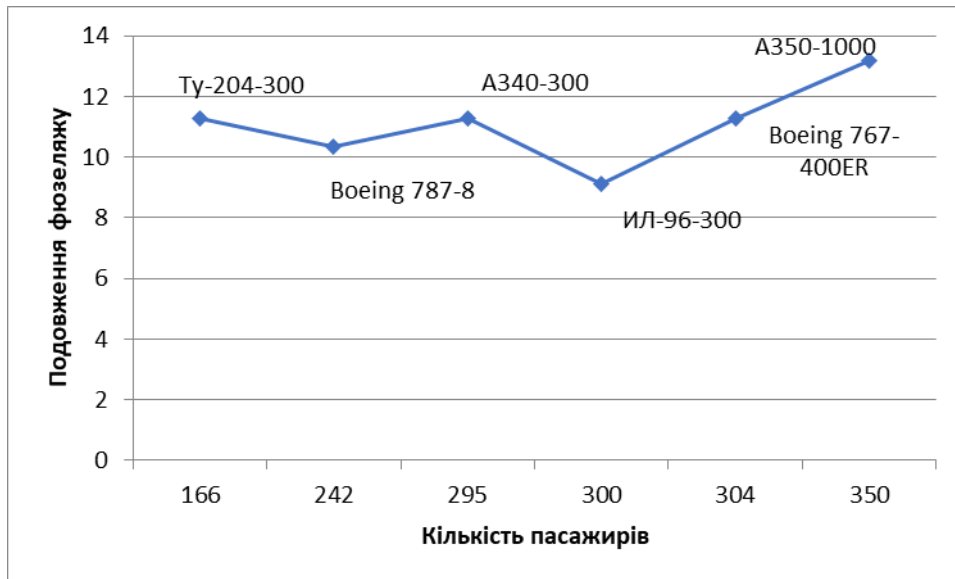


Рисунок 1.10 - Графік залежності подовження фюзеляжу від кількості пасажирів

### **Вибір параметрів оперення:**

Характеристики горизонтального і вертикального оперення визначають подовжню і бічну стійкості і керованість літака.

Подовжня стійкість і керованість літака забезпечується ефективністю горизонтального оперення і керма висоти, що досягається відповідним плечем  $L_{го}$  і площею горизонтального оперення  $S_{го}$ .

Для подовжньої стійкості і керованості найважливішими вимогами є:

1. Забезпечення мінімально допустимої ступеня подовжньої статичної стійкості по перевантаженню.

2. Забезпечення необхідної ефективності органу подовжнього керування для балансування літака на злітно-посадочних режимах, на великих кутах атаки з відхиленою механізацією крила, при максимально передній центрівці.

Виходячи з цих вимог і спираючись на статистику, отримуємо:

1. Коефіцієнт статичного моменту  $A_{го} = 1,4$ ;
2. Коефіцієнт статичного моменту  $A_{во} = 0,43$ ;
3. Площа горизонтального оперення;  $\overline{S_{го}} = 0,35$ ;
4. Площа вертикального оперення;  $\overline{S_{во}} = 0,32$ ;
5. Кут стріловидності горизонтального оперення  $\chi^0_{го} = 40$ ;
6. Кут стріловидності вертикального оперення  $\chi^0_{во} = 45^\circ$ ;
7. Подовження горизонтального оперення  $\lambda_{го} = 4,5$ ;
8. Подовження вертикального оперення  $\lambda_{во} = 2,3$ ;
9. Звуження горизонтального оперення  $\eta_{го} = 3$ ;
10. Звуження вертикального оперення  $\eta_{во} = 3,4$ .

Опорою горизонтальному і вертикальному оперенню служить фюзеляж. Для оперення вибираємо симетричний профіль НАСА-0009.  $\bar{c} = 0,09$

### **Вибір параметрів органів управління:**

Відхилення органів управління забезпечує:

- поперечну щодо осі ОХ керованість (елерони, інтерцептори)
- поздовжню щодо осі ОZ керованість (кермо висоти)
- шляхову щодо осі ОУ керованість (кермо напрямку)

Для дозвукового літака оптимальні значення відносних площ керма висоти  $Sp.v. = 0,3 \dots 0,4$  і  $Sp.n. = 0,35 \dots 0,45$ . Аналізуючи схеми розташування керма висоти і напрямку у літаків-прототипів, прийmemo  $Sp.v. = 0,3$  і  $Sp.n. = 0,4$ . Відносну площа елеронів вибираємо відповідно до досвіду проектування літаків  $Se = 0,06$ .

Кути відхилення керма висоти вгору і вниз робляться неоднаковими, так як для забезпечення балансування на великих кутах атаки кермо висоти повинен створювати великі моменти на кабування, ніж на пікірування, вибираємо кути відхилення РВ вгору і вниз відповідно до навчальної літератури з проектування літаків  $\delta p.v. = -200$  і  $\delta p.v. = +150$ . Кути відхилення керма напрямку обмежуються при режимах з несиметричним навантаженням  $\delta p.n. = \pm 300$ .

При кутах відхилення елерона, близьких до  $\delta e = 250$  ефективність елерона зростає повільно. Відхилення елерона вниз збільшує кут атаки крила, тому щоб попередити зрив з цієї частини крила, застосовують диференціальне відхилення елеронів: вгору  $\delta e = -250$  і вниз  $\delta e = +150$ .

### **Взаємне розташування агрегатів літака.**

#### **Крило-фюзеляж:**

На підставі статистичних даних за основу вибираємо наступну схему літака: низькоплан. Це обумовлено наступними причинами:

- низько розташоване крило дозволяє створити єдину пасажирську кабіну і не перешкоджає розміщенню пасажирів (центроплан знаходиться під підлогою);
- низько розташоване крило дозволяє розмістити на ньому шасі, при цьому зменшивши висоту стійок, а також забезпечити безпеку пасажирів при аварійній посадці з прибраним шасі (і довше перебувати на плаву в порівнянні з іншими схемами).
- такий тип розташування крила дозволяє спроектувати центропланову частину найбільш вигідно у ваговому відношенні в порівнянні з середньорозташованим, так як силовий кесон можна розташувати усередині фюзеляжу під підлогою пасажирської кабіни і зменшити тим самим масу шпангоутів в районі центроплана.

Основний недолік даної схеми - високе значення опору інтерференції. Для зменшення опору інтерференції необхідно застосовувати залисина.

#### **Крило-оперення:**

Всі аналоги проектного літака виконані за нормальною схемою балансування: горизонтальне оперення встановлюється в хвостовій частині літака на фюзеляжі, вище розташування крила.

Грунтуючись на статистичні дані, проведемо розрахунок плечей горизонтального і вертикального оперень:

$$\overline{L}_{Г0} = \frac{L_{Г0}}{b_A} = \frac{26,8}{4,9} = 5,46;$$

$$\overline{L}_{В0} = \frac{L_{В0}}{\ell} = \frac{27,3}{5,1} = 5,3$$

### **Параметри шасі:**

Необхідні значення характеристик стійкості і керованості літака при його русі по аеродрому досягаються багато в чому вибором схеми і параметрів шасі, характеристик амортизаційної і гальмівної систем. Шасі літака повинні мати можливо менші габарити для меншого лобового опору, особливо в прибраному положенні; забезпечувати літаку необхідний посадковий або злітна кут, мати високу довговічність і хороші підходи для огляду і ремонту.

Проектований літак буде оснащений трьохопорною схемою шасі з передньою опорою. Такі літаки стійкі на розбігу і пробігу, дотик ЗПС головними опорами не супроводжується неприємними наслідками. Краща шляхова стійкість забезпечується завдяки більшому виносу передньої опори. Передня стійка шасі - двоколісна, кріпиться в носовій частині фюзеляжу. Задні стійки -двухколісні, кріпляться до крила, а забираються у фюзеляжа, на якому є напливи. Зі збільшенням висоти шасі літака збільшується маса опор, зростає перекидаючий момент на крило, виникають проблеми в збирання шасі. Але зменшувати шасі сильно не рекомендується через торкання окремих частин літака при русі по аеродрому. Тому вибір висоти стійок шасі так само є важливим моментом в проектуванні літака.

### **Вибір параметрів силової установки:**

Всі шість літаків-прототипів мають турбореактивні двоконтурні двигуни, так як ТРДД мають найбільшу економічність в необхідному висотно-швидкісному діапазоні. Двигуни ТРДД мають необхідну надійність і оптимальну вартість.

Задаємо ступінь двоконтурного двигуна для проектованого літака  $m = 6,7$ .

За аналізом статистики з урахуванням перспективних розробок в авіадвигунобудуванні призначимо питому вага двигуна  $\gamma = 0,19$ .

Ступінь стиснення в компресорі  $\pi_k = 20$  і температуру газів перед турбіною  $T_T = 1600$  визначимо за графіком (рис.16.3 Егер «Проектирование самолетов», 2005 г.).

Стартовий питома витрата палива

$$C_{po} = \xi_T \frac{\sqrt{T_2^*}}{\pi_{ko}^* \cdot 0,25} (1 + 0,05m - \sqrt{0,14m})$$

$$C_{po} = 0,053 \frac{\sqrt{1600}}{20 \cdot 0,25} (1 + 0,05 \cdot 6,7 - \sqrt{0,14 \cdot 6,7}) = 0,155 \text{ кг} / \text{даН} \cdot \text{ч}$$

Загальні вимоги при виборі числа двигунів наступні:

- Повинна забезпечуватися безпеку на всіх режимах польоту і при виникненні позаштатних ситуацій;

- Літак повинен володіти достатньою надійністю і економічністю;
- Відносна вартість двигуна повинна бути якомога меншою.

У всіх літаків-аналогів двигуни розміщені на пілонах під крилом. Розглянемо переваги і недоліки даної схеми.

#### *Переваги:*

- двигуни розвантажують конструкцію крила від зовнішніх навантажень, знижуючи його масу;

- двигуни демпфують коливання крила під час польоту в турбулентної атмосфері;
- забезпечується зручність заміни двигуна іншим, більшого діаметра;
- створюються хороші умови по обслуговуванню двигунів;

- можлива надійна ізоляція двигуна від крила протипожежними перегородками, розташованими в пілоні;

- малий рівень шуму в пасажирській кабіні;
- забезпечується зручність установки реверсу і пристроїв шумопоглинання.



До недоліків відносяться:

- при посадці з креном (до 4°) двигуни не повинні торкатися землі, тому необхідне створення значного кута поперечного V крила;
- можливість попадання в повітрязабірник сторонніх предметів.

Виходячи з вимог безпеки, а також з огляду на габарити літака і його призначення, приймаємо, що у проєктованого літака буде 2 турбореактивних двоконтурних двигуна.

## 1.6 Визначення злітної маси літака

### *Визначення злітної маси літака в нульовому наближенні*

Однією з найважливіших проблем проєктування будь-якого нового літака є визначення його злітної маси  $m_0$ . Основне завдання при цьому полягає в забезпеченні необхідних льотно-тактичних характеристик літака при мінімальній величині  $m_0$ , тому що будь-яке невиправдане завищення злітної маси завжди знижує ефективність і конкурентоспроможність літака. Складність вирішення цього завдання пов'язана з тим, що деякі складові злітної маси залежать від її значення і тому виникає проблема: злітну масу не можна визначити, не визначивши маси всіх її складових, а масу деяких зі складових неможливо знайти, не маючи значення злітної маси. Подібні протиріччя зазвичай вирішуються шляхом використання методу послідовних наближень, застосовуючи спочатку наближені, а потім все більш точні методи і формули для підрахунку мас літака.

Для визначення злітної маси літака використовують рівняння існування літака. Зважаючи на складну залежності  $m_0$  від великого числа параметрів і в зв'язку з тим, що деякі складові злітної маси сильно залежать від її величини, визначення  $m_0$  ведеться послідовним наближенням.

Спочатку на підставі статистики і, перш за все, виходячи з ваговій віддачі за цільовою навантаженні, намічається наближено ймовірне значення злітної маси.

$$m_{0\text{исх}} = \frac{m_{\text{ц}} + m_{\text{эк}}}{1 - \overline{m_k} - \overline{m_{\text{су}}} - \overline{m_{\text{ТС}}} - \overline{m_{\text{обупр}}} - \overline{m_{\text{сн}}}}$$

$m_{\text{ц}}$  - маса цільової (комерційної) навантаження в абсолютному вигляді (кг);

$m_{\text{эк}}$  - маса екіпажу (кг);

$\overline{m_{\text{об.упр}}}$  - відносна маса обладнання та управління;

$\overline{m_k}$  - відносна маса конструкції;

$\overline{m_{\text{ТС}}}$  - відносна маса паливної системи;

$\overline{m_{\text{су}}}$  - відносна маса силової установки;

$\overline{m_{\text{сн}}}$  - відносна маса спорядження.

$$m_{0\text{исх}} = \frac{m_{\text{ц}} + m_{\text{эк}}}{1 - \overline{m_k} - \overline{m_{\text{су}}} - \overline{m_{\text{ТС}}} - \overline{m_{\text{обупр}}} - \overline{m_{\text{сн}}}} = \frac{38220 + 600}{1 - 0,25 - 0,1 - 0,38 - 0,09 - 0,03} = 258800 \text{ кг.}$$

Далі, використовуючи значення  $m_{0\text{исх}}$ , можна уточнити значення відносних мас по наближеним формулам і визначити злітну масу першого наближення

$$m_{\text{исх}}^{\text{I}} = \frac{m_{\text{ц}} + m_{\text{эк}}}{1 - \overline{m_k}(m_{0\text{исх}}) - \overline{m_{\text{су}}}(m_{0\text{исх}}) - \overline{m_{\text{ТС}}}(m_{0\text{исх}}) - \overline{m_{\text{обупр}}}(m_{0\text{исх}}) - \overline{m_{\text{сн}}}(m_{0\text{исх}})}.$$

### Визначення маси цільового навантаження

Для цивільних літаків до цільової навантаженні відноситься навантаження комерційна, в яку включаються пасажери, багаж, платний вантаж і пошта. Приблизно маса комерційного навантаження визначається за кількістю пасажирів:

$$m_{\text{ком}} = 1,3 \cdot (m_{\text{пас}} + q_{\text{баг}}) \cdot n_{\text{пас}},$$

де:  $m_{\text{пас}} = 75$  кг - середня маса одного пасажера

$q_{\text{баг}} = 30$  кг - маса багажу одного пасажера

$n_{\text{пас}} = 280$  - число пасажирів;

1,3 - коефіцієнт, що враховує масу додаткового платного вантажу і пошти.

$$m_{\text{ком}} = 1,3 \cdot (75 + 30) \cdot 280 = 38220 \text{ кг.}$$

### Визначення маси службового навантаження і спорядження

В службову навантаження входять:

— екіпаж (включаючи стюардес);

— парашути, особисті речі та багаж екіпажу;

— знімне обладнання буфетів, гардеробів, туалетів, килими, штори, література, продукти харчування;

— технічні рідини, масло для силових установок, залишок палива;

— аварійно-рятувальне обладнання - човни, плоти, рятувальні пояси і жилети, аварійні трапи, аварійні пайки, переносне обладнання;

— службове обладнання - трапи, сходи, бортінструмент, чохли, колодки;

— додаткове спорядження - підвісні баки, підвіски спецвантажів, знімна броня.

Маса цієї групи складається із маси екіпажу і спорядження:

$$m_{\text{сл}} = m_{\text{ек}} + m_{\text{сн}},$$

де  $m_{\text{ек}} = m_{\text{лек}} \cdot n_{\text{ек}}$ ;

$m_{\text{лек}} = 75$  кг - середня маса одного члена екіпажу для цивільних літаків;

$n_{\text{ек}}$  - число членів екіпажу, яке на пасажирських літаках нового покоління екіпаж, як правило, складається тільки з двох пілотів і стюардес,  $n_{\text{ек}} = 2 + 6 = 8$ .

$$m_{\text{ек}} = 8 \cdot 75 = 600 \text{ кг.}$$

Масу спорядження наближено можна приймати в відносному вигляді і включати її в знаменник формули для  $m_0$

$$\bar{m}_{\text{сн}} = 0,03 - \text{для важких літаків.}$$

### Визначення відносної маси конструкції

Для визначення відносної маси конструкції скористаємося наближеною статистичною формулою:

$$\bar{m}_k = \left( \alpha \varphi n_A \sqrt{\frac{m_{\text{оптх}} \lambda}{1000 p_0} + \frac{5,5}{p_0}} \right) (1 + \beta_1 \lambda_{\Phi} m + \beta_2) + 0,065;$$

$$\text{де } a = \frac{0,027}{\cos \chi}; \quad a = \frac{0,027}{\cos 35} = 0,033;$$

$\varphi = 1 - \frac{3(\eta+1)}{\eta+2} (\bar{z}_1 \varepsilon_1 \bar{m}_T + \bar{z}_2 \varepsilon_2 \bar{m}_{\text{сy}})$  - коефіцієнт розвантаження крила;

$\eta = 5$  - звуження крила;

$\varepsilon_1 = 1$  - частка палива, наявного в крилі;

$\bar{z}_1 = 0,4$  - відносна, в частках піврозмаху, координата центру мас палива (від площини симетрії літака);

$\varepsilon_2 = 1$  - частка маси силової установки, розміщеної на крилі;

$\bar{z}_2 = 0,2$  - відносна, в частках піврозмаху, координата центру мас силової установки, розміщеної на крилі;

$n_A$  - коефіцієнт розрахункової переважності; наближено:  $n_A = 4$ .

$\beta_1 = 0,08$  - для транспортних літаків;

$m = 1,2$  - для дозвукових літаків;

$\beta_2 = 0,15$  - для дозвукових літаків;

$\lambda = 10$ ,  $\lambda_\phi = 12$  - подовження крила і фюзеляжу;

$\rho_0 = 950$  даН / м<sup>2</sup> - питоме навантаження на крило;

$m_0$  вих - вихідна маса літака в кг (приймається на даному етапі за статистикою),  $m_0$  вих = 258800 кг.

$$\varphi = 1 - \frac{3(5+1)}{5+2} * (0,4 * 1 * 0,4 + 0,2 * 1 * 0,1) = 0,53.$$

$$\bar{m}_k = \left( \alpha \varphi n_A \sqrt{\frac{m_{\text{оиск}} \lambda}{1000 \rho_0} + \frac{5,5}{\rho_0}} \right) (1 + \beta_1 \lambda_\phi m + \beta_2) + 0,065 = \left( 0,033 * 0,53 * 4 * \sqrt{\frac{258800 * 10}{1000 * 950} + \frac{5,5}{950}} \right) * (1 + 0,08 * 12 * 1,2 + 0,15) + 0,065 = 0,33$$

Врахуємо використання перспективних матеріалів і технологій коефіцієнтом  $k_{\text{пер}} = 0,9$ . тоді  $\bar{m}_k = 0,9 * 0,33 = 0,297$ .

### Визначення відносної маси паливної системи

Ця маса визначається відносним запасом палива  $\bar{m}_T$  і масою агрегатів паливної системи, яка враховується введенням поправочного коефіцієнта  $k_{\text{ТС}}$

$$\bar{m}_{\text{ТС}} = k_{\text{ТС}} \bar{m}_T,$$

де  $k_{\text{ТС}} = 1,08$  - для важких літаків великої дальності.

Потрібних запас палива для літаків з вираженим крейсерським ділянкою польоту можна представити у вигляді суми:

$$\bar{m}_T = \bar{m}_{T_{\text{кр}}} + \bar{m}_{T_{\text{нрп}}} + \bar{m}_{T_{\text{нз}}} + \bar{m}_{T_{\text{пр}}}$$

де  $\bar{m}_{T_{\text{кр}}}$  - враховує паливо для крейсерського польоту;

$\bar{m}_{T_{\text{нрп}}}$  - паливо для зльоту, набору висоти, розгону, зниження і посадки;

$\bar{m}_{T_{\text{нз}}}$  - аеронавігаційний запас палива;

$\bar{m}_{T_{\text{пр}}}$  - інше (маневрування по аеродрому, запуск і випробування двигунів, що не виробляється залишок палива).

Запас палива для крейсерського польоту без урахування впливу вигорання палива на дальність польоту:

$$\bar{m}_T^0 = \left( \frac{L_p - L_{\text{нз}}}{V_{\text{кр}} - W} \right) \frac{C_{\text{ркр}}}{K_{\text{кр}}},$$

де  $L_p - L_{\text{нз}} = L_{\text{кр}}$  - розрахункова дальність крейсерського ділянки польоту;

$L_p = 10000$  - розрахункова дальність польоту (км);

$L_{\text{нз}} \approx 40 N_{\text{кр}} = 440$  (км) - горизонтальна дальність польоту на ділянках набору висоти і зниження (км);

$H_{\text{кр}} = 11$  - середня висота крейсерського польоту (км);

$V_{\text{кр}} = 900$  - крейсерська швидкість польоту (км / ч);

$W = 70$  - розрахункова швидкість зустрічного вітру (км / год):

$K_{\text{крейс}} = (0,85 - 0,9) K_{\text{тах}} = 0,9 * 19 = 17,1$ ;

питома витрата палива на крейсерському режимі

$$C_{\text{ркр}} = C_{\text{р0}} + \frac{0,4M}{1+0,027N_{\text{кр}}} = 0,155 + \frac{0,4*0,9}{1+0,027*11} = 0,43 \text{ кг/даНч},$$

де

$$C_{\text{р0}} = 0,052 \frac{\sqrt{T_{\text{Г}}^*}}{(\pi_{\text{к}}^*)^{0,25}} (1 + 0,05m - \sqrt{0,14m}) = 0,155 \frac{\text{кг}}{\text{даН}}.$$

$$\bar{m}_T^0 = \left( \frac{L_p - L_{нч}}{V_{кр} - W} \right) \frac{C_{pкр}}{K_{кр}} = \frac{(10000 - 440)}{900 - 70} * \frac{0,43}{17,1} = 0,28.$$

З урахуванням впливу вигорання палива на дальність польоту (при  $\bar{m}_T^0 > 0,2$ )

$$\bar{m}_{Tкр} = \frac{\bar{m}_T^0}{1 + 0,625\bar{m}_T^0} = \frac{0,28}{1 + 0,625 * 0,28} = 0,24.$$

Для злітно-посадкових режимів

$$\bar{m}_{Tнрп} = (1 - 0,03m) \frac{0,0035H_{кр}}{1 - 0,004H_{кр}} = (1 - 0,03 * 6,7) \frac{0,0035 * 11}{1 - 0,004 * 11} = 0,031,$$

де  $m = 6,7$  - ступінь двоконтурного двигунів.

Аеронавігаційний запас палива:

$$\bar{m}_{Tнз} = \frac{0,9C_{pкр}}{K_{max}} = \frac{0,9 * 0,43}{19} = 0,02.$$

Інші витрати палива:

$$\bar{m}_{Tпр} \approx 0,006.$$

Відносна маса паливної системи складає:

$$\bar{m}_{ТС} = k_{ТС}\bar{m}_T = k_{ТС}(\bar{m}_{Tкр} + \bar{m}_{Tнрп} + \bar{m}_{Tнз} + \bar{m}_{Tпр}) = 1,08 * (0,24 + 0,031 + 0,02 + 0,006) = 0,32.$$

### Визначення відносної маси силової установки

Вихідним параметром для визначення цієї маси служить призначається при виборі типу силової установки значення питомої ваги двигунів.  $\gamma_{дв} = 0,2$

Знаючи потрібне тягоозброєння  $\bar{P}_0$ , Можна визначити відносну масу силової установки:  $\bar{m}_{cy} = k_{cy}\gamma_{дв}\bar{P}_0$

Коефіцієнт  $k_{cy}$  у в формулах враховує збільшення маси силової установки по відношенню до маси двигунів. Його можна визначити за наближеною формулою, де  $k_1$  і  $k_2$  вибираються в залежності від кількості двигунів.  $k_{cy} = k_1 - k_2\gamma_{дв}$

$$k_1 = 2,26.$$

$$k_2 = 3,14.$$

$$k_{cy} = k_1 - k_2\gamma_{дв} = 2,26 - 3,14 * 0,2 = 1,632$$

$$\text{тоді: } \bar{m}_{cy} = k_{cy}\gamma_{дв}\bar{P}_0 = 1,632 * 0,2 * 0,321 = 0,1.$$

### Визначення відносної маси обладнання та управління

Для визначення цієї маси можна використовувати такі статистичні залежності:

Пасажирські магістральні літаки з  $m_{ісх} > 10000$  кг:

$$\bar{m}_{об.упр} = \frac{250 + 30n_{пас}}{m_{ісх}} + 0,06,$$

де  $m_{ісх} = 258800$  кг,

$n_{пас}$  - число пасажирських місць.

$$\bar{m}_{об.упр.} = \left( \frac{1}{m_{ісх}} \right) * (250 + 30 * n_{пас}) + 0,06 = \frac{250 + 30 * 280}{258800} + 0,06 = 0,09.$$

### Розрахунок злітної маси літака в нульовому наближенні

Після уточнення відносних мас  $\bar{m}_i$  визначається величина злітної маси літака першого наближення

$$m_0^I = \frac{m_{ц} + m_{эк}}{1 - \bar{m}_к - \bar{m}_{cy} - \bar{m}_{TC} - \bar{m}_{об\ упр} - \bar{m}_{сн}} = \frac{38220 + 600}{1 - 0,297 - 0,1 - 0,32 - 0,09 - 0,03} = 253725 \text{ кг}$$

$$\frac{m_0^I}{m_{0\text{исх}}} * 100 = \frac{253725}{258800} * 100 = 98\%$$

відмінність від  $m_{0\text{исх}}$  становить 2%, що є допустимим.

## 1.7 Визначення основних параметрів літака

Після визначення злітної маси літака можна знайти його основні геометричні, вагові (масові) і деякі інші параметри в абсолютному вигляді. Вихідними даними для цього, крім злітної маси, є відносні геометричні параметри схеми, питома навантаження на крило, тягоозброєння і відносні маси літака.

Крім отримання абсолютних розмірів літака, що визначають його зовнішній вигляд, знаходяться абсолютні величини тяги і маси двигунів, що дозволяє підібрати їх конкретну марку. Визначається реквізит обсяг паливних баків, підбираються розміри і тип коліс шасі.

Визначення абсолютних параметрів літака зазвичай ведеться в наступному порядку.

### Визначення параметрів і підбір двигунів

За потрібної величини тягоозброєння  $\bar{P}_0$  і за відомою злітною масою  $m_0^I$  знаходять сумарну тягу двигунів (даН):

$$\Sigma P_0 = \frac{m_0^I g}{10} \bar{P}_0 = \frac{253725 * 9,8}{10} * 0,321 = 79816,8 \text{ даН};$$

І тягу одного двигуна:

$$P_0 = \frac{\Sigma P_0}{n} = \frac{79816,8}{2} = 39908,4 \text{ даН}.$$

Використовуючи каталоги і довідники по двигунах, не вдалося підібрати конкретну марку двигуна з близькими значеннями статичної тяги  $P_0$  і ступені двухконтурності  $m$ .

Розрахуємо параметри для гіпотетичного двигуна. Знайдемо масу нового двигуна:

$$m_{дв1} = \frac{10 P_{01}}{g} \gamma_{дв}$$

$$m_{дв1} = \frac{10 P_{01}}{g} \gamma_{дв} = \frac{10 * 39908,4}{9,8} * 0,2 = 8144,6 \text{ кг}.$$

Проведемо розрахунок діаметру нового двигуна, ґрунтуючись на статистичні формули:  $D_{\partial\partial} \approx (0,4 + 0,04 \cdot m^{0,75}) \cdot \sqrt{P_0 \cdot 10^{-3}}$ .

$$D_{\partial\partial} \approx (0,4 + 0,04 \cdot 6,7^{0,75}) \cdot \sqrt{39908,4 \cdot 10^{-3}} = 3,5 \text{ м}.$$

Довжина нового двигуна:

$$L_{\partial\partial} = k_1 \cdot k_c \frac{\sqrt{P_0}}{T_2^* (10 + \sqrt{m})},$$

где  $k_1 = 560$  – статичний коефіцієнт, що пов'язує газодинамічні параметри з довжиною двигуна,

$k_c = 1,2$  – для сопла з реверсом тяги.

$$L_{\partial\partial} = 560 \cdot 1,2 \frac{\sqrt{39908,4}}{1600(10 + \sqrt{6,7})} = 6,5 \text{ м}.$$

### Визначення маси і об'єму палива

Масу палива на борту літака визначають по значеннях відносної маси паливної системи  $\bar{m}_{TC}$ , коефіцієнта паливної системи  $k_{TC}$  і злітної маси літака першого наближення  $m_0^1$ .

Потрібна маса палива:

$$m_T = \frac{\bar{m}_{TC}}{k_{TC}} m_0^1 = \frac{0,32 * 253725}{1,08} = 75178 \text{ кг.}$$

$$\text{Об'єм палива: (м}^3\text{). } v_T = \frac{m_T}{800} = \frac{75178}{800} = 94$$

$$\text{Об'єм паливних баків: (м}^3\text{), } v_{Tб} = v_T + \Delta v_T = 94 + 10 = 104$$

де  $\Delta v_T$  – додатковий запас палива при перевезенні зменшеного комерційного навантаження на дальність, велику  $L_p$ , при постійності злітної маси  $m_0^1$ . Задаючись величиною зменшення комерційного навантаження  $\epsilon_{ком}$ , визначають потрібний об'єм додаткового палива

$$\Delta v_T = \frac{\Delta m_{ком}}{800} = \frac{8000}{800} = 10 \text{ (м}^3\text{)}.$$

Об'єм баків з урахуванням температурного розширення палива збільшують ще на 5%:  
 $v_{Tб} = 104 * 1,05 = 109,2 \text{ м}^3$ .

### Визначення потрібного стартового тягоозброєння літака

Задаємося необхідними умовами для розрахунку потрібного тягоозброєння, що забезпечує отримання найбільш важливих для даного літака льотних характеристик.

Потрібне тягоозброєння при проектуванні визначається з забезпечення задаються ГТТ льотних характеристик літака. Набір умов, що визначають величину тягоозброєння, складається таким чином, щоб розрахована тягоозброєння забезпечувала найважливіші льотні характеристики літака. У літаків цивільної авіації відповідно до АП-25 забезпечується можливість зльоту при відмові одного з двигунів з  $V_{y} \geq 1.5 \text{ м / с}$ .

Проектований літак є дальнім магістральним пасажирським літаком. Тому для нього найважливішими характеристиками, які показують його ефективність при виконанні своїх функцій можна вважати:

1. Крейсерська швидкість польоту на крейсерській висоті. Вимога, виконання якого забезпечить ефективне виконання літаком своїх завдань (перевезення пасажирів і вантажів).

2. Задана довжина розбігу. Ця вимога обмежує потрібну для зльоту довжину ЗПС і розширює експлуатаційні можливості літака, роблячи його менш вимогливим до розмірів ЗПС.

3. Можливість зльоту при відмові одного двигуна. Дана вимога є вимогою безпеки.

Для кожної з цих вимог визначається значення тягоозброєння, а потім в якості потрібної для літака приймається максимальне значення.

#### 1. Політ на крейсерській швидкості $V_{кр}$ на висоті $h_{кр}$ :

$$\bar{P}_0 = \frac{1 - 0,6\bar{m}_T}{\xi \varphi_H \varphi_{др} K_{кр}}, \text{ де}$$

$K_{крейс} = 0,88 \cdot K_{max} = 0,88 \cdot 19 = 16,72$  - аеродинамічна якість на крейсерському режимі;

$\xi$  - коефіцієнт, що враховує зміни тяги по швидкості польоту;

при  $M_{крейс} = 0,85$  і  $h_{крейс} = 11 \text{ км}$ ,  $\xi = 1$ ;

$\varphi_H = 0,88$  - коефіцієнт, що враховує зміну тяги при дроселюванні.

$\varphi_H$  - поправка на висоту польоту:

для  $H < 11 \text{ км}$   $\varphi_H = \Delta 0,85$ ;

для  $H > 11 \text{ км}$   $\varphi_H = 1,2\Delta$ ;

$\Delta_{Hкр} = 0,3648 \text{ кг / м}^3$  для  $H = 11 \text{ км}$ , тому  $\varphi_H = 1,2 * 0,3648 = 0,438$ .

З умови забезпечення крейсерській швидкості польоту  $V_{\text{крейс}}$  на розрахунковій висоті  $H_{\text{крейс}}$  потрібна тягоозброєння

$$\bar{P}_0 = \frac{1 - 0,6 * 0,35}{1 * 0,438 * 0,88 * 16,72} = 0,123.$$

### 2. Забезпечення заданої довжини розбігу $l_{\text{разб}}$ :

Потрібне тягоозброєння обчислюємо за формулою:

$$\bar{P}_0 = 1,05 \left[ \frac{1,2 p_0}{C_{y_{\text{max}} \text{ взл}} l_{\text{разб}}} + \frac{1}{2} \left( f + \frac{1}{K_{\text{разб}}} \right) \right], \text{ де}$$

де  $p_0$  - питома навантаження на крило;

$f$  - коефіцієнт тертя коліс шасі при розбігу,  $f = 0,03$ ;

$K_{\text{разб}}$  - аеродинамічна якість літака при розбігу,  $K_{\text{разб}} = 10$ ;

$C_{y_{\text{max}} \text{ взл}}$  - коефіцієнт підйомної сили крила при зльоті,  $C_{y_{\text{max}} \text{ взл}} = 2,3$ .

$l_{\text{разб}} = 3000 \text{ м}$  .;

$p_0 = 950 \text{ даН / м}^2$  - питома навантаження на крило.

З умови забезпечення заданої довжини розбігу потрібна тяговооруженість

$$\bar{P}_0 = 1,05 \cdot \left[ \frac{1,2 \cdot 950}{2,3 \cdot 3000} + \frac{1}{2} \left( 0,03 + \frac{1}{10} \right) \right] = 0,242.$$

### 3. Зліт з одним двигуном, що відмовив:

Потрібне тягоозброєння обчислюємо за формулою

$$\bar{P}_0 = \frac{1,5 n_{\text{дв}}}{n_{\text{дв}} - 1} \left( \frac{1}{K_{\text{наб}}} + \text{tg} \theta_{\text{min}} \right), \text{ де}$$

$n_{\text{дв}} = 2$  - кількість двигунів;

$K_{\text{наб}} = 1,2$   $K_{\text{разб}} = 1,2 \cdot 10 = 12$  - аеродинамічна якість при наборі висоти;

$\text{tg} \theta = 0,024$  - тангенс кута нахилу траєкторії при наборі висоти в залежності від пдвіг.

З умови забезпечення зльоту при відмові одного двигуна потрібне тягоозброєння

$$\bar{P}_0 = \frac{1,5 \cdot 2}{2 - 1} \left( \frac{1}{12} + 0,024 \right) = 0,321.$$

Приймаємо потрібне тягоозброєння літака  $\bar{P}_0 = 0,321$

## 1.8 Визначення вихідних параметрів літака

Після вибору відносних параметрів схеми і з урахуванням заданих в ТТТ льотно-технічних характеристик літака можна визначити чисельні значення деяких його параметрів, які будуть потрібні при подальшій розробці проектованого літака.

### Визначення питоного навантаження на крило

Залежно від призначення літака і його льотних характеристик визначається величина питоного навантаження на крило  $p_0$  даН / м<sup>2</sup>. Для прийнятої механізації крила вибирається приблизна величина  $C_{y_{\text{max}} \text{ сел}}$  для посадкової конфігурації літака.

Потрібна величина питоного навантаження на крило  $p_0$  визначається для основних режимів польоту, що залежать від цього параметра.

1. Режим посадки. Для прийнятих в ТТТ значень посадкової швидкості  $V_{\text{пос}}$  (м / с) знаходиться потрібна величина  $p_0$  (даН / м<sup>2</sup>) за формулою:

$$p_0 = \frac{C_{y_{\text{max}} \text{ пос}} V_{\text{пос}}^2}{24,5(1 - \bar{m}_\tau)} = \frac{2,9 * 72,2^2}{24,5(1 - 0,35)} = 950 \text{ даН/м}^2;$$

де  $\bar{m}_\tau$  - відносна маса палива, що витрачається,  $\bar{m}_\tau = 0,35$ ;

$$C_{yаmaxпос} = 2,9.$$

$$V_{пос} = 260 \text{ км / ч} = 72,2 \text{ м / с}.$$

2. Крейсерський режим польоту. У ТТТ задана крейсерська швидкість  $V_{кр}$  на висоті  $H_{кр}$ . Потрібна питома навантаження на крейсерському режимі

$$P_0 = \frac{\Delta_H V_{кр}^2 \sqrt{\lambda_3 C_{ха0}}}{13(1-0,6\bar{m}_\tau)} = \frac{0,3648 * 72,2^2 * \sqrt{8 * 0,017}}{13(1-0,6 * 0,35)} = 68,3 \text{ даН/м}^2,$$

де  $H_{кр}$  - відносна щільність повітря на висоті  $H_{кр}$ ; береться за МСА, і  $\Delta_{HKP} = 0,3648 \text{ кг / м}^3$  - відносна щільність повітря на розрахунковій висоті (11000 м).

$$C_{ха0} = 0,8(0,9 + 0,15M_{кр}) \left[ 0,0083(1 + 3\bar{C}_0 + \left( 0,0083\lambda_\phi + \frac{0,5}{\lambda_\phi^2} \right) + 0,004 \right] = 0,8(0,9 + 0,15 * 0,88) * (0,0083(1 + 3 * 0,14 + \left( 0,0083 * 8 + \frac{0,5}{64} \right)) + 0,004) = 0,017$$

;

$S_{ха0}$  - число  $M_{кр}$  відповідає крейсерській швидкості польоту.  $M_{кр} = 0,88$ .

$$\text{Ефективне подовження крила приймається рівним. } \lambda_3 = \frac{\lambda}{1+0,025\lambda} = \frac{10}{1+0,025*10} = 8$$

### Визначення параметрів крила

Площа крила  $S(\text{м}^2)$  визначають по значеннях питомого навантаження на крило  $p_0$  (даН/м<sup>2</sup>) і злітної маси першого наближення  $m_0^1$  (кг):

$$S = \frac{m_0^1 g}{10P_0} = \frac{253725 * 9,8}{10 * 950} = 262 \text{ м}^2.$$

По відомих відносних параметрах крила визначаємо його абсолютні геометричні розміри (м):

$$\text{розмах } l = \sqrt{\lambda \cdot S} = \sqrt{10 \cdot 262} = 51,2 \text{ м};$$

$$\text{кінцева хорда } b_k = \frac{2}{1+\eta} \cdot \frac{S}{l} = \frac{2}{1+5} \cdot \frac{262}{51,2} = 1,7 \text{ м};$$

$$\text{коренева хорда } b_0 = \frac{2\eta}{1+\eta} \cdot \frac{S}{l} = \frac{2 \cdot 5}{1+5} \cdot \frac{262}{51,2} = 8,53 \text{ м};$$

середня аеродинамічна хорда:

$$b_A = \frac{2}{3} (b_0 + b_k - \frac{b_0 \cdot b_k}{b_0 + b_k}) = \frac{2}{3} (1,7 + 8,53 - \frac{1,7 * 8,53}{1,7 + 8,53}) = 5,88 \text{ м}.$$

Визначимо площу елеронів:

$$S_\eta = S \cdot \bar{S}_\eta,$$

$$S_\eta = 262 \cdot 0,06 = 15,72 \text{ м}^2.$$

Величина хорди однощільового закрилка:

$$b_3 = b_0 \cdot \bar{b}_\eta,$$

$$b_3 = 8,53 \cdot 0,32 = 2,7 \text{ м},$$

Площа закрилків:

$$S_\zeta = S \cdot \bar{S}_\zeta,$$

$$S_\zeta = 262 \cdot 0,2 = 52,4 \text{ м}^2.$$

Хорда передкрилка:



$$b_{np} = b_0 \cdot \bar{b}_{np},$$

$$b_{np} = 8,53 \cdot 0,15 = 1,28 \text{ м.}$$

Величина заднього напливу:

$$S_{з.н} = S \cdot \bar{S}_{з.н},$$

$$S_3 = 262 \cdot 0,05 = 13,1 \text{ м}^2.$$

### Визначення параметрів оперення

З використанням прийнятих відносних площ оперення  $S_{ГО}$  и  $S_{ВО}$  знаходимо площі горизонтального і вертикального оперень:

$$S_{ГО} = S \cdot \bar{S}_{ГО},$$

$$S_{ГО} = 262 \cdot 0,35 = 91,7 \text{ м}^2,$$

$$S_{ВО} = S \cdot \bar{S}_{ВО},$$

$$S_{ВО} = 262 \cdot 0,32 = 83,8 \text{ м}^2.$$

Визначаємо плечі горизонтального і вертикального оперень:

$$L_{ГО} = A_{ГО} \cdot \frac{S \cdot b_A}{S_{ГО}},$$

$$L_{ГО} = 1,4 \cdot \frac{262 \cdot 5,88}{91,7} = 23,52 \text{ м,}$$

$$L_{ВО} = A_{ВО} \cdot \frac{S \cdot l}{S_{ВО}},$$

$$L_{ВО} = 0,13 \cdot \frac{262 \cdot 51,2}{83,8} = 20,8 \text{ м.}$$

Виходячи з умови закріплення оперення на фюзеляжі і враховуючи, що ЛГО и LBO обчислені по приблизних формулах, то приймаємо, що:

$$\mathbf{LГО=22 \text{ м,}}$$

$$\mathbf{LBO=21 \text{ м.}}$$

Розмах і хорду оперення знаходимо аналогічно розмірам крила:

$$l_{ГО} = \sqrt{\lambda_{ГО} \cdot S_{ГО}} = \sqrt{4,5 \cdot 91,7} = 20,3 \text{ м,}$$

$$\text{кінцева хорда } b_{ГОк} = \frac{2}{1 + \eta_{ГО}} \cdot \frac{S_{ГО}}{l_{ГО}} = \frac{2}{1 + 3} \cdot \frac{91,7}{20,3} = 2,25 \text{ м;}$$

$$\text{коренева хорда } b_{ГО0} = \frac{2\eta_{ГО}}{1 + \eta_{ГО}} \cdot \frac{S_{ГО}}{l_{ГО}} = \frac{2 \cdot 3}{1 + 3} \cdot \frac{91,7}{20,3} = 6,7 \text{ м,}$$

середня аеродинамічна хорда

$$b_{ГО} = \frac{2}{3} (b_{ГО0} + b_{ГОк} - \frac{b_{ГО0} \cdot b_{ГОк}}{b_{ГО0} + b_{ГОк}}) = \frac{2}{3} (2,25 + 6,7 - \frac{2,25 \cdot 6,7}{2,25 + 6,7}) = 4,8 \text{ м.}$$

Розмах ВО:

$$l_{BO} = \sqrt{\lambda_{BO} \cdot S_{BO}} = \sqrt{2,3 \cdot 83,8} = 13,9 \text{ м},$$

$$\text{кінцева хорда } b_{BOK} = \frac{2}{1 + \eta_{BO}} \cdot \frac{S_{BO}}{l_{BO}} = \frac{2}{1 + 3,4} \cdot \frac{83,8}{13,9} = 2,7 \text{ м},$$

$$\text{коренева хорда } b_{OBO} = \frac{2\eta_{BO}}{1 + \eta_{BO}} \cdot \frac{S_{BO}}{l_{BO}} = \frac{2 \cdot 3,4}{1 + 3,4} \cdot \frac{83,8}{13,9} = 9,3 \text{ м},$$

середня аеродинамічна хорда

$$b_{ABO} = \frac{2}{3} (b_{OBO} + b_{BOK} - \frac{b_{OBO} \cdot b_{BOK}}{b_{OBO} + b_{BOK}}) = \frac{2}{3} (2,7 + 9,3 - \frac{2,7 \cdot 9,3}{2,7 + 9,3}) = 6,6 \text{ м}.$$

Визначимо площі рульових поверхонь:

$$S_{PB} = S_{ГО} \cdot \bar{S}_{PB},$$

$$S_{PB} = 91,7 \cdot 0,3 = 27,5 \text{ м}^2,$$

$$S_{PH} = S_{BO} \cdot \bar{S}_{PH},$$

$$S_{PH} = 83,8 \cdot 0,35 = 29,3 \text{ м}^2.$$

### Визначення розмірів фюзеляжу

Форма і розміри фюзеляжу в основному визначаються аеродинамічними, конструвальними і експлуатаційними вимогами. Оптимальні розміри фюзеляжу - довжина, діаметр - можуть бути знайдені шляхом рішення комплексної задачі по оптимізації параметрів літака. На стадії ескізного проектування приблизно розміри фюзеляжу відшукують, виходячи з умов розміщення екіпажу, устаткування, двигунів, комерційного навантаження, палива і так далі

Виходячи з вимог, що пред'являються, до сучасних умов комфорту пасажирів ширина крісел повинна складати в третьому класі не менше 480 мм, ширина проходу - 510 мм, ширина підлокітника - 50 мм. Оскільки в літаку всі сидіння об'єднані в блоки, то розрахунок теж проводитимемо виходячи з розмірів блоків, а не кожного сидіння окремо.

Хай в проектуваному літаку буде 2 класи комфортності: економ-клас (третій клас) і бізнес-клас (перший клас). По попередніх підрахунках в економ-класі знаходитиметься 240 пасажирів і 40 пасажирів - в першому.

Розрахунок проводитимемо для економ-класу. У нім знаходитиметься 3 ряди крісел: у бічних рядах по 2 крісла і по 4 крісла в центральному ряду.

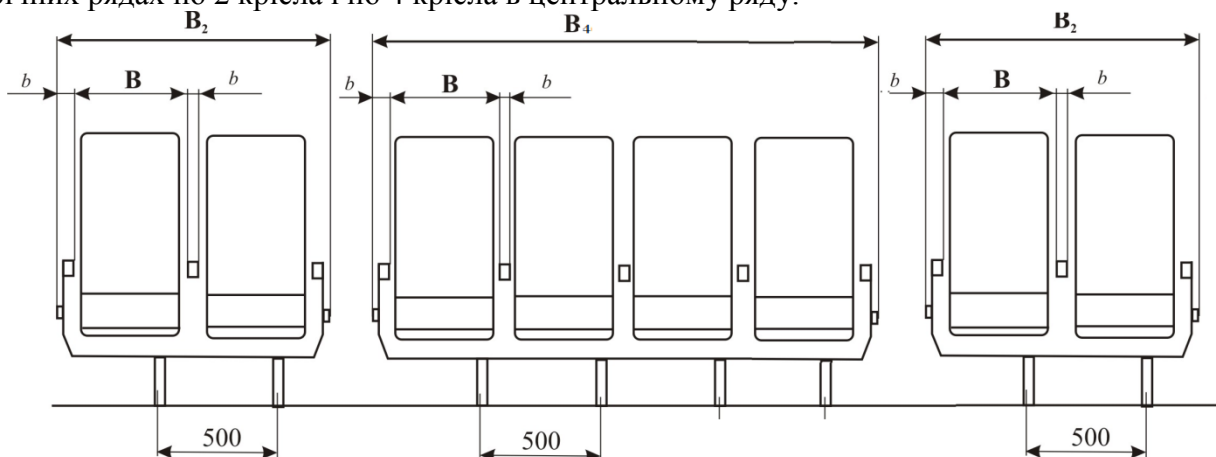


Рисунок 1.11 – Розташування пасажирських сидінь в літаку

$B_{2n2}=(480 \cdot 2+50 \cdot 3) \cdot 2=2220$  (мм) и  $B_{4n4}=480 \cdot 4+50 \cdot 5=2170$  (мм) – відповідно ширина двомісних і чотиримісних блоків сидінь;

$c_n n_n = 510 \cdot 2 = 1020$  (мм) – ширина і число основних проходів;

$\delta_1 = 50$  (мм) – зазор між сидінням і внутрішньою поверхнею стінки кабіни (мм);

$\delta_2 = 120$  – товщина стінки кабіни (мм).

Виходячи з компоувальних міркувань, потрібна ширина пасажирського салону визначається по формулі:

$$B_{\phi} = B_{3n3} + B_{4n4} + 2c_{nnn} + 2\delta_1 + 2\delta_2 = 2220 \cdot 1 + 2170 \cdot 1 + 1020 + 2 \cdot 50 + 2 \cdot 120 = 5750 \text{ мм.}$$

Розрахуємо зразкову довжину пасажирського салону, спираючись на вимоги, що пред'являються до пасажирських літаків: (див. Таблиця 1).

Оскільки в хвостовій частині пасажирської кабіни ширина кабіни звужується із-за додання фюзеляжу форми, добре обтічної повітряним потоком, останні ряди робляться з меншим числом сидінь. Таким чином, кількість рядів в економ-класі складатиме 33 ряди.

Відстань між класами складає хай 1000 мм (місце для бортпроводників), тоді довжина пасажирського салону буде:

Таблиця 1.6

	Тип класу	
	Бізнес	Економ
1. Кількість рядів	7	33
2. Відстань між рядами сидінь	1080	810
3. Відстань від площини передньої перегородки кабіни до першого ряду сидінь	630	585
4. Відстань від площини задньої перегородки кабіни до переднього кріплення переднього ряду сидінь	1000	750

$$L_{\text{к потр}} = (810 \cdot 33 + 585 + 750) + (7 \cdot 1080 + 630 + 1000) + 2 \cdot 1000 = 39255 \text{ мм.}$$

Висоту пасажирської кабіни приймемо рівною 210 мм.

Знаючи діаметр фюзеляжу і використовуючи значення подовження фюзеляжу і його частин, знайдемо довжину фюзеляжу, довжину його носової і хвостової частин:

$$L_{\phi} = \lambda_{\phi} \cdot D_{\phi} = 11 \cdot 5,75 = 63,25 \text{ м,}$$

$$L_{\text{нчф}} = \lambda_{\text{нчф}} \cdot D_{\phi} = 2,1 \cdot 5,75 = 12,075 \text{ м,}$$

$$L_{\text{хв.чф}} = \lambda_{\text{хв.чф}} \cdot D_{\phi} = 4 \cdot 6,4 = 23 \text{ м.}$$

### Визначення параметрів шасі

По аналізу статистики і враховуючи досвід проектування, призначимо основні параметри розміщення шасі:

Кут перекидання літака:

$$\varphi = \alpha_{\text{noc}} - \varphi_0 - \psi = 14 - 2 - 0 = 12^{\circ},$$

де  $\alpha_{\text{noc}} = 140$  - посадочний кут атаки крила,

$\varphi_0 = 20$  – кут установки крила,

$\psi = 00$  – кут стоянки літака.

Кут винесення головної опори шасі (дозволяє літаку при посадці не перевалюватися на хвіст):  $\gamma = 12 + 1 = 13^\circ$ .

Визначимо розміри:

база шасі:  $b = \bar{b}\ell_\phi = 0,35 * 63,25 = 22,14$  м

колія шасі  $B = \bar{B}\ell = 0,2 * 51,2 = 10,24$  м;

винесення головних опор  $e = \bar{e}b = 0,1 * 22,14 = 2,214$  м;

винесення передньої опори:  $a = \bar{e}b = 0,9 * 22,14 = 19,926$  м

З урахуванням статистики, визначаємо кількість коліс на опорах:

- на основних опорах буде по 4 колеса;

- на передній опорі - 2 колеса.

Визначимо навантаження стоянки на одне колесо основної опори:

$$P_{\text{СТ}}^{\text{ВЗЛ}} = \frac{0,9m_{\text{ВЗЛ}}g}{2*z} = \frac{0,9*253725*9,8}{2*4} = 279731,8 \text{ Н},$$

де z-число коліс на стойці.

Навантаження стоянки на одне колесо передньої опори складає:

$$P_{\text{СТ}}^{\text{ВЗЛ}} = \frac{0,1m_{\text{ВЗЛ}}g}{z} = \frac{0,1 * 253725 * 9,8}{2} = 124325,25 \text{ Н}$$

Для основної опори шасі, що є чотириколісним візком, проведемо оцінку прохідності шасі по еквівалентному одноколісному

навантаженню:

$$P_{\text{ЭКВ}} = 0,04344P_{\text{СТ}}^{\frac{4}{\text{ВЗЛ}}} \left\{ \frac{[1+0,04(1-3*10^{-6}P_{\text{СТ}}^{\text{ВЗЛ}})][p_0*10^{-5}-4]^{0,81}*k_{III}}{1+0,0534(p_0*10^{-5}-4)^{0,675}} \right\}^{1,75} = 0,04344 * *$$

$$279731,8^{\frac{4}{3}} \left( \frac{(1+0,04(1-3*10^{-6}*279731,8))(9,2-4)^{0,81*0,8}}{1+0,0534(9,2-4)^{0,675}} \right)^{1,75} = 0,428 \text{ МН.}$$

Клас аеродрому: А (довжина ЗПС>2600 м, ширина – 45 м).

### **Вибір коліс:**

Підбирається колесо по умові  $P_{\text{СТ}} < P_{\text{СТ max}}$ , де  $P_{\text{СТ max}}$ - максимальне навантаження стоянки по каталогу коліс.

З каталога гальмівних авіаційних коліс головних стійок вибираємо наступні колеса:

Таблиця 1.7

Колесо. Размер	Индекс	$p_0$ кгс/см <sup>2</sup>	$P_{\text{СТ.ВЗ}}$ л. кгс	$P_{\text{СТ.ПО}}$ с. кгс	Мт э кг* м	А авар. кг*м	$p$ разр. кгс/см <sup>2</sup>	Корпу с кг	Торм кг	Шин кг
1500x50 0	КТ25 Ш	9,5	28000	10000	345 0	300000 0	28,5	137	59	159

З каталога негальмівних коліс для передньої стійки підбираємо наступні колеса:

Таблиця 1.8

Колесо. Размер	Индекс	$\rho_0$ кгс/см <sup>2</sup>	Рст.взл. кгс	Рст.пос. кгс	Р разр.рад. кгс	Р разр.бок. кгс	Корпус кг	Шины кг
1500x500	K282	9,5	13000	14000	113500	51750	170	193

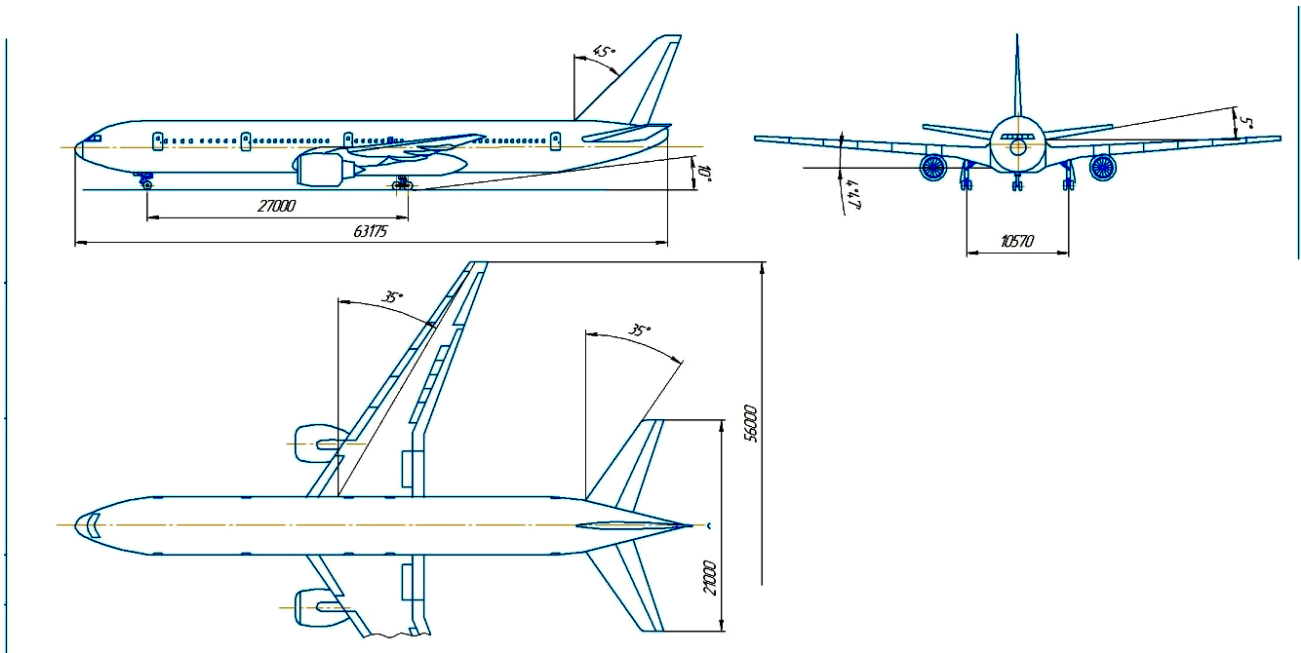


Рисунок 1.12 Схема літака

## 1.9 Компонування літака

Розробка компоновки літака включає три основних етапи.

- Об'ємно-вагова компоновка, яка визначає розміщення у внутрішніх обсягах літака всіх вантажів, устаткування, палива, екіпажу, цільової навантаження, силової установки та ін., Тобто всього того, що занесено в зведення мас літака. Для військових літаків частина палива і бойової витрачається навантаження може розміщуватися на зовнішніх підвісках.
- Конструктивно-силова компоновка, яка передбачає розробку конструктивно-силової схеми літака з опрацюванням силових схем всіх його агрегатів із зазначенням точного розташування основних силових елементів - лонжеронів, посиленних нервюр, силових шпангоутів, бімсів, стикових з'єднань.
- Уточнення аеродинамічній схеми шляхом ув'язки взаємного розташування вантажів всередині літака і елементів силової схеми. В результаті уточнюються розміри і взаємне розташування агрегатів літака і його зовнішній вигляд.

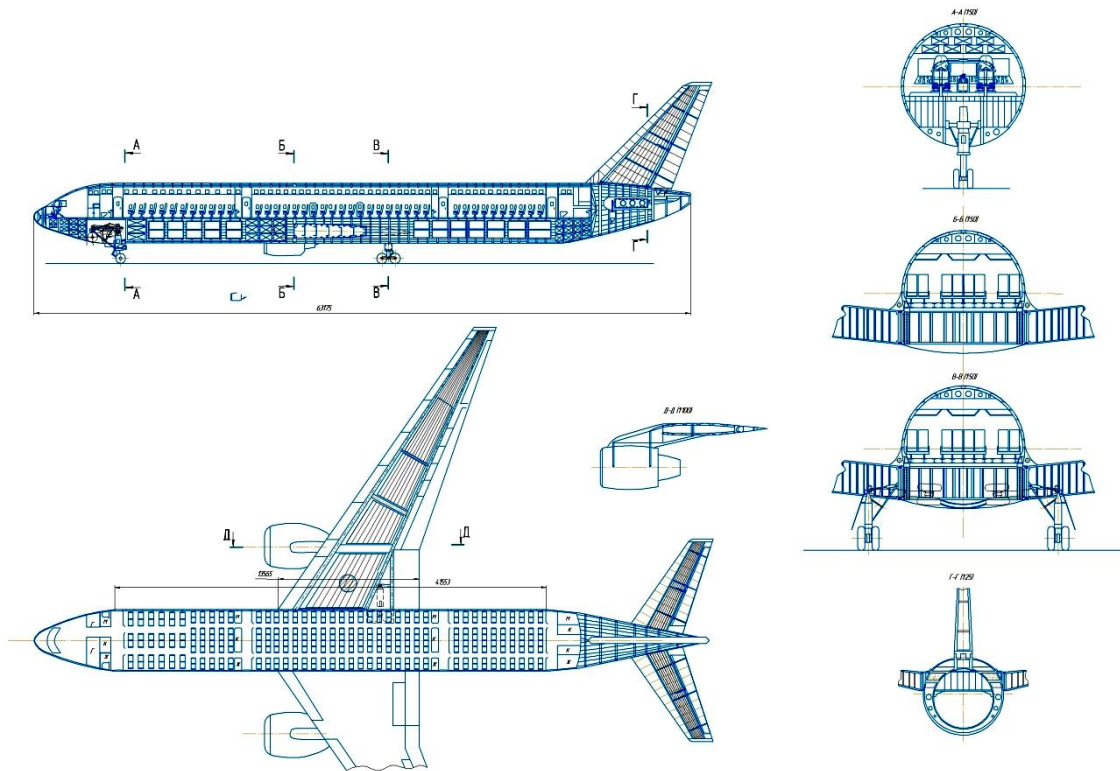


Рисунок 1.13 Компонівка літака

### 1.9.1 Об'ємно-вагова компоновка літака

При виконанні об'ємно-ваговий компоновання розміщуємо екіпаж, пасажирів, бортпроводників, комерційне навантаження, обладнання, силову установку, паливо, аварійно-рятувальні засоби, багажно - вантажні відсіки, буфети-кухні, туалетні приміщення, роздягальні.

Одна з головних задач об'ємно-ваговий компоновання - розміщення екіпажу. Кабіну екіпажу маємо в передній частині фюзеляжу. Екіпаж літака складається з 2-х чоловік: командира - першого пілота, другого пілота. Пілотів розміщуємо безпосередньо перед склом ліхтаря, а точніше від очі льотчика до внутрішньої поверхні скла в площині сидіння льотчика має бути не менше 500 мм.

Важливо забезпечити екіпажу необхідний огляд. Вимоги до огляду льотчика наступні:

1. Зона безперешкодного огляду для лівого льотчика:
  - вліво  $20^{\circ}$ ;
  - вправо  $30^{\circ}$ ;
  - вниз (по осі сидіння льотчика) НЕ менше  $16^{\circ}$ ;
  - вгору (по осі сидіння льотчика)  $20^{\circ}$ .
2. У діапазоні кутів  $20 \dots 45^{\circ}$  вліво по азимуту допускається в конструкції ліхтаря наявність однієї силовій стійки.
3. Огляд назад - вліво повинен забезпечувати видимість половини кінцевого обтічника крила.
4. Ширина затінення огляду конструкцією основних силових стійок ліхтаря не повинна бути більше 70 мм.

Розміщення на пасажирському літаку корисною (комерційною) навантаження в першу чергу пов'язано з компонованням пасажирської кабіни. При компонованні пасажирського літака

важливо забезпечити розміщення заданого числа пасажирів і вантажів при найменшій масі порожнього літака.

Пасажирів розміщуємо в герметичній кабіні літака. Гермокабіна вміщує 280 осіб. Її поділяємо на 3 салону. В 1 салоні маємо 80, у 2 - 120 пасажирів, в 3 - 80 пасажирів. У пасажирських кабінах розміщуємо бортпровідників, які входять до складу екіпажу для підтримки порядку в пасажирському приміщенні, приготування і роздачі харчування пасажирам в польоті, інструктажу з користування різними засобами пасажирського обладнання та аварійними системами і надання медичної допомоги. Для обслуговування кожного салону потрібно від 1 до 2 бортпровідників.

Кожен бортпровідник повинен мати місце з прив'язним ременем; сидіння може бути відкидним, і розміщувати його бажано так, щоб бортпровідник міг бачити всіх пасажирів салону.

Паливо маємо в крилі в кесон-баках, а двигуни - під крилом. 4 вхідні двері розміром  $1830 \times 1070$  мм маємо по лівому борту фюзеляжу. Вхідні двері не мають порога над підлогою кабіни.

Багаж пасажирів і вантаж розміщуємо в багажно-вантажних приміщеннях. Так як висота польоту проектованого літака більше 11000 м, то ці приміщення в своєму розпорядженні в герметизованій частини фюзеляжу.

При завантаженні багажу і вантажу в літак в контейнерах реквізит обсяг (м<sup>3</sup>) контейнерів:

$$V_k = \frac{15 \cdot n_{\text{пасмак}}}{250} + \frac{m_{\text{ком}} - 90 \cdot n_{\text{пасмак}}}{350} = \frac{15 \cdot 280}{250} + \frac{48360 - 90 \cdot 280}{350} = 83 \text{ м}^3$$

де  $n_{\text{пасмак}}$  - максимальне число пасажирів;  $m_{\text{ком}}$  - задана величина комерційного навантаження; 250 і 350 - відповідно щільність багажу і пошти або вантажу кг / м<sup>3</sup>. Багажно-вантажні приміщення розміщуємо під підлогою пасажирських кабіл.

Для забезпечення харчуванням пасажирів у польоті в пасажирському приміщенні передбачаємо кухню, в яку завантажуються контейнери з розфасованої їжею і напоями. У польоті бортпровідники лише розігрівають необхідну кількість їжі і розносять або розвозять на спеціальних візках сервіровані підноси до пасажирів. На літаку розміщуємо чотири кухні.

Число туалетів на літаку залежить від тривалості польоту і числа пасажирів. Для тривалості польоту понад 4 години і числа пасажирів більше 200 чоловік на 1 туалет припадає 45 ... 50 пасажирів. Площа статі туалетного приміщення повинна бути не менше 1,5 м<sup>2</sup>, А ширина - не менше 1 м. Таким чином, для 280 пасажирів на літаку, будуть розташовуватися 8 туалетів загальною площею 7,98 м<sup>2</sup>. Габаритні розміри туалетів приймемо 1,4x1,14м.

На літаку передбачаємо заправку водою для побутових потреб (в буфети-кухні) і для гігієнічних потреб (в туалети).

Потрібне кількість води:

$$V_{\text{води}} = 0,3 + 0,15 \cdot T_{\text{полёта}} \cdot (n_{\text{нас}} + n_{\text{ек}} + n_{\text{бп}}) = 0,3 + 0,15 \cdot 11 \cdot (280 + 2 + 6) = 142,56 \text{ дм}^3$$

де  $n_{\text{ек}}$ ,  $n_{\text{бп}}$  - кількість членів екіпажу та бортпровідників відповідно.

Потрібних обсяг зливних ємкостей:

$$V_{\text{слив}} \geq 1,12 \cdot (0,3 + 0,3 \cdot T_{\text{полёта}}) \cdot (n_{\text{нас}} + n_{\text{ек}} + n_{\text{бп}}) = 1,12 \cdot (0,3 + 0,3 \cdot 11) \cdot (280 + 2 + 6) = 1161,2 \text{ дм}^3$$

Приймемо обсяг зливних ємкостей +1165 дм<sup>3</sup>.

## 1.9.2 Конструктивно-силова компоновка літака

На етапі розробки конструктивно-силової компоновки намічаємо конструктивно-силову схему основних частин літака і вирішуємо питання передачі сил з одного агрегату на інший і їх взаємної ув'язки, а також розглядаємо передачу сил від різних вантажів на конструкцію.

Основним завданням конструктивно-силової компоновки є створення або вибір силової схеми частин літака, в якій забезпечувалися б:

- мінімальна маса конструкції частин літака і всього літака в цілому;
- органічне поєднання силових елементів конструкції і корисних обсягів всередині або зовні цієї конструкції, які використовуються для розміщення цільової навантаження, екіпажу, обладнання, силової установки;
- облік вимог експлуатаційної та виробничої технологічності;
- необхідна жорсткість конструкції з урахуванням динамічного навантаження і засобів демпфірування в цілях статичної та динамічної стійкості конструкції в потоці повітря;
- отримання необхідного ресурсу і безпеки при локальних втомних руйнуваннях.

Зменшення відносної товщини і, отже, будівельних висот призводять до зростання площі перетину, потрібної для сприйняття згинального моменту. З метою найбільш ефективного використання матеріалу бажано більш рівномірний його розподіл по периметру перетину. Зменшення працюють на кручення контурів, зростання чинного на поверхню обшивки швидкісного напору, а також необхідність забезпечення достатньої місцевої стійкості при стисканні, вимагають збільшення товщини обшивки і більш частого стрингерного підкріплення.

Все це призводить у разі стику по контуру і організації центроплана усередині фюзеляжу до застосування кесонної схеми крила. У порівнянні з чисто лонжеронною ця схема має переваги, як щодо живучості, так і по відношенню до жорсткості. Маса кесонного крила менше, ніж маса чисто Лонжерон, так як у нього в сприйнятті вигину беруть участь і лонжерони, і панелі обшивки. При цьому кесонну частину крила використовуємо для розміщення в ній герметизованих баків-кесонів, заповнених паливом.

Це дозволяє значно збільшити обсяг паливних ємностей на літаку при порівняно малій товщині крила. Перерізуюча сила сприймається стінками лонжеронів, а крутний момент контуром, утвореним з стінок лонжеронів і панелей обшивок. Таким чином, для літака доцільно застосувати кесонну схему крила.

Конструктивно-силову схему оперення вибираємо як з умови компоновки самого оперення, так і з умови його ув'язки з компоновкою фюзеляжу. Технологічно вигідно, щоб конструкція оперення була аналогічна конструкції крила. В цьому випадку освоєння вже процеси виготовлення і збірки частково повторюються і вартість конструкції зменшується. Застосовуємо для оперення кесонну схему, тоді робота оперення буде аналогічна крила.

У загальній конструктивно-силової схеми літака фюзеляж займає особливе місце, будучи силовою ланкою, на якому врівноважені все навантаження: масові, аеродинамічні, а також виникають в місцях приєднання до нього інших агрегатів літака і від розташованих усередині нього вантажів, механізмів, устаткування і т. п.

Балочно-стрингерного фюзеляж літака складається з наступних елементів. Нормальні шпангоути отштамповані з листів, посилені шпангоути мають вузли для кріплення крила і оперення. Кожен шпангоут герметичного відсіку має поперечну балку, яка служить опорою для



підлоги кабіни. Обшивка прикріплюємо до стрингерам і шпангоутам заклепками, а в герметичному відсіку фюзеляжу – на ущільнюючій стрічці, прокладеній між склепуваними елементами. Крім цього, зсередини фюзеляжу на заклепувальні шви наноситься шар герметика.

У балочно-стрингерного фюзеляжі зосереджені навантаження передаємо на обшивку у вигляді розподіленої по ній навантаженні. В цьому випадку в балочно-стрингерного фюзеляжі значно підвищені характеристики втомної міцності матеріалу. Напруги і деформації в конструктивних елементах балочно-стрингерного фюзеляжу залежать від характеру дії і способів застосування зовнішніх навантажень. Згинальний момент у вертикальній площині сприймається стрингерами і обшивкою, розташованими у верхній і нижній зонах перетину, викликаючи в них розтягування і стиснення. У стрингерах і обшивці, розташованих поблизу нейтральної осі перерізу фюзеляжу, напруги від вигину малі. Зрушення і крутіння сприймає обшивка, підкріплена стрингерами і шпангоутами.

Усі прийняті при компонованні рішення відповідають ТТТ, розробленим на початку проектування літака, а також враховують спеціальні вимоги і умови. Результат компоновання – компоновочне креслення, який дає досить повне уявлення про будову літака. На кресленні показуємо розміщення екіпажу, пасажирів, вантажів, двигунів, агрегатів силової установки, основних систем (паливної та ін.).

### 1.9.3 Уточнення аеродинамічної схеми літака

На етапі аеродинамічного компоновання остаточно пов'язуємо аеродинамічну схему літака і визначаємо взаємне розташування його основних частин.

*Аеродинамічна компоновка вирішує наступні завдання:*

- правильно скомпонований літак має мінімальні розміри;
- в крейсерському польоті із заданою швидкістю літак має максимальне аеродинамічна якість, що забезпечує мінімальну витрату палива;
- на всіх режимах польоту літак володіє нормованими (необхідними) запасами стійкості і керованості;
- на літаку забезпечені сприятливі умови для роботи силової установки, що визначаються мінімально можливими втратами на вході повітря в двигуни і на виході газів з вихідних сопел двигунів;
- вихід літака на граничні режими польоту (наприклад, великі швидкості або великі кути атаки) не повинен супроводжуватися небезпечними наслідками (флатер, бафтинг, глибокий зрив, штопор і т.д.); повинні бути передбачені заходи, що попереджають вхід в такі режими і допускають вихід з цих режимів на нормальні.

Для проектного літака обрана нормальна схема, яка характеризується розташуванням оперення за крилом. Ця схема добре досліджена і має такі переваги:

- перед крилом немає ніяких частин, які могли б його затінити при зміні положення літака або обурювати набігає повітряний потік, що порушувало б плавність обтікання крила і знижувало б його несучі здібності;
- розміщення оперення ззаду крила дозволяє вкоротити носову частину фюзеляжу, що покращує огляд і при цьому носова частина фюзеляжу створює дестабілізуючий момент.

Поряд з цими перевагами аеродинамічній нормальною схемою притаманні такі недоліки:

- горизонтальне оперення працює в умовах скошеного і загальмованого крилом повітряного потоку, тому істинний кут атаки оперення може стати негативним, а швидкість оточуючого його потоку буде менше, ніж у крила;
- практично на всіх режимах польоту горизонтальне оперення створює негативну підйомну силу. В результаті зменшується підйомна сила всього літака, причому втрати в підйомній силі особливо великі на режимах зльоту і посадки.

Двигуни на літаку розміщують під крилом, що дасть наступні переваги:

- двигуни розвантажують конструкцію в польоті, що призводить до зменшення маси конструкції крила;
- двигуни демпфують коливання крила при польоті в турбулентній атмосфері і є протифлаттерними балансирами;
- надійне ізолювання двигуна від крила за допомогою протипожежних перегородок в пілонах;
- забезпечується менший шум від двигунів в пасажирській кабіні;
- протяжність комунікацій паливної системи при такій схемі найменша.

При компонованні літака в корені часто застосовуються залисини і кореневі напливи (задні і передні). Для дозвукових літаків із стрілоподібним крилом це дасть наступні переваги:

- залисини зменшують шкідливу інтерференцію між крилом і фюзеляжем;
- передні напливи зменшують опір крила і через зменшення "серединного ефекту" (стріловидне крило в своїй центральній частині має властивість прямого крила з відповідним збільшенням  $C_{Xa}$ );
- передні і задні напливи дозволяють при збереженні відносної товщини крила збільшити його абсолютну (будівельну) висоту для розміщення, наприклад, паливних баків.

Літаки зі стрілоподібним крилами мають надлишкову поперечної стійкості, особливо на малих швидкостях польоту, що погіршує характеристики поперечної керованості літака і порушує нормальне співвідношення між поперечної і шляховий стійкості. Для усунення цього недоліку стріловидним крил надають негативний кут поперечного  $V$  крила. Кут поперечного  $V$  крила на літаку приймемо рівним  $-5^\circ$ .

Діаметр фюзеляжу  $d_f = 5,75$  м, полумонококової типу. Для зниження аеродинамічного опору хвостова частина фюзеляжу подовжена і викривлена, тобто нижня поверхня скошена вгору під мінімальним кутом, опір зменшується, плече оперення збільшується. Для даного літака прийнята схема низкоплан. Двигуни розташовані на крилі. Горизонтальне і вертикальне оперення розташоване на хвостовій частині фюзеляжу. Шасі прибираємо в фюзеляж.

## 1.10 Центрування літака

Розробка компоновки літака супроводжується обов'язковою перевіркою його центрування - визначенням положення центру мас літака щодо середньої аеродинамічної хорди крила, що оцінюється відносною координатою

$$\bar{X}_M = \frac{x_M - x_A}{b_A};$$

де  $x_M$  - координата по осі  $X$  центру мас літака;

$x_A$  - координата носка середньої аеродинамічної хорди.

Центрування літака ( $\bar{X}_M$ ) Визначає характеристики стійкості і керованості літака і повинна лежати в строго заданому діапазоні припустимих центрувань  $\Delta \bar{X}_{M \text{ доп}}$

$$\overline{\Delta X}_{M \text{ доп}} = \overline{X}_{M \text{ пер}} \div \overline{X}_{M \text{ зад}};$$

де  $\overline{X}_{M \text{ пров}}$  - допустима величина передній центрування, яка обмежується ефективністю поздовжнього керування на зльоті і посадці;

$\overline{X}_{M \text{ зад}}$  - допустима задня центрування - обмежується мінімальним запасом поздовжньої статичної стійкості

$$\overline{\Delta X} = -m_z^{C_y} = \overline{X}_M - \overline{X}_\phi;$$

тут  $\overline{X}_\phi$  - відносна координата фокуса літака.

Використання переставної або керованого стабілізатора зрушує вперед межу допустимої передній центрування, розширюючи, таким чином, діапазон експлуатаційних центровок літака.

Використання автоматики в каналі подовжнього управління сучасних літаків (маневрених і неманеврених) дозволяє до мінімуму знижувати запаси поздовжньої статичної стійкості (аж до нульових її значень - політ на статично нейтральному літаку), що істотно зменшує втрати якості на балансування і підвищує паливну ефективність літака.

### Вибір допустимого діапазону центровок

Допустимий діапазон розбігу центровок залежить від схеми літака і, в першу чергу, від форми крила в плані, а також від параметрів органів поздовжнього керування. Положення кордонів допустимого діапазону зазвичай визначається розрахунком поздовжньої стійкості і керованості літака. На ранніх етапах проектування, коли цих розрахунків ще немає, допустимий діапазон центровок вибирається наближено, спираючись на статистичні відомості.

Призначимо приблизні межі допустимого діапазону центровок проектного літака:  $(\overline{X}_{M \text{ пер}} \div \overline{X}_{M \text{ зад}})$

$$\overline{X}_{M \text{ пер}} = 15, \overline{X}_{M \text{ зад}} = 35.$$

Допустимий розбіг центровок в прийнятому діапазоні може складати:

(20-25)%  $b_A$  - для пасажирських і транспортних літаків;

Початкова або вихідна центрування повністю завантаженого літака ( $m_0$ ) повинна лежати приблизно в середині цього прийнятого допустимого діапазону зазвичай в межах 0,26 - 0,30 - для літаків із стрілоподібним крилом.

### Розрахунок центровок

Розробка компоновки супроводжується його центровкой, тобто положення центру мас і приведенням його в заданий діапазон щодо середньої аеродинамічної хорди (Додаток Б).

$$\overline{x}_T = \frac{x_T - x_A}{b_A},$$

де  $x_T$  - координата по осі x центру мас літака;

$x_A = 30,1\text{м}$  - координата по осі x носка середньої аеродинамічної хорди;

- середня аеродинамічна хорда.  $b_A = 7,75$

Центрувальними відомість літака представлена в таблиці:

Таблиця 1.9

№	Агрегат, вантаж	mgx, Н·м	x, м	mg, Н	y, м	mgу, Н·м
<b>I. КОНСТРУКЦІЯ</b>						
1	крило	9639276,1	33,1	291216,8	3,7	1077502,2
2	фюзеляж	10273693	37,373	274899,8	3,813	1048192,9
3	ГО	1048705,4	57,75	18159,4	5,919	107485,49
4	ВО	1214367,7	57,341	21178	10,7	226604,6
5	Передня опора шасі (випущено)	105778,5	7,275	14540	1,5	21810
6	Передня опора шасі (прибрано)	83968,5	5,775	14540	2,7	39258
7	Головні опори шасі (випущено)	3631463,1	34,214	106141	1,3984	148424,92
8	Головні опори шасі (прибрано)	3454404	32,545	106141	2,1615	229423,77
<b>II. СИЛОВА УСТАНОВКА</b>						
9	двигуни	2750820,2	26,111	105350	2,1656	228148,59
10	Паливна система	2324839,2	27,458	84670	2,4032	203481,06
<b>III. ОБЛАДНАННЯ І УПРАВЛІННЯ</b>						
11		9931061,8	28,372	350033,5	3,729	1305274,8
<b>IV. СПОРЯДЖЕННЯ</b>						
12	льотчики	5686,0997	2,7629	2058	4,7462	9767,7311
13	стюардеси	205371,94	31,68	6482,7	4,1877	27147,603
<b>V. ПАЛИВО</b>						
14	паливо 1	4370679,4	37,139	117684,3	4,8675	572828,23
15	паливо 2	6930323,5	33,651	205947,5	3,8775	798561,39
16	паливо 3	8307271,5	31,373	264789,6	3,3	873805,78
17	паливо 4	4370679,4	37,139	117684,3	4,8675	572828,23
18	паливо 5	6930323,5	33,651	205947,5	3,8775	798561,39
19	паливо 6	8307271,5	31,373	264789,6	3,3	873805,78
<b>VI. НАВАНТАЖЕННЯ</b>						
20	пасажери	11666655	30,525	382200	3,7653	1439097,7
21	Багаж, вантаж 1	1309503,2	17,131	76440	2,805	214414,2
22	Багаж, вантаж 2	3361257,9	43,973	76440	3,0525	233333,1

Положення центру мас визначається для можливих в експлуатації варіантів завантаження:

- злітна маса (шасі випущено / прибрано);
- посадкова маса літака (шасі випущено / прибрано);
- граничний посадковий варіант (з повним завантаженням, без палива);
- перегінний варіант (з паливом, без навантаження);
- порожній літак (без навантаження і палива).

$$x_T = \frac{\sum(mgx)_i}{\sum(mg)_i} \quad y_T = \frac{\sum(mgy)_i}{\sum(mg)_i} \quad \bar{x}_T = \frac{x_T - x_A}{b_A}$$

Таблиця 1.10

	$\sum(mgx)_i$ даН	$\sum(mg)_i$ даН	$x_T$ , м	$\bar{x}_T$
Злітна маса (шасі випущено)	96685027,8	2986652	32,372379	0,29321
Злітна маса (шасі прибрано)	96486158,7	2986652	32,305793	0,284618
Посадкова маса (шасі випущено)	57468478,8	1809809,2	31,753889	0,213405
Посадкова маса (шасі прибрано)	57269609,7	1809809,2	31,644005	0,199226
Перегінний варіант (баласт, 100% палива, шасі випущено)	80347611,7	2458626	32,679884	0,332888
Перегінний варіант (баласт, 100% палива, шасі прибрано)	80148742,6	2458626	32,598998	0,322451
Перегінний варіант, посадка (баласт, 25% палива, шасі випущено)	49872421,6	1517151,7	32,872402	0,357729
Перегінний варіант, посадка (баласт, 25% палива, шасі прибрано)	49673552,5	1517151,7	32,741322	0,340816
Порожній літак (без навантаження і палива)	40920004,7	1266188,5	32,317468	0,286125

Крайня передня центровка - посадкова маса (шасі прибрано) - 0,199226, крайня задня центрування - перегінний варіант (баласт, 100% палива, шасі випущено) - 0,329749

### 1.11 Розробка майстер-геометрії дальньомагістрального літака.

В результаті даної розрахунково-графічної роботи був приблизно розроблений і спроектований пасажирський літак з кількістю пасажирів  $n = 280$  осіб і дальністю польоту  $L = 10000$  км. Дані розрахунки не слід приймати як остаточні, так як вони проводилися в нульовому наближенні. Наступним етапом проектування літака є побудова його майстер-геометрії. Визначення його основних геометричних параметрів є основою опису його форм. Слід зазначити, що в сучасному інформаційному середовищі виправданим підходом є паралельне створення еталонів поверхні агрегатів. Такий підхід суттєво скорочує час розробки, залишаючи можливість повернення на попередній етап проектування і внесення відповідних змін. Методологія такого проектування передбачає параметричне пов'язування агрегатів.

Ідея комп'ютерного макетування з'явилася відразу ж після появи обчислювальних машин, проте її щире здійснення стримувалося недостатніми можливостями як обчислювальної техніки, так і програмних продуктів. Поява на ринку програмного забезпечення у вигляді інтегрованих комп'ютерних систем і зростання можливостей сучасних комп'ютерів дозволив реалізувати на практиці ці ідеї. Дані системи дозволяють здійснити повну просторову ув'язку всіх деталей і вузлів конструкції, при цьому виключається неоднозначне прочитання геометрії деталей і агрегатів, з необхідною точністю, що перевищує точність виготовлення. Крім того, з'являються можливості виявляти невідповідності геометрії деталей і оснастки в процесі їх проектування, а не виготовлення і збірки; здійснювати освоєння нових виробів у стислі терміни і проводити швидко модифікацію вузлів і агрегатів; випускати серійну документацію на більш ранніх стадіях

серійного освоєння; зменшити трудомісткість виготовлення і ув'язки формотворним оснащенням; уникнути виготовлення при запуску виробів в серійне виробництво значної кількості спеціальних засобів ув'язки; виключити багаторазово повторювані операції в різних підрозділах, пов'язані з вивченням, узгодженням і відновленням образу об'єктів по конструкторській документації. Першою стадією в даному процесі є створення поверхневої моделі літака і його об'ємної компоновання. уникнути виготовлення при запуску виробів в серійне виробництво значної кількості спеціальних засобів ув'язки; виключити багаторазово повторювані операції в різних підрозділах, пов'язані з вивченням, узгодженням і відновленням образу об'єктів по конструкторській документації. Першою стадією в даному процесі є створення поверхневої моделі літака і його об'ємної компоновання. уникнути виготовлення при запуску виробів в серійне виробництво значної кількості спеціальних засобів ув'язки; виключити багаторазово повторювані операції в різних підрозділах, пов'язані з вивченням, узгодженням і відновленням образу об'єктів по конструкторській документації. Першою стадією в даному процесі є створення поверхневої моделі літака і його об'ємної компоновання.

При проектуванні параметри літака визначаються на стадії технічної пропозиції та ескізного проекту, основним завданням яких є формування образу і визначення всіх розмірних параметрів літака.

При створенні моделі літака застосовується загальний принцип, прийнятий в літакобудуванні - розбивка планера на складові частини: фюзеляж, крило, горизонтальне оперення, вертикальне оперення, шасі, мотогондоли і так далі. На підставі аналізу технічного завдання в результаті формування вигляду літального апарату вибираються основні геометричні характеристики його агрегатів. Ці дані є вихідними для створення математичної моделі поверхні агрегату. В системі UNIGRAPHICS математична модель створюваних об'єктів є внутрішньою функцією формується на основі рішення задачі опису поверхні з накладеними жорсткими граничними умовами. Всі параметри при цьому в систему вносяться в зручному для сприйняття вигляді у вигляді сукупності кривих обмежують необхідну ділянку поверхні і описують його внутрішню структуру.

Для крила, перед виконанням побудов, необхідно задатися наступними параметрами:

- размах;
- корневая хорда;
- концевая хорда;
- аеродинамічні профілі для кореневого і кінцевого перерізів;
- координати шкарпеток профілю, як уздовж розмаху крила, так і вздовж поздовжньої осі літака;
- закон зміни кутів установки профілю уздовж розмаху крила;
- кут стрілоподібності крила по передній кромці.

Крім цього для крил складної геометрії (з зламами передньої кромки, напливами і т. Д.)

Необхідно задати:

- координати точок зламу;
- профілю в точках зламу;
- кути установки профілів в точках зламу.

Для фюзеляжу такими параметрами є:

- довжина фюзеляжу;
- еквівалентний діаметр фюзеляжу;
- довжина носової частини фюзеляжу;

-довжина хвостової частини фюзеляжу;

-Місцеві обмеження (кут нахилу скління ліхтаря кабіни пілотів, кути підходу поверхні фюзеляжу до залізо і напливів і т. д.).

Крім цього для літака в цілому задається ще цілий ряд геометричних характеристик:

-координати носка САХ по поздовжній осі літака;

-координати Сах горизонтального оперення (САХГО) за розмахом горизонтального оперення;

-координати носка САХГО по поздовжній осі літака;

-координати Сах вертикального оперення (Сахва) за розмахом вертикального оперення;

-координати носка Сахва по поздовжній осі літака;

-Плечі ЛГО - відстань від центру мас літака до центру тиску горизонтального оперення;

-Плечі ЛВО - відстань від центру мас літака до центру тиску вертикального оперення.

Однак даний список є лише необхідною вихідним мінімумом для початку створення моделі літака. В процесі роботи можливе виникнення необхідності уточнення деяких додаткових деталей.

На кожен агрегат літака розробляється поверхнева модель і теоретичний креслення (його обводообразующая частина). Необхідно відзначити, що для ув'язки зовнішніх контурів поверхнева модель і її теоретичний креслення повинні досліджуватися, при наявності двох взаємно протилежних інформаційних потоків. Крім свого основного призначення теоретичний креслення необхідний і для того, щоб побудувати математичну модель агрегату в будь-який інший інтегрованої комп'ютерної системи. Це пов'язано з тим, що сучасні конвертори і стандарти файлів обміну даними (IGES, DXF, і т. Д.) Не гарантують точність передачі самих поверхневих моделей через значні відмінності у використовуваних математичних ядрах різних систем (особливо це позначається при перенесенні з « важких »CAD / CAM / CAE систем в більш « легкі ».

1. Всі дуги представляються у вигляді кривих другого порядку, заданих інженерними способами.

2. Освіта поверхні є результат кінематичного руху формотворною кривою по направляючої кривої.

Розглянемо, як створюються поверхневі моделі деяких агрегатів в системі CAD / CAM / CAE CATIA V5

Крило, горизонтальне оперення (ГО) і вертикальне оперення (ВО) - це лінійчатих поверхні, т. Е. По криволінійних напрямних рухається пряма лінія. При цьому не виникає особливих складнощів при створенні поверхневих моделей цих агрегатів. Найбільш складним агрегатом з розглянутих є крило, через його складної геометрії. Для її завдання необхідно було використовувати три профілю, які формують консольную частина крила. Для створення ж моделі центроплана використовувалися і координати розташування двигунів і лонжеронів. При цьому з профілю по кореневої нервюрі консольної частини крила були виокремити фрагменти описують поведінку формотворною кривою на ділянках межлонжеронного простору і хвостовій частині профілю. Закінцівки крила на вигляді в плані описуються кривою другого порядку. Напрямні криві поверхні закінцівки також є кривими другого порядку, побудованими в перерізі по рівнопропорційна утворюючим. В результаті цих операцій був сформований каркас кривих необхідних для створення поверхневої моделі крила.

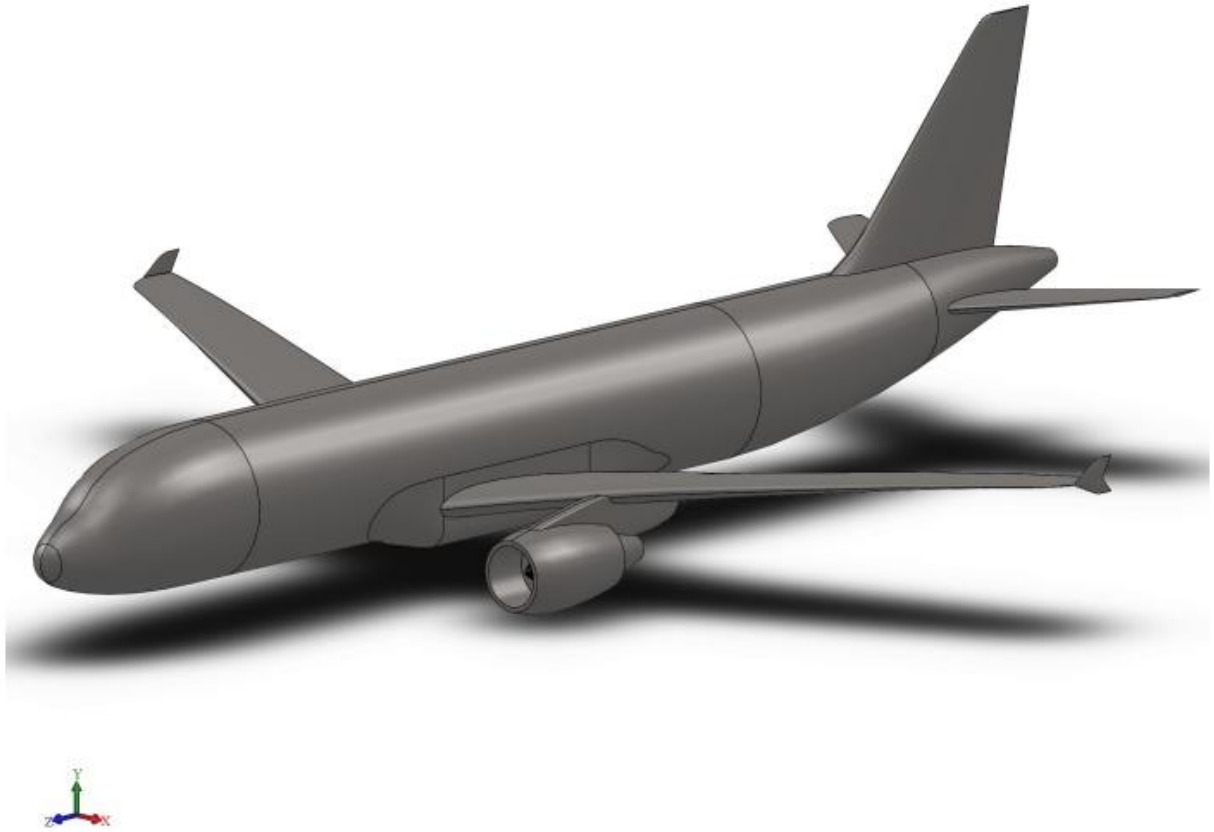


Рисунок 1.14 Майстер-геометрія проєктованого літака

### **Висновки**

В результаті даної розрахунково-графічної роботи був приблизно розроблений і спроектований пасажирський літак з кількістю пасажирів  $n = 280$  осіб і дальністю польоту  $L = 10000$  км. Дані розрахунки не слід приймати як остаточні, так як вони проводилися в нульовому наближенні.

За статистичними даними літаків аналогів були визначені тактико-технічні вимоги проєктованого літака.

Виходячи з отриманих ТТТ були визначені масові характеристики літака і його основні геометричні параметри.

За отриманими результатами будемо креслення зовнішнього вигляду літака на форматі A1 і креслення об'ємно масової компоновки.



## 2. Експлуатаційний розділ

### Вступ

У зв'язку з низкою об'єктивних причин (неможливість забезпечення українських авіапідприємств конкурентними літаками вітчизняного виробництва, відсутністю в авіапідприємствах значних вільних коштів для прямої закупівлі нових літаків, широким пропозицією на ринку не нових літаків) українські експлуатанти в масовому порядку беруть в лізинг (оренду) закордонні літаки, як правило, випущені від 5 до 10 років назад.

Незважаючи на те, що лідируючі авіакомпанії розвинених країн (США і Європи) намагаються оновлювати свій парк новими літаками, слід зазначити, що тенденція експлуатації парку старих літаків з вторинного ринку не є збитковою при належній організації всіх аспектів їх експлуатації. Можна навести ряд прикладів, коли зарубіжні авіакомпанії успішно, в тому числі і за фінансовими результатами, експлуатують вікової парк літаків.

Звичайно, при придбанні закордонного літака в лізинг (оренду) важливе значення має якість первинного аналізу його технічного стану. Також важливим елементом успіху є підбір парку літаків під потреби охоплення маршрутної мережі, а також прагнення до уніфікації парку для розширення наступних можливостей маневру і зниження експлуатаційних витрат.

Однак не менш важливе значення в зв'язку з придбанням українськими авіапідприємствами в великих кількостях зарубіжних літаків має проблема організації їх технічного обслуговування і ремонту (ТОіР).

З придбанням зарубіжних літаків в рамках авіапідприємства, що має парк вітчизняних літаків, доводиться реалізовувати два профілі діяльності, пов'язаної з підтриманням льотної придатності (ЛП) цих літаків. Для вітчизняних літаків авіапідприємство керується українськими нормами, а для зарубіжних літаків - європейськими або американськими.

Керівники авіапідприємств і Організацій по ТОіР, які обслуговують зарубіжні літаки, краще за всіх представляють наскільки складно одночасно впроваджувати закордонні стандарти, залишаючись в той же час в рамках українського авіаційного законодавства.

Українські, європейські та американські норми, незважаючи на схожість з багатьох питань, мають і принципові відмінності. Відмінності мають місце і в системі ТОіР, перш за все, в рішенні задач формування системи та її інфраструктури, в участі фірм-розробників літаків у вирішенні цих завдань, в забезпеченні технічного сприяння авіапідприємствам з боку фірм-розробників літаків з різних питань їх технічної експлуатації. Відмінності є і в організації процедур видачі та продовження сертифіката ЛП на екземпляр літака, в розробці та забезпеченні авіапідприємств експлуатаційно-технічною документацією (ЕТД), в порядку допуску до експлуатації літаків з не усуненими пошкодженнями.

Для організації ТОіР зарубіжних літаків і їх компонентів авіапідприємствам необхідно закуповувати технічну документацію, обладнання, інструмент, запасні частини, матеріали, ремонтувати або будувати ангари та інші виробничі приміщення. Все це вимагає великих коштів.

Але ще більш складним завданням є підготовка інженерно-технічного персоналу (ІТП) для ТОіР зарубіжних літаків і їх компонентів. Процес підготовки кваліфікованих керівників і фахівців відповідно до зарубіжними нормами займає багато часу і вимагає не тільки і не стільки фінансування, скільки копіткої і тривалої роботи.

Очевидно, що для успішної технічної експлуатації зарубіжних літаків і, зокрема, підтримки їх ЛП українськими авіапідприємствам доведеться вирішувати безліч завдань різної складності. Але через це необхідно пройти, так як в даний і найближчим часом іншої альтернативи немає і не передбачається.

У даній роботі буде розглянуто сучасний стан важливих питань технічного обслуговування зарубіжних літаків фірми Airbus, виявлені основні відмінності і тенденції розвитку, шляхи і методи вирішення виникаючих завдань.

## 2.1 Парк зарубіжних літаків в авіа підприємствах України

Українські авіа підприємства (експлуатанти), традиційно експлуатували літаки вітчизняного виробництва (Ан-12, Ан-124, Ан-148, Ан-74 та інші), поступово переходять на експлуатацію зарубіжних літаків. Різні модифікації літаків фірм Boeing і Airbus більш ефективні з економічної точки зору завдяки меншій витраті палива і менших витрат на ТОiP, а також забезпечують пасажиром більш високий рівень комфорту. Крім того, вони, на відміну від застарілої вітчизняної техніки, відповідають всім міжнародним стандартам за рівнем шуму і викидів, що дозволяє їм літати в будь-яку точку світу.

Однією з найважливіших характеристик авіакомпанії є парк повітряних суден (ПС), оскільки саме тип літаків, їх стан і кількість (провізна здатність) визначають ринкову орієнтацію і позицію авіакомпанії (АК). Для авіакомпаній України характерний значний рівень зносу повітряних суден, більшість з яких отримані в лізинг від іноземних авіакомпаній і вже відпрацювали значну частину ресурсу. Недостатнє забезпечення літаками і високий рівень їх морального і фізичного зносу є однією з головних причин низької конкурентоспроможності українських авіакомпаній.

Аналіз останніх досліджень і публікацій деякі аспекти модернізації парку повітряних суден розглядалися рядом вчених, серед яких слід назвати Кулаєва Ю.Ф., Кобу В.Г., Підріза С.М., Кобу А.В., Каменецький А.В., Янчук М.Б. та інших. Однак, проблема не втратила актуальності і вимагає детального вивчення.

Українська авіація продовжує активно розвиватися. Так, в 2021 р українськими авіаперевізниками було перевезено 8,1 млн. Пасажирів. Зростання становить близько 14% в порівнянні з показником 2019 Темпи зростання вітчизняного ринку значно перевищують аналогічний показник європейського ринку, що в черговий раз підтверджує недостатній рівень зрілості українського ринку пасажирських перевезень і значний потенціал його розвитку.

Основними факторами, які найбільше впливають на зростання показників діяльності авіакомпаній України є постійне розширення маршрутної мережі, збільшення інтенсивності польотів на існуючих напрямках і поступове оновленням парку повітряних суден. Істотним фактором збільшення обсягів перевезень є реалізація заходів щодо підвищення безпеки польотів і поліпшення якості обслуговування.

Великий внесок у розвиток авіаційних перевезень вносить також введення в експлуатацію в аеропортах нових об'єктів і реконструкція існуючих, які оснащуються сучасним обладнанням, новітніми технологіями та системами.

Задовольнити зростаючий попит на авіаційні перевезення в умовах загострення конкуренції і постійного підвищення рівня витрат можна використовуючи тільки сучасні типи літаків.

Літаки, які знаходяться в розпорядженні вітчизняних авіакомпаній, відносяться вже до минулого покоління авіаційної техніки. Так, середній вік літаків авіакомпанії МАУ становить 14,6 м, Аеросвіт - 17,6 м, Дніпроавіа - 18,5 р. Загальна характеристика парку ПС авіакомпанії МАУ представлена в табл.3.1 (див. Додаток).

Авіакомпанія «Міжнародні авіалінії України» володіє однотипним парком повітряних суден марки Boeing. Це дозволяє перевізнику значно скоротити витрати на технічне обслуговування. Крім того, авіакомпанія самостійно здійснює технічне обслуговування власних літаків і надає аналогічні послуги іншим авіакомпаніям. Флот МАУ орієнтований на перевезення середньої дальності і регіональні перельоти. Середній вік парку, використовується авіакомпанією на даний момент, становить 14,6 м, без урахування регіонального літака Fokker F27 МК050, який використовується на умовах операційного лізингу - 14,2 м Вік 13 літаків перевищує 18 років, що змусило авіакомпанію почати реалізацію стратегії оновлення власного флоту. Сьогодні, в розпорядженні авіакомпанії знаходиться 4 нових літака Boeing 737-800NG, отримані безпосередньо від виробника на замовлення авіакомпанії. На регіональних маршрутах авіакомпанія почала експлуатацію 3 літаків вітчизняного виробництва АН-148. Використання

літаків даного типу дозволить зменшити витрати на придбання та обслуговування і забезпечити більш високий коефіцієнт завантаження.

Основу парку повітряних суден авіакомпанії «Аеросвіт» також складають літаки марки Boeing. «Аеросвіт» є єдиною авіакомпанією України здійснює трансатлантичні перельоти. Її флот налічує 8 далекомагістральних Boeing 767-300 і 14 середньомагістральних. Однак, їх середній вік становить 19,5 м. Авіаперевізник починає активну програму оновлення флоту. Так, за інформацією розміщеною на сайті авіакомпанії, очікується поставка ще 3 літаків Boeing 737 нового покоління. (Табл. 2.3)

Авіакомпанія «Дніпроавіа» має потужний регіональний парк. В даний час в розпорядженні авіаперевізника знаходяться 20 літаків Embraer, ще 2 очікуються. Дальність польоту літаків такого типу дозволить обслуговувати майже всі аеропорти Європи, крім Португалії. Середній вік літаків становить 16,8 м.

Частина власних повітряних суден авіакомпанія передає в користування партнерам по альянсу. Так, авіакомпанія «Аеросвіт» використовує 3 Boeing 737-500, Boeing 767-300 і Boeing 737-300.

З огляду на членство авіакомпаній «Аеросвіт» і «Дніпроавіа» в авіаційному альянсі «Об'єднана авіаційна група» вважаю за доцільне розглянути парк повітряних суден і авіакомпаній «Донбасаеро» і «Windrose» (табл. 2.4, табл. 2.5).

Як, видно, з табл. 2.4, парк літаків авіакомпанії Дніпроавіа складається виключно в середньомагістральних літаків марки Airbus, які вже також досить застарілими. Більшість рейсів перевізник також виконує в складі альянсу. 3 літаки Airbus A320-200 знаходяться в постійному використанні авіакомпанії Аеросвіт.

Парк повітряних суден авіакомпанії Windrose є найменшим серед розглянутих авіакомпаній і більшою мірою орієнтований на чартерні перевезення. Основу флоту складають регіональні літаки Embraer і McDonnell Douglas.

Проведений аналіз стану парку повітряних суден продемонстрував значний рівень фізичного і морального зносу літаків українських авіакомпаній. За показником середнього віку кращий показник у флоту авіакомпанії «МАУ», найстаріший флот - в авіакомпанії «Аеросвіт» (14,6 і 19,5 років відповідно). Однак, за розмірами повітряного флоту, авіакомпанія «МАУ» значно поступається авіакомпанії «Аеросвіт», особливо з огляду на можливість залучення додаткових ємностей у інших членів альянсу.

Українські авіакомпанії не мають достатньої кількості повітряних суден для відповідного забезпечення зростаючого попиту на пасажирські перевезення, особливо з огляду на збільшення частот польотів на існуючих напрямках і постійне відкриття нових маршрутів. Більшість з наявних літаків є застарілими і не можуть забезпечувати належну конкурентоспроможність вітчизняним авіакомпаніям, особливо на міжнародних рейсах.

Однією з проблем є недостатнє забезпечення далекомагістральними повітряними судами які використовуються тільки авіакомпанією Аеросвіт. Однак, їх вік близько 20 років, в той час, як європейські конкуренти використовують техніку із середнім віком близько 6 років.

Оновлення флоту є необхідною умовою збереження їх ринкових позицій і подальшого розвитку вітчизняних авіакомпаній в умовах насичення ринку повітряних перевезень і загострення галузевої і міжгалузевої конкуренції.

## **2.2 Експлуатація парку зарубіжних літаків**

Говорячи про технічне обслуговування зарубіжних літаків, що експлуатуються в українських авіапідприємствах, слід коротко ознайомитися з основними характеристиками деяких з них, які займають помітне місце в парку літаків України. (Табл. 2.6)

Незважаючи на очевидні переваги експлуатації зарубіжних літаків, українські авіапідприємства стикаються з цілою низкою проблем, головна з яких - необхідність якісного та

економічно ефективного технічного обслуговування і ремонту цих літаків при фактичній відсутності в Україні необхідної для цього інфраструктури. Серед проблемних питань слід також відзначити перепідготовку льотного складу та навчання інженерно-технічного персоналу.

В даний час в українських авіапідприємств є три варіанти дій: а) віддати всі турботи про ТОiP літаків на аутсорсинг - в спеціалізовані технічні центри, які пропонують комплексні рішення; б) інвестувати значні кошти в розвиток власних технічних центрів і створення власної інфраструктури; в) використовувати поєднання власних ресурсів і аутсорсингу. Згідно зі світовою статистикою, на аутсорсинг припадає близько 50% важких форм ТОiP літаків, 75% - ТОiP двигунів, 77% - ТОiP компонентів.

На думку експертів, незалежно від того, який сценарій обере авіапідприємство, при вирішенні проблем ТОiP першочергове значення для нього в будь-якому випадку має наявність стратегічного партнера, який буде не тільки обслуговувати і ремонтувати літаки, а й надавати консалтингові послуги - при плануванні парку, навчанні персоналу і навіть при відкритті авіакомпанією власної технічної бази.

Справедливості заради слід зазначити, що доступ сторонніх авіакомпаній до власних технічних баз інших авіаперевізників обмежується ні в якому разі не штучним шляхом - на ринку реально домінують принципи добросовісної конкуренції. Ключовий фактор при проведенні ТОiP - планування, від точності і ефективності якого залежить, скільки часу літак проведе на землі. Чим менше, тим краще - адже літак приносить гроші, тільки перебуваючи в небі. Зрозуміло, при плануванні своєї роботи провайдери, афілійовані з авіакомпаніями, віддають пріоритет власним парком, і інші клієнти отримують досить обмежений вибір слотів.

Набагато більш гнучкими є незалежні провайдери, для яких ТОiP є основною і єдиною спеціалізацією, - вони надають комплексний пакет послуг, пропонуючи індивідуальні настройки для кожного клієнта, в залежності від його потреб і особливостей бізнес-моделі. Аутсорсинг всіх, або частини напрямків ТОiP, дозволяє авіаперевізникам ефективно планувати графік обслуговування парку та в кінцевому підсумку мінімізувати витрати. Саме в незалежних технічних центрах проводить складні форми ТОiP своїх зарубіжних літаків більшість російських авіапідприємств.

В даний час безумовними лідерами на ринку незалежних світових провайдерів ТОiP, які обслуговують російські авіакомпанії, є LufthansaTechnik, литовська FLTechnics, угорська Aeroplex, бельгійська Sabena, турецька MNG - Technic, казахстанський АТЦ Міжнародного аеропорту Алмати. Провайдери Казахстану і Туреччини порівняно молоді і вони ще поки поступаються в якості послуг, що надаються європейським конкурентам. Їх головна перевага - дешева робоча сила і, як наслідок, вирашна в порівнянні з більшістю європейців вартість послуг.

Найкраще співвідношення ціни і якості пропонують європейські провайдери Lufthansa Technik, Aeroplex і FL Technics. Литовська FL Technics працює відповідно до стандартів ЄС, але, будучи новачком в Євросоюзі і будучи розташованої на території пострадянського простору, утримує вартість своїх послуг на рівні нижче середньоевропейського. Саме в Литві вже протягом декількох років обслуговує свій парк літаків типу Боїнг-737 авіакомпанія "Трансаеро".

Маючи в експлуатації великий парк зарубіжних літаків в Україні необхідно створювати власні центри технічного обслуговування. На жаль, це завдання не з легких. На думку західних експертів на сьогодні таке рішення поки не прийнято і навряд чи буде прийнято найближчим часом.

Це завдання має вирішуватися в сукупності різних факторів, таких як: попит на послуги, наявність сприятливого клімату для технічних центрів і для російських авіапідприємств, обсяг і складність подолання адміністративних бар'єрів, собівартість ТОiP.

Ключова проблема українських незалежних провайдерів - нестача і висока вартість кваліфікованих фахівців, а також специфіка митного законодавства, яке значно ускладнює процедуру ввезення в країну запасних частин і витратних матеріалів. У сукупності ці фактори можуть призводити до затримок у виконанні робіт, що є неприйнятним для авіаперевізників, які прагнуть мінімізувати витрати і забезпечити якомога більше годин нальоту своїх літаків.

## 2.3 Види і форми технічного обслуговування літаків

Технічне обслуговування (ТО) має за мету підтримку в експлуатації необхідного рівня льотної придатності (ЛП) літаків. У документах ІКАО (поправка 102 додатка А-8), прийнятих на 189 сесії Ради ІКАО в 2010 р., Підтримку ЛП визначено, як «комплекс заходів, за допомогою яких забезпечується відповідність усіх літаків чинним вимогам льотної придатності і їх підтримка відповідно, необхідному для безпечної експлуатації протягом експлуатаційного строку служби».

Підтримка літаків відповідно, необхідному для безпечної експлуатації, забезпечується підтримкою його експлуатаційно-технічних характеристик (етх), закладених при проектуванні і створенні авіаційної техніки (АТ). Основним інструментом підтримки етх і основним керуючим впливом на технічний стан компонентів літака є організація і виконання ТО. Це завдання вирішується за допомогою виконання видів і форм ТО, принципи структурної побудови яких визначаються етх літаків.

Під виглядом ТО розуміють технічне обслуговування, що виділяється по якомусь відмітною ознакою; під формою ТО - певний комплекс робіт даного виду. Роботи, необхідні для підтримки ЛП в процесі експлуатації літака (моніторинг безпеки, його ТО і модифікацій), підлягають виконанню відповідно до вказівок, що містяться в документації з технічної експлуатації.

Для літаків іноземного виробництва структура ТО формується на підставі принципів підтримки ЛП відповідно до авіаційним законодавством і вимогами виробників АТ. Розрізняють «легкі» та «важкі» форми ТО. До «легким» формам відносять щоденний (daily), А-і В-check. «Важкі» форми - С-D-check вимагають, щоб ТО виконувалося в спеціально обладнаному ангарі, при цьому літак на час виконання робіт виводиться з розкладу.



Рисунок. 2.1. Види ТО

В цілому, аналогічно вітчизняній системі ТО, практикується пірамідальна виконання форм ТО зі зростаючою трудомісткістю і збільшенням обсягу робіт (табл.2.7).

Характеристики ТО літака Ан-148 (табл. 2.8) розроблено з урахуванням наступного: реалізовані в конструкції вимоги по експлуатаційної технологічності планера, двигунів і систем; встановлений на літаку комплекс засобів експлуатаційного контролю на базі міжнародних стандартів; застосовані стандартні, в тому числі західні засоби наземного обслуговування; програма ТО, експлуатаційна документація розроблялися на основі міжнародних рекомендацій АТА 100, АЕ СМА 1000 D, АС-121-22А, АС 25.1581, SARMMEL / МЕЛ, SAR-OPS 1.045.

При формуванні видів і форм ТО, крім основних цільових функцій (підтримання ЛГ і етх компонентів літака, закладених при створенні) необхідно розглядати такі вимоги: забезпечення високої інтенсивності польотів, регулярності вильотів і низьких експлуатаційних витрат. Сьогодні, при жорсткій конкуренції авіакомпаній-експлуатантів та організацій, що виконують ТО літаків, витрати на організацію і проведення ТО грають важливу роль.

Видно, що основна частка - трудовитрати на ТО і ремонт (відновлення) демонтованого обладнання і двигунів, при цьому слід враховувати, що при однаковій структурі ТО, трудомісткість і тривалість виконання форм ТО варіюється в різних авіакомпаніях-експлуатанта.

Ще один важливий показник - вартісні витрати на ТО літаків. Аналіз цього показника повинен враховувати безліч організаційних і техніко-економічних факторів як в експлуатації, так і на ринку авіаперевезень в цілому. В середньому питома вартість ТО зарубіжних літаків - 200 ÷ 300 \$ / год для близькомагістральних літаків і 1400 ÷ 1500 \$ / год для Б-747, ДС-10, А-320. Вартість робіт по ТО варіюється в різних країнах. Так, для Б-747 при виконанні форми D: 4 млн. \$ (США); 1,2 млн. \$ (Сінгапурська компанія SIA).

Цікаво порівняння структури загальних витрат на ТО зарубіжних і вітчизняних літаків ГА (табл. 2.9).

## 2.4 Складові частини системи ТОіР і умови її функціонування

Під системою ТОіР розуміється комплекс взаємопов'язаних між собою конструкторських, технологічних, технічних і організаційних заходів, що здійснюються на різних етапах життєвого циклу літака для підтримки і відновлення працездатності і справності функціональних груп і систем при експлуатації.

Основним призначенням системи ТОіР є підтримка льотної придатності літаків в процесі тривалої експлуатації, забезпечення справності парку літаків і умов для його ефективного використання за призначенням.

ТОіР як система являє собою сукупність взаємопов'язаних ланок - складових частин: об'єкта ТОіР, виробничо-технічної бази, засобів ТОіР, інженерно-технічного персоналу (ІТП), програми ТОіР і експлуатаційно-технічної документації (ЕТД) (рис. 2.2).



Рисунок 2.2. Структура ТоіР

Довершеність системи ТОіР визначається перш за все тим, наскільки чітко і повно забезпечується взаємозв'язок і взаємодія між усіма складовими частинами системи (рис.1), а також тісністю зв'язку, яка з її допомогою забезпечується між об'єктивно існуючими процесами пошкоджуваності конструкцій (руйнівними процесами) при експлуатації і процесами підтримки та відновлення їх працездатності. Чим тісніше зв'язок, тим досконаліше система ТОіР.

Центральне місце в системі ТОіР займає програма ТОіР - основний документ, що містить сукупність головних принципів і прийнятих розробником правил і рішень щодо застосування найбільш ефективних методів і режимів ТОіР, реалізованих в конструкції об'єктів при їх проектуванні і виготовленні і в експлуатаційній документації з урахуванням заданих вимог і умов використання літаків.

Програма відображає прийняту стратегію ТОіР літака в цілому, його функціональних систем і виробів і виконує роль цементуючого матеріалу, що з'єднує воедино для досягнення поставленої мети всі ланки системи ТОіР, а також її інфраструктуру, що включає всі види забезпечення: матеріально-технічного, інформаційного, організаційно-правового, кадрового, метрологічного та ін. В свою чергу програма ТОіР відображає властивості об'єкта ТОіР.

Під об'єктом ТОіР розуміються компоненти або їх сукупність, що характеризуються потребою в проведенні певних робіт з підтримки (відновлення) справності або працездатності в тому чи іншому стані процесу технічної експлуатації і приспособленостю виконання даних робіт.

Потреба об'єкта в ТОіР і його пристосованість до ТОіР визначаються сукупністю експлуатаційно-технічних характеристик (етх) конструкції об'єкта. Досягнутий при створенні літака рівень етх конструкції визначає зміст програми ТОіР, її прогресивність.

З етх об'єкта і програмою тісно пов'язані і інші складові частини системи ТОіР, а саме: ЕТД, що поставляється з літаком; кошти ТОіР; інженерно-технічний персонал; виробничо-технічна база.

Система ТОіР будується на основі наступних принципів: дотримання суворої плановості при проведенні форм ТОіР; своєчасного попередження відмов функціональних систем і їх найбільш важливих компонентів; забезпечення економічності технічної експлуатації.

Під принципом плановості системи ТОіР розуміється дотримання насамперед встановленої періодичності відходу літаків на ту чи іншу форму ТОіР, а також обсягів частини стандартних регламентних операцій і операцій з технічного діагностування та дефектації об'єктів ТОіР.

Попереджувальний характер системи ТОіР забезпечується шляхом організації постійного спостереження при експлуатації за рівнями надійності, а в ряді випадків і технічним станом функціональних систем і окремих компонентів з метою своєчасного виявлення предотказного стану останніх з наступною заміною компонентів або регулюванням їх параметрів.

Висока економічна ефективність системи ТОіР досягається за рахунок забезпечення необхідного рівня експлуатаційно-технічних характеристик літаків і застосування оптимальних програм ТОіР, засобів технічної діагностики і неруйнівного контролю і, як наслідок, найбільш повного використання можливостей кожного конкретного компонента щодо його працездатності.

## **2.5 Аналіз системи технічного обслуговування літаків фірми Airbus**

Найбільшою популярністю літаки А320 користуються у низькобюджетних перевізників, які цінують дані лайнери за низькі експлуатаційні витрати, що досягаються за рахунок високої надійності повітряних суден в експлуатації. Керівництво компанії Airbus взагалі вважає лайнери А320 найбільш ефективними в плані експлуатаційних витрат вузькофюзеляжного літаками, доступними на ринку. І ці заяви не виглядають голосливими, оскільки такої ж думки

дотримуються і провідні оператори TOiP повітряних суден, які спеціалізуються на обслуговуванні літаків сімейства A320. Багато в чому практично всі з них вважають, що проблем з надійністю даних лайнерів практично немає, а в компанії SR Technics взагалі відзначають, що літаки цього типу встановлюють стандарти надійності в галузі,

Експерти також сходяться на думці, що істотних труднощів з обслуговуванням літаків A320 не виникає, а в компанії Turkish Technic підкреслюють, що процедура обслуговування A320 набагато простіше в порівнянні з іншими літаками, забезпечення необхідними комплектуючими знаходиться на високому рівні, та й організації поточкових ліній по TOiP цих лайнерів є більш простий і практичною.

Проблеми, з якими можна зіткнутися під час проведення обслуговування літаків A320, відповідають типовим проблем, характерних для будь-якого авіалайнера, що знаходиться в експлуатації. Наприклад, один з операторів TOiP зазначає, що виникла необхідність в заміні п'яти нервюр, з'явилися тріщини в тязі керма висоти, елеронів і керма напряду, виникали поломки механізму управління носовою стійкою шасі, а також іноді виникали неполадки в двигунах IAE V2500. В цілому ж, більшість поломок є наслідком процесу старіння.

Для запобігання виникненню і повторення різних відмов компанія Airbus спільно з представниками операторів TOiP, а також авіакомпаній, що експлуатують літаки сімейства A320, проводять спеціальні наради, на яких обговорюються проблеми, які виникли і визначаються шляхи їх вирішення.

В цілому, головні причини комерційного і експлуатаційного успіху літаків сімейства A320 можна розділити на дві категорії: по-перше, дані лайнери увібрали в себе безліч інноваційних технологій з моменту початку їх виробництва; по-друге, компанія Airbus постійно модернізує своє дітище, з огляду на досвід, отриманий під час експлуатації цих літаків. Європейський концерн оновлює свої A320 протягом усього терміну їх експлуатації, причому більшість модифікацій було направлено на підвищення ефективності та надійності літаків. Як відзначають експерти, така стратегія приносить значні плоди, оскільки кількість експлуатаційних бюлетенів значно скоротилося з середини 1990-х років, і зараз випускається лише кілька таких бюлетенів на рік.

Необхідно відзначити, що літаки A320 були одними з перших, де почали застосовувати централізована система відображення інформації про несправності (CFDS), яка забезпечує безперервний контроль за технічною справністю авіалайнера і попереджає про виникнення неполадок і відмов. Дане обладнання дозволяє технікам отримати інформацію про стан систем літака через бортовий комп'ютер безпосередньо в кабіні пілотів. Вся інформація про несправності може бути виведена на друк, і на думку експертів, це є суттєвою перевагою, оскільки спрощується сам процес пошуку несправностей.

Однак найбільш значущим перевагою системи CFDS є можливість передачі інформації про несправності в режимі реального часу за допомогою спеціального програмного забезпечення AIRMAN наземного обслуговуючого персоналу через бортову систему адресації і передачі повідомлень (ACARS). Таким чином, техніки отримують інформацію про виниклі несправності ще до приземлення літака і відповідно можуть підготуватися до майбутнього обслуговування, що значно скорочує час на проведення необхідних технічних операцій. Як відзначають експерти, використання програмного забезпечення AIRMAN допомогло одній з авіакомпаній за 12 місяців уникнути скасування семи рейсів, 72 затримок і запобігти 80 випадків необгрунтованого зняття різних елементів з літака. В даний час програмне забезпечення AIRMAN використовується близько 73 авіакомпаніями, експлуатуючими лайнери A320, і в цілому воно допомагає оптимізувати процеси обслуговування 2700 літаків. Крім того, дана система дозволяє компанії Airbus оперативного отримувати інформацію про виникаючі неполадки і вживати заходів щодо їх усунення, що, безумовно, є серйозним плюсом.

При створенні лайнерів A320 для полегшення їх обслуговування і скорочення витрат на проведення операцій по TOiP розробники прагнули максимально скоротити кількість різних систем, що встановлюються на літаку. Такий підхід, крім усього іншого, дозволяє знизити ризики виникнення потенційних помилок при обслуговуванні, а також спрощує логістичні



операції, пов'язані з підтриманням страхового запасу необхідних комплектуючих. Одним з вдалих прикладів цього є використання системи електродистанційною управління (fly-by-wire), яка спочатку сприймалася в галузі з певним скептицизмом. Дана система дозволила позбутися від використання різних кабелів і гідравлічних магістралей, необхідних для приводу керуючих площин, і які були замінені звичайними електричними проводами. Крім того, технікам при обслуговуванні літака вже не потрібно добиратися до важкодоступних місць в крилі і фюзеляжі авіалайнера, де зазвичай і прокладалися кабелі та магістралі. Крім того, за словами експертів, використання системи електродистанційною управління дозволяє значно скоротити витрати на обслуговування літака, що вже було підтверджено в процесі експлуатації лайнерів A320.

У числі інших прикладів можна відзначити використання карбонових гальм, а також нову систему управління польотом, функціонування якої забезпечують чотири комп'ютери, тоді як на лайнерах Airbus A300-600, представлених в 1970-х роках, робота подібної системи забезпечувалася 14 комп'ютерами. Що стосується карбонових гальм, то їх використання забезпечує 15-процентне скорочення витрат на обслуговування в порівнянні зі звичайними сталевими гальмами. Починаючи з 1988 р Airbus непинно модернізує різні системи літаків сімейства A320 і проводить поступову інтеграцію компонентів, що дозволяє значно скоротити витрати на обслуговування.

Програма модернізації торкнулася не тільки основних систем і компонентів лайнерів A320, але і двигунів, які використовуються на цих літаках. У 1996 р двигуни CFM56-5A були замінені на силові установки CFM56-5B / P, які також відрізняються більш низькими витратами на обслуговування і проводять більше часу на крилі літака. До слова, як відзначають експерти, мотори від CFM відмінно зарекомендували себе в процесі експлуатації і не викликали нарікань у експлуатантів. У той же час інші двигуни V2500, що поставляються консорціумом IAE, виявилися не такими успішними, і в операторів неодноразово виникали претензії до їх надійності та вартості обслуговування. Впровадження спеціальної програми SelectOne для даних двигунів в 2008 р дозволило підвищити їх рівень надійності і збільшити міжсервісний інтервал на 20%. Представники операторів TOiP відзначають дієвість стратегії Airbus, яка надає своїм клієнтам на вибір двигуни від двох різних постачальників. Це не тільки дозволяє замовникам більш гнучко проводити переговори, але і мотивує двигунобудівників підвищувати якість своєї продукції, щоб підвищити їх конкурентоспроможність. У той же час компанія Boeing в рамках проекту 737NG завжди співпрацювала тільки з одним постачальником - консорціумом CFM, і в рамках програми 737 MAX така співпраця буде продовжена, тоді як Airbus дотримується колишньої стратегії і для ремоторізованих лайнерів A320neo надає на вибір силові установки від консорціуму CFM і компанії Pratt & Whitney. Це не тільки дозволяє замовникам більш гнучко проводити переговори, але і мотивує двигунобудівників підвищувати якість своєї продукції, щоб підвищити їх конкурентоспроможність. У той же час компанія Boeing в рамках проекту 737NG завжди співпрацювала тільки з одним постачальником - консорціумом CFM, і в рамках програми 737 MAX така співпраця буде продовжена, тоді як Airbus дотримується колишньої стратегії і для ремоторізованих лайнерів A320neo надає на вибір силові установки від консорціуму CFM і компанії Pratt & Whitney.

Постійна модернізація літаків сімейства A320 також дозволила збільшити і міжсервісний інтервали. Так, наприклад, інтервал між А-чеками був збільшений з 350 до 750 льотних годин, а інтервал між С-чеками - з 15 до 24 місяців. Як відзначають експерти, лайнери A320 мають і значну перевагу в трудомісткості обслуговування в порівнянні з повітряними судами родини 737NG, яке становить 8000 людино-годин протягом 24-річного терміну експлуатації.

Крім того, компанія Airbus постійно вдосконалює саму програму сервісного і технічного обслуговування літаків A320. Наприклад, можливе виконання операцій з ТОiP під час нічної стоянки повітряного судна, тим самим запобігається довгочасний простій літака, який обертається для авіакомпаній істотними витратами. Деякі з експлуатантів успішно скористалися цією особливістю. Як приклад можна привести авіакомпанію easyJet, яка експлуатувала свої лайнери A320 протягом шести років, перш ніж вони проходили тривале обслуговування. Для порівняння наводиться середні цифри по авіаційній галузі, які складають 10 днів простою літака в рік для виконання операцій за регулярним обслуговуванням.

Майбутні модернізації лайнерів A320, включаючи установку нових двигунів, також повинні підвищити ефективність обслуговування даних літаків. Наприклад, поява законцовок крила Sharklet дозволить знизити навантаження на двигуни під час зльоту, а значить, збільшиться ресурс силових установок.

Але, безумовно, найбільш значущим оновленням в сімействі узкофюзеляжних лайнерів Airbus буде поява більш ефективних і економічних двигунів. У Airbus обіцяють, що корпус нових двигунів в найбільш широкому сенсі уніфікований з попередніми силовими установками, що дозволить скоротити витрати на їх обслуговування. Незначним буде і час, необхідний для перепідготовки механіків, які будуть обслуговувати нові двигуни.

У світлі зростаючої популярності літаків A320 і A320neo провідні оператори ТОiP готуються до значного збільшення попиту на операції з технічного обслуговування цих літаків в найближчі роки. Особливо велике зростання очікується в країнах Азії. Таку тенденцію відзначають в компаніях GAMECO і Fokker. Значне збільшення парку повітряних суден в Китаї вже призвело до зростання обсягу робіт з ТОiP узкофюзеляжних лайнерів. Дані обставини спонукали керівництво компанії GAMECO відкрити в Китаї нові станції технічного обслуговування, щоб покрити зростаючий попит на послуги даного роду.

Збільшення попиту на послуги з ТО лайнерів A320 відзначають і в компанії Turkish Technic, яка витрачає близько 65% своїх ресурсів на ТОiP і модернізацію узкофюзеляжних літаків Airbus. У Європі число операторів літаків A320 постійно збільшується, також як і сам парк ВС, відповідно, обсяги робіт з технічного обслуговування також ростуть. У минулому році турецька компанія провела ряд модернізацій на своїй базі, щоб збільшити наявні виробничі потужності, зокрема, з'явилися нові ангари, що дозволяють обслуговувати 12 узкофюзеляжних і три широкофюзеляжних літаків.

Певні роботи по відкриттю нових станцій технічного обслуговування літаків сімейства A320 проводяться в Південній Америці, де також відзначається збільшення парку ПС даного типу. Так, наприклад, фірма Varfield, що є підрозділом компанії Sabena Technics, відкрила нову станцію в Боготі (Колумбія). Спочатку, нова станція буде спеціалізуватися на обслуговуванні бортовий авіоніки, після чого перейде на обслуговування інших компонентів.

## **2.6 Технічна допомога фірм-розробників літаків в успішному функціонуванні системи ТОiP**

Для успішного вирішення завдань формування і функціонування системи ТОiP фірми-розробники літаків в рамках своїх структур створюють комплекс служб технічного сприяння Замовнику.

Так, фірма «Airbus» має комплекс служб технічного сприяння, покликаний гарантувати, що авіакомпанія, що експлуатує літаки даної фірми, досягне найкращих значень показників ефективності експлуатації (рис. 2.3). З рис. 2.32 випливає, що більшість служб комплексу сприяють Замовнику в сфері технічної експлуатації літаків. Цінно, що це сприяння здійснюється з найактуальніших для авіакомпаній проблем: підготовка ІПП, матеріально-технічне забезпечення, забезпечення експлуатаційно-технічною документацією, інженерно-технічне забезпечення.

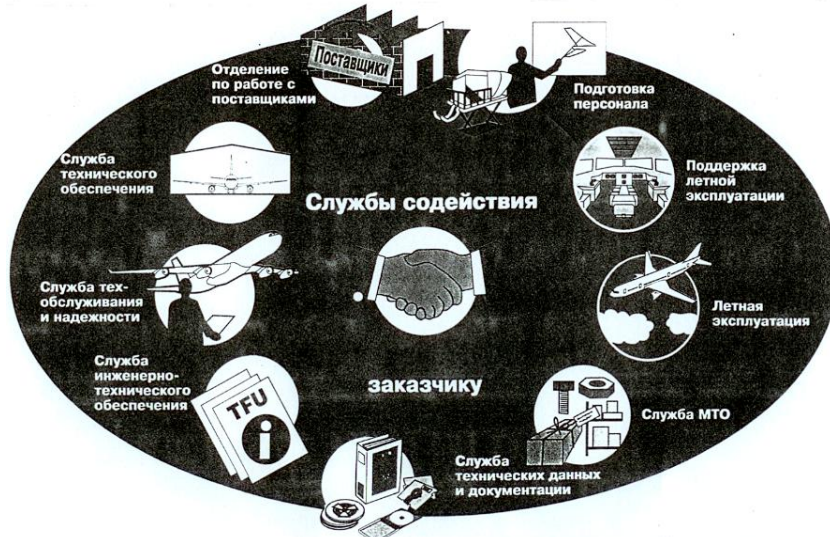


Рисунок. 2.3 Комплекс служб технического сприяння Замовнику з боку фірми «Airbus»

Служба технічних даних і документації забезпечує своєчасне формування переліку експлуатаційно-технічної документації та даних для конкретної авіакомпанії, в якій включаються і спеціалізовані керівництва і дані, розроблені фірмою за заявками авіакомпанії. Приклад такого переліку наведено в табл.2.10.

Вся документація і технічні дані службою оформляються на компакт-дисках і своєчасно поставляються замовнику до введення літака в експлуатацію.

Типовий графік поставки технічних даних і документації Замовнику наведено на рис. 2.4. Найменування документів наведено в табл. 2.10.

З типового графіка поставки слід, що всі основні документи і технічні дані літака авіакомпанія отримує частково за рік, частково за півроку, мінімум за три місяці до поставки літака і введення його в експлуатацію.

Це дає можливість авіакомпанії в термін реалізувати програму забезпечення ТОiP і підготувати інфраструктуру.

Заслуговує на увагу робота служби матеріально-технічного забезпечення (МТЗ). За даними фірми авіапідприємства, які експлуатують літаки «Airbus», мають можливість реального вибору постачальників запасних частин (рис. 2.5).

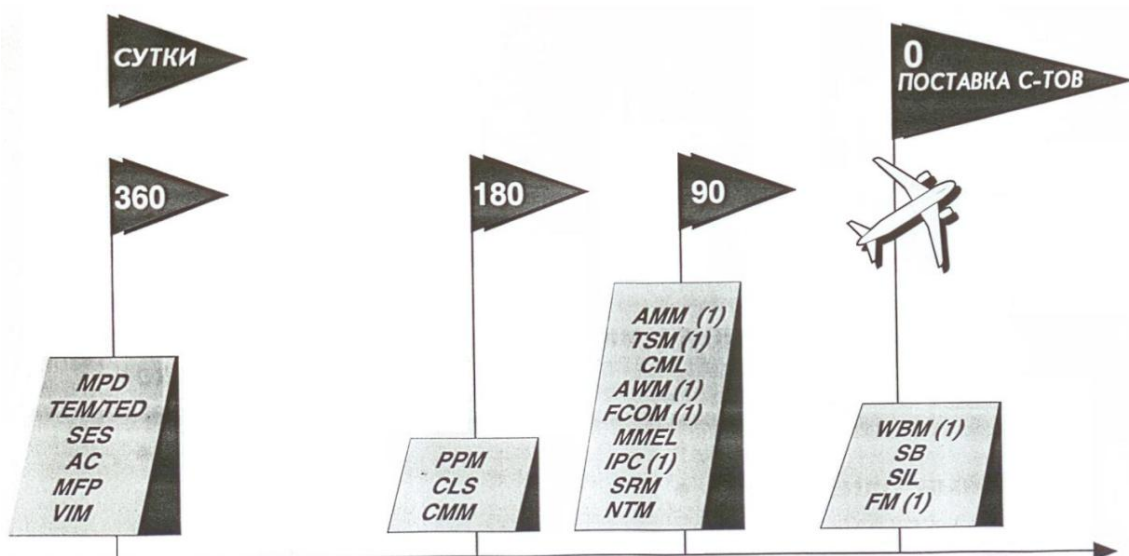


Рисунок. 2.4. Типовий графік поставки технічних даних і документації



Рисунок. 2.5. Доступ авіа підприємства до запасних частин

На початковому етапі служба МТО готує повний комплект файлів даних про запчастини і витратні матеріали відповідно до специфікації 2000:

S-файл: Деталі для лінійного ТО;

U-файл: Витратні матеріали;

T-файл: Деталі компонентів для поточного і капітального ремонту;

Y-файл: Можливі варіанти «пулу» комплектуючих виробів.

Подальші етапи діяльності служби сприяння замовнику в частині МТО можна простежити по рис. 2.6.

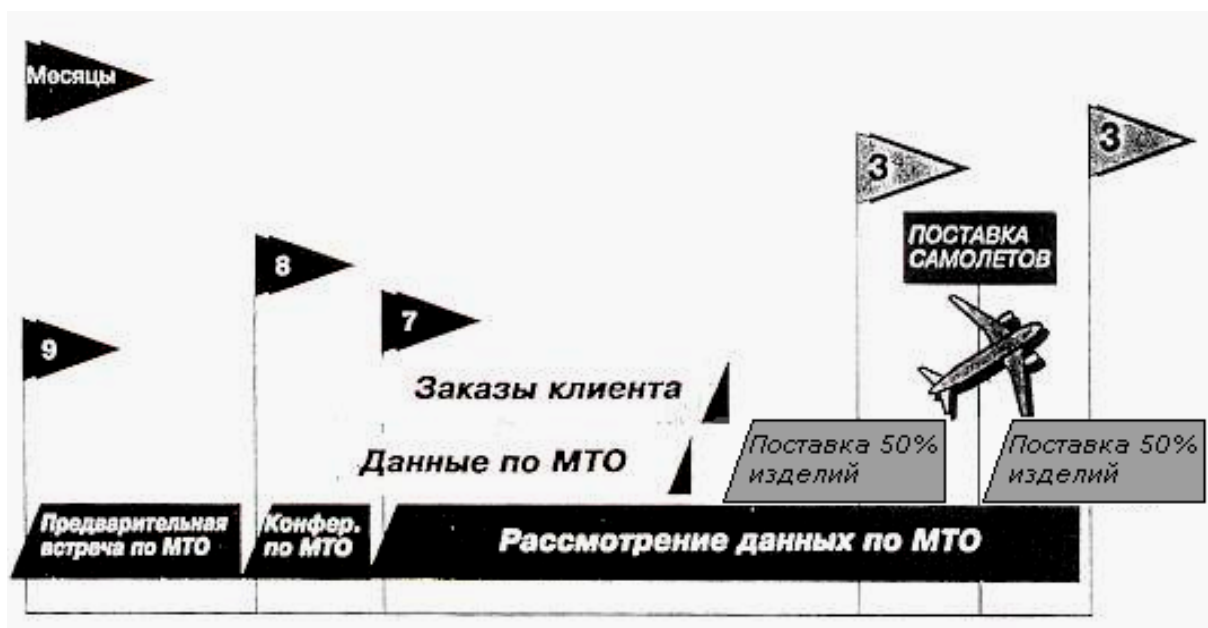


Рисунок. 2.6. Етапи діяльності служби по МТО

За 9 місяців до поставки літаків служба організує попередню зустріч з МТО всіх зацікавлених учасників. Через місяць проводиться конференція по МТО. Служба заздалегідь рекомендує авіакомпаніям номенклатуру і кількість запасних частин, які слід придбати в першу чергу.

За 7 місяців до поставки літаків авіакомпанії роблять замовлення, 50% яких служба виконує за 3 місяці до поставки літаків, а наступні 50% через 3 місяці після введення літаків в експлуатацію. Тому не дивно, що з самого початку експлуатації нового типу літака західні авіакомпанії не відчувають труднощів у забезпеченні запасними частинами та витратними матеріалами.

Завдання придбання запасних частин для потреб авіакомпанії тісно пов'язана з Основним мінімальним Переліком обладнання (MMEL) і мінімальним Переліком обладнання (MEL), про які йшлося в 1-му розділі.

Ці Переліки не тільки забезпечують безпечне виконання польотів, а й сприяють тому, що авіакомпанія з максимальною вигодою використовує наявний парк літаків в рамках поточної діяльності, що сприяє збільшенню прибутку.

З використанням Основного Переліку вирішується завдання оптимізації «первинного забезпечення» авіакомпанії запасними частинами.

«Первинне забезпечення» - Каталог запасних частин, що розробляється фірмою виходячи з математичної моделі, яка враховує ряд факторів, включаючи:

- кількість літаків в парку авіакомпанії;
- загальна кількість льотних годин на рік;
- код ступенем важливості компонента;
- середня вартість запасної частини;
- кількість запасних частин на один літак.

Цей Каталог дозволяє авіакомпанії замовляти запасні частини за кілька місяців до поставки самого літака, щоб попередити ситуації, пов'язані з простоем літаків через відсутність потрібної запасної частини.

Один з факторів, що враховуються в моделі, використовуваної фірмою «Airbus», безпосередньо пов'язаний з Основним Переліком (MMEL). Цей фактор відомий під назвою «Код ступенем важливості» (ЄС) і він відповідає статусу, який присвоюється компоненту в MMEL: Код ЄС-1 відповідає компоненту «Не допускається»; Код ЄС-2 - компоненту «Допускається, якщо»; Код ЄС-3 - компоненту «Допускається».

Система кодування компонентів літака дозволяє авіакомпанії найкращим чином вирішувати завдання придбання запасних частин і їх розміщення по аеропортам в цілях скорочення експлуатаційних витрат.

Для компонентів з кодом ЄС-1 «Не допускається» відповідні запасні частини повинні бути в наявності в кожному аеропорту посадки, щоб уникнути затримок або скасування рейсів.

Для компонентів з кодом ЄС-3 «Допускається» і з кодом ЄС-2 «Допускається, якщо», з відповідним терміном усунення несправності, потрібні запасні частини повинні бути в наявності в аеропортах базування.

При такій організації розміщення запасних частин авіапідприємства можуть заздалегідь планувати повернення літака в основне місце базування. Протягом же встановленого Переліком часу на усунення пошкодження літак може продовжувати польоти в нормальному режимі.

## **2.7 Формування програм технічного обслуговування функціональних систем літака**

Програма ТО функціональних систем (ФС) літака є складовою частиною програми ТОiP літака і являє собою документ, що встановлює стратегії ТО компонентів ФС, кількісні характеристики видів ТО і порядок їх коригування протягом терміну служби літака.

При формуванні програми вхідними параметрами є: стратегії ТО, призначені компонентів ФС; перелік робіт, які виконуються при плановому ТО; система контролю;

вартість, трудомісткість і тривалість виконання робіт по ТО, передбачених регламентом ТО для ФС; вартість розробки і впровадження програми ТО. Вихідними параметрами є: рівень підтримки ЛГ; регулярність вильотів і справність парку літаків; економічна ефективність програми ТО ФС.

На працездатність ФС (шасі, системи управління, гідрогазових систем, життєзабезпечення, паливної та ін., Які визначаються АТА) впливає значне число чинників. Незважаючи на різноманітність процесів, що протікають в компонентах (виробах) ФС і призводять до різних типів і видів відмов і пошкоджень, можна виділити загальні конструктивні особливості:

- використання в конструкціях великій мірі резервування. Це дозволяє 70-80% всіх виробів експлуатувати до безпечного відмови, який не викликає відмови ФС;
- модульність конструкції, що дозволяє виробляти відновлення ФС шляхом заміни виробів;
- індикація відмов виробів (бортовими і наземними засобами у вигляді стендів перевірки технічного стану виробів).

Спільні риси для розглянутих ФС має і склад роботи по ТО:

контроль технічного стану (оглядові, перевірка параметрів стану виробів, перевірка функціонування і роботи параметрів ФС);

заправочно-мастильні (контроль наявності і поповнення запасів ПММ та спецрідин);

очисні роботи (видалення забруднень, що скупчилися рідин);

відновлювальні роботи (кріпильні, регулювальні, ремонтні, демонтажно-монтажні) для виробів як профілактичні, так і після відмов.

Сучасний рівень розвитку АТ дозволяє використовувати при формуванні програм ТО ФС різні стратегії (ТО з напрацювання - ТОНАР, ТО з контролем параметрів - ТОСКП, ТО з контролем рівня надійності ТОСКН). У табл. 3.11 представлена типова структура ТО виробів ФС як для вітчизняних, так і для зарубіжних літаків.

Нижче наведені дані по ТО літаків: В-747 (ТОНАР - 6%; ТОСКП - 31%; ТОСКН - 63%); А-310 (ТОНАР - 4%; ТОСКП - 29%; ТОСКН - 67%). Зазначені відсотки відображають кількість компонентів ФС на літаках.

Використання стратегій «за станом» (ТОСКП, ТОСКН) без обмеження ресурсів і термінів служби виробів ФС широко застосовується при формуванні програм ТО ФС зарубіжних літаків (табл. 3.12), що визначає їх економічну ефективність.

Таблиця 2.1

Контроль технічного стану компонентів ФС

Тип ВС		Контроль при А-check		Контроль при С-check	
		компонентів ФС		перевірка	зовн. контр.
Б-747	кількість об'єктів обслуговування	4		42	116
	трудомісткість, люд.-год	0,8		120	312
ДС-10	кількість об'єктів обслуговування	28		31	113
	трудомісткість, люд.-год	2,3		75	305

Розглядаються компоненти ФС, відмови яких не впливають на ЛГ літака (група А), або для яких можливий періодичний контроль технічного стану (група Б). Вироби ФС групи А експлуатуються до безпечного відмови. Для виробів групи Б визначається оптимальна періодичність планового ТО. Критерієм є підтримка рівнів ЛГ, заданих нормативними документами.

Розглядаючи програму ТО ФС як інструмент підтримки їх ЛГ на етапі експлуатації, необхідно враховувати, що повинно бути розроблено методичне забезпечення для реалізації стратегій ТО «за станом».

Для виробів групи А - рівні надійності (рівні незапланованих заміन за фактом відмови виробів); для виробів групи Б - параметри контролю технічного стану (предотказовие значення діагностичних параметрів виробів і періодичність їх контролю). Також вирішуються організаційні та технічні завдання, пов'язані з реалізацією програми ТО ФС. Для прийняття рішення про відповідність ЛГ літака пропонованим вимогам необхідне оперативне порівняння фактичних рівнів надійності виробів ФС з допустимими.

При формуванні програми ТО в якості критеріїв оцінки відповідності виробів ФС вимогам ЛГ розглядаються ймовірності виникнення інцидентів (ускладнення умов польоту - QUUP) для літака в цілому і для його ФС. Відповідні нормативи QUUP для типу виробів ФС встановлюються з використанням методів оцінки надійності ФС (методом структурних схем надійності або методом логічних схем). Узагальнення накопиченого досвіду експлуатації літаків дозволяє коригувати рівні, встановлені розрахунком і включені в базову програму ТО, розвиваючи її і пристосовуючи до умов експлуатації парку літаків.

Таким чином, вирішуються завдання двох типів:

- 1) встановлення нормативного рівня надійності виробів ФС з умов підтримки ЛГ ВС (при формуванні програми ТО ФС);
- 2) визначення фактично досягнутого рівня надійності виробів ФС і його порівняння з нормативним (при реалізації програми ТО ФС експлуатантом).

Блок-схема для реалізації зазначених завдань представлена на рис. 2.6.

Використано наступні позначення:

$\omega$  - параметр потоку відмов;

КН1000 - кількість відмов на 1000 год нальоту (нормативне);

УУП - ускладнення умов польоту;

$P_i$  - ймовірність виникнення і-го технічного стану ФС;

ПТЕ - процес технічної експлуатації літака;

QUUP, QUUPN - ймовірності виникнення ускладнення умов польоту, фактичне і нормативне відповідно.

Для виробів групи А, відмови яких обумовлюють ЛГ літака, рівень КН1000 встановлюється з умов забезпечення вимог ЛГ літака ( $QUUP \leq 10^{-3}$ , частота виникнення УУП через відмови виробів ФС). Тоді  $\omega_n \leq 10^{-3}$  і  $КН1000 \leq 1$ . Для виробів, відмови яких призводять до виникнення складної ситуації (СС) -  $QCC \leq 10^{-5} \div 10^{-7}$ , тоді  $\omega_n \leq 10^{-5} \div 10^{-7}$ , і  $КН1000 \leq 10^{-2} \div 10^{-4}$ .

Для номенклатури виробів ФС «групи Б» КН1000 встановлюється з умов забезпечення мінімальних експлуатаційних витрат, пов'язаних із заміною відмовили виробів.

У блоці 4 визначається можливий спектр технічних станів ФС від справного до приводить до ситуації ускладнення умов польоту відповідно до розрахункових схемами надійності. В результаті з'являється можливість оцінити  $\omega_{ij} = f(\omega_{izd})$ , де  $\omega_{ij}$  - параметр потоку відмов виробів, який зумовлює їх перехід з технічного стану системи і в стан j. Виходячи з прийнятих розрахункових схем надійності ФС і заданої періодичності її відновлення при формах ТО, розраховуються відносні частоти переходу в стани моделі (блок 5). Блок 6 - реалізація моделі процесу технічної експлуатації літака.

У вітчизняній практиці формування програм ТО ФС для моделювання ПТЕ літака використовується стаціонарна напівмарковських модель [9].

Завдання контролю фактичного рівня надійності виробів АТ є завданням статистичного контролю, коли за певний контрольний період проводять оцінку досягнутого рівня надійності виробів АТ і приймають рішення щодо його відповідності вимогам ЛГ.

Для вирішення даного завдання використовують модель виникнення відмов виробів ФС, що враховує напрацювання парку літаків за контрольний період, безвідмовність експлуатованих виробів, критерії відповідності надійності виробів ФС вимогам ЛГ літака і ризику прийняття рішень.

Програмою ТО ФС встановлюються режими ТО виробів на підставі обраної стратегії ТО. Для виробів ФС, експлуатованих до безпечного відмови, структура режимів представлена в табл. 2.2.

Таблиця 2.2

Структура режимів ТО виробів, експлуатованих до відмови

№ п / п	режими ТО			Технічна документація
	характер ТО	Обсяг робіт (зміст)	періодичність	
1.	Постійний обсяг (профілактичні роботи)	Регулювання, калібрування, змащення і т.д.	Ткр орі визначається з урахуванням трудомісткості ТО	Регламент ТО (періодичні форми)
2.	змінний обсяг	Пошук і усунення відмов	За фактом відмови	Методика пошуку та усунення відмов (алгоритми)
3.	Постійний обсяг (щомісячний контроль безвідмовності)	Контроль рівня безвідмовності і однотипних виробів	Календарні періоди контролю	Методика статистичного регулювання надійності виробів АТ

## 2.8 Проблеми експлуатації ПС іноземного виробництва

Проблеми експлуатації ПС іноземного виробництва, які перебувають в Державному Реєстрі цивільних повітряних суден (ГВС) України, пов'язані, в тому числі, і з недосконалістю вітчизняної нормативної бази в частині процедур підтримки льотної придатності (ПЛГ) іноземних ВС. Тому гармонізація повітряного законодавства України до вимог ІКАО та авіаційними правилами EASA (рис. 2) і FAA США повинна стати основою для створення економічно привабливих умов внесення ВС іноземного виробництва до Державного реєстру ЦПС України.

Зараз в Авіаційних правил України відсутні конкретні вимоги щодо підтримання льотної придатності, сформульовані, наприклад в EASA Частина М. Пропозиції щодо впровадження правил, практично повністю збігаються за змістом з частиною М, розглядалися, але викликали ряд заперечень. Очевидно, що повне копіювання Частини М в умовах України є неприйнятним. З іншого боку, вимоги до розробки програм технічного обслуговування і програм надійності варто було б прийняти. Вітчизняні експлуатанти в даний час розробляють програми ТО відповідно до вимог EASA або виходячи зі своїх уявлень про склад програми. Нарешті немає основоположною статті про те, що програма ТО повинна бути розроблена Експлуатантом на кожне ВС з урахуванням умов його експлуатації.

Аналогічна ситуація складається і з програмою надійності, яка нерозривно пов'язана з програмою ТО.

Програма надійності є доповненням Програми ТО, яке забезпечує правильне і своєчасне виконання робіт щодо запобігання відмов, несправностей, відновленню і підвищенню необхідного рівня надійності.



На підставі результатів аналізу рівня надійності може змінюватися періодичність ТО як в сторону зменшення, так і в бік збільшення періоду між формами ТО.

Дуже важливим фактором, що впливає на експлуатацію ВС, є співвідношення проектних ресурсів, ресурсних обмежень і фактичних напрацювань літаків вітчизняного та зарубіжного виробництва.

Характерною особливістю парку вітчизняних ЗС є порівняно невелика величина проектних ресурсів (20000-30000) польотів.

Однак необхідно відзначити, що проектний ресурс - величина умовна. Незважаючи на порівняно невеликі величини проектних ресурсів напрацювання більшості (призначені ресурси) вітчизняних (колишнього СРСР) ВС значно перевищують проектні.

Більший інтерес представляє відношення кількості польотів, отриманих при випробуваннях натурних конструкцій, до проектного ресурсу і відповідно кількість циклів випробувань.

Таблиця 2.3 Співвідношення проектних ресурсів вітчизняних (колишнього СРСР) і зарубіжних літаків

Тип ВС	Величина проектного ресурсу (тис. Польотів)						
	<10	10 - 20	20 - 30	40 - 50	60	70	75
ВІТЧИЗНЯНІ (Колішнього СРСР)	Ан-12 Ан-124 Іл-62	Іл-18 Іл-76 Іл-86 Іл-96 Ан-24 Ту-134 Ту-154	Як-40 Як-42 Ту-204	-	Ан-148		-
BOEING	-	В-707 В-747	-	В-757 В-767 В-777	В-727	-	В-737
AIRBUS	-	А-340	А-380	А-300В2 А-310 А-320 А-330	-	-	-
DC-MD	-	-	DC-8	DC-9 DC-10	MD-90	-	-

З огляду на, що експлуатація ВС зарубіжного виробництва продемонструвала ряд проблем, обумовлених гіршою пристосованістю зарубіжних ВС до умов експлуатації в Україні і СНД, в даний час склалася унікальна можливість на парку «старіючих типів» (в реєстрі ~ 1000, у експлуатації ~ 500) удосконалити систему ТОiP, ґрунтуючись на підході MSG-3. Застосування цієї ідеології дозволить в разі підвищити інтенсивність експлуатації і тим самим значно підвищити конкурентоспроможність вітчизняних ВС.

Іншою проблемою вітчизняних експлуатантів є робота з MEL / MMEL. Останнім часом, у зв'язку зі збільшенням парку повітряних суден іноземного виробництва, все частіше виникають проблеми з використанням таких видів експлуатаційної документації, як Minimum Equipment List - MEL (Мінімальний перелік обладнання), який не

використовувався на вітчизняних типах ПС і по його розробці відсутній достатній досвід у вітчизняних авіакомпаній, які освоюють вперше іноземні типи ВС.

Існує ряд не вирішених питань і особливостей застосування авіапалив, масел і спецрідин ВС іноземного виробництва.

До сих пір, незважаючи на прикладені з нашого боку зусилля, існують експлуатаційні обмеження по роботі авіадвигунів Pratt Whitney, General Electric, CFM International на паливі ТС-1 (скорочення напрацювання між формами ТО на 30%).

Невирішені повністю проблеми, з якими часто стикаються експлуатанти при використанні зарубіжних масел і гідрорідин фірм ExxonMobil, Shell, Nisco, bp і ін .:

- наявність на ринку контрафактної продукції через велику кількість недобросовісних дистриб'юторів на території СНД;
- в застосовуваних специфікаціях вказані методи випробувань ASTM, не підкріплені національною системою контролю якості та не підтримані відповідними обладнанням і кваліфікацією персоналу лабораторій ПММ авіапідприємств.

## 2.9 Основні вимоги, що пред'являються до сучасних літаків ЦА

Основною вимогою, що пред'являються до сучасних літаків ГА, є забезпечення можливості високої інтенсивності та регулярності польотів при необхідних рівнях безпеки і низьких експлуатаційних витратах.

До числа визначальних комплексних характеристик (показників) ТОіР відносяться питомі трудовитрати на ТОіР ( $K_T$ ,  $K_{TP}$ ) і величини середніх річних і добових нальотів ( $\tau_T$ ,  $\tau_{СУТ}$ ) літаків (табл. 4.1). Ці характеристики пов'язані між собою і обумовлюють величини експлуатаційних витрат і прибутковість експлуатації літака і парку в цілому.

За даними фірми «Boeing» середня інтенсивність використання 1300 літаків В-737 в 136 авіакомпаніях світу за останні 20 років характеризується величинами середнього добового нальоту, рівними:

6,8 ч - для В-737 - 100/200;

8,1 ч - для В-737 - 300, що відповідає річному нальоту 2500 і 3000 ч.

В авіакомпаніях «Lufthansa» і «Swissair» в кінці 80-х років інтенсивність щодобового використання, наприклад літака А320, зросла до 13-16 год.

При визначенні питомої трудомісткості ТОіР з метою порівняння вітчизняних і зарубіжних літаків важливе значення має встановлення враховуються при розрахунку складових витрат і умов експлуатації. Основними враховуються в авіакомпаніях складовими витрат на ТОіР є витрати на такі види ТОіР:

оперативне ТО (включаючи ТО в рейсі);

періодичне ТО (форми А, В, С);

огляди і КВР планера і ряду агрегатів систем в складі літака з великою періодичністю (форма D);

ТОіР демонтованого обладнання і агрегатів;

ТОіР демонтованих авіадвигунів.

Типове розподіл величини КТ між цими видами робіт ілюструє табл. 2.16 на прикладі літака А320, де наведені усереднені оцінки фірми «Airbus» по всьому парку літаків даного типу при середній тривалості типового польоту  $\tau_{П} = 0,8$  ч. Як впливає з представлених матеріалів, основну частку (близько половини) питомої трудомісткості ТОіР зарубіжних літаків складають трудовитрати на ТО і Р демонтованого обладнання і двигунів. У той же час для вітчизняних ЗС при завданні вимог і оцінкою показників ця складова в частині агрегатів і комплектуючих виробів (КІ) взагалі не враховується, а в частині авіаційних двигунів (АД) враховується не завжди. Тому в табл. 2.15 введена спеціальна графа з розрахунковою оцінкою сумарної питомої трудомісткості КРТ, яка включає витрати на ТО (КТ.ТО), заводський ремонт літака (КТ).

У зв'язку з цим в табл. 2.15 вказані величини Кекст - звітні показники авіапідприємств ГА і КПРОМ - оцінки ЛШ ім. М. М. Громова і ОКБ, скориговані з урахуванням хронометражу ТО і Р при випробуваннях літаків. По літаках Іл-86 і Як-42 наведені узгоджені величини, отримані при спільній оцінці систем ТО і Р цих літаків в експлуатації.

Основні характеристики форм ТО і Р зарубіжних літаків представлені .. При їх розгляді слід враховувати, що трудомісткість, тривалість і періодичність форм істотно варіюються в різних авіакомпаніях.

В цілому організація ТОіР в зарубіжних авіакомпаніях подібна до вітчизняної практики. Практикується як пірамідальне виконання форм ТОіР зі зростаючою трудомісткістю і збільшенням обсягу робіт, так і поетапне (фазовий) ТО, при якому обсяги робіт трудомістких форм ТОіР великої періодичності розподіляються між формами А і (або) У з створенням етапів рівній тривалості і (або) трудомісткості

Представлені матеріали підготовлені фірмою «Airbus» і свідчать про суттєву гнучкості при організації ТО і Р в авіакомпаніях.

Основні переваги різних схем фазового ТО і Р формулюються фахівцями фірми «Airbus» наступним чином:

1. Забезпечення рівномірного розподілу трудових ресурсів, вирівнювання піків і спадів в їх завантаженні.

2. Використання об'єктивно обумовлених режимами експлуатації простоїв АТ (замість штучного відведення ЛА на ТОіР), що позитивно позначається на експлуатаційної готовності.

3. Більш часте проведення на літаку форм ТО і Р, що створює сприятливі умови для усунення допустимих в експлуатації відмов, усунення яких відкладено у відповідності з дозволяючим переліком MEL.

4. Більш раннє виявлення знову проявилися пошкоджень і відмов конструкції планера і систем, прихованих від льотного екіпажу.

Як типовий приклад побудови і оформлення регламентів ТО зарубіжних пасажирських літаків розглянемо РВ літаків У-767-269Е, експлуатованих в а / к «Kuwait Airways» (КА).



Таблиця 2.5

## Прямі віддалені трудовитрати на ТО і Р літака Airbus A320

Види робіт	Трудомісткість КТ, чол, - ч / ч	частка загального обсягу,%
Оперативне ТО: щоденне, нічний (передпольотний) на маршруті, в кінцевому пункті маршруту і непланове	1,86	29,8
Періодичне ТО: форми А, В і С (через 125, 750 і 3000 год нальоту)	0,79	12,6
КВР на планері і агрегатах: форми D (через 20000 год нальоту)	0,46	7,4
ТО і Р демонтованих агрегатів і КІ	1,42	22,7
Раз у Р демонтованих двигунів	1,72	27,5
РАЗОМ	6,25	100,0

Таблиця 2.6

## Характеристики форм ТО і Р зарубіжних літаків ГА

Тип літака (Авіакомпанія)	Форма ТО і р	періодичність, ч	продовж- ність, ч	трудомісткість, люд. / год
DC - 9	транзитне ТО	1 політ	0,5	6500 14000
	А	525	7 днів 21 день	
	В	2000		
	З	10000		
В - 737	транзитне ТО	1 політ	0,6	29 84 1201 6914
	А	125	3,0	
	В	750	8,0	
	З	3000	32,0	
В - 727 (ANSETT)	транзитне ТО	1 політ	8,5 15 днів	80 8000 20000
	А	65		
	В	130		
	З	8000		
В - 747 (Air France)	транзитне ТО	1 політ	0,75-1,0	95-156 3000 3000 50000
	А	330	21,0-30,0	
	В	1200	3-4 дня	
	З	4500	4 дні	
В - 747 (JAL)	транзитне ТО	1 політ	0,75-1,0	85 128 5000-6000 25000-30000
	А	250	5,5	
	В	1000	9,0	
	З	3000	4-5 днів	
	Н	3 роки	10-17 днів	

\* При роботі 60 фахівців.

Таблиця 2.7

Тип літака (Авіакомпанія)	Форма ТО і р	періодичність, ч	продовж- ність, ч	трудомісткість, люд. / год
DC - 10 (Swissair)	транзитне ТО	1 політ	0,3-0,5	26000-30000
	A	420	8,0	
	C	2100	24,0	
	D	23000	14 днів	
A.310 (Lufthansa)	Транзитне ТО (TC)	1 політ щотижня	0,6 4,0	0,5 20
	Базове ТО (SC)	250	6,0	40
	A	13 міс.	30,0	700
	C	15мес.	*	10
	K	4 роки	2 тижнів.	12000
	IL	8 років	4 тижнів.	30000
	D			

\* Виконується спільно з однією з форм ТО.

\*\* При двозмінній роботі фахівців.

Таблиця 2.8

## Розвиток структури ТО і Р літака Airbus A320

Етапи розвитку структури ТО і Р	Форми Раз Р і їх періодичність, ч			
	A	B	З	D
Первісна (FAA / MRB, 1967)	25	100	400	6000
Перша зміна (FAA / MRB, 1971)	25	100	400	9000
Третя зміна для (FAA / MRB, 1984) У - 737-300	125	750	3000	2000 * (4000 сел. Або 15 міс.)
Середнє значення по світовому парку				
Максимальне значення в експлуатувати	149	629	2895	18581
рующих а / к	330	1000	4320	27000
Рекомендована фірмою для освоєння а / к літаків моделей Airbus A320	125	750	3000	20000 (4000 год. або 15 міс.)

\* Значення для контрольно- відновлювальних робіт на планері Airbus A320.

Таблиця 2.9

## Організація виконання форм ТО і Р літака Airbus A320

Варіант структури ТО і Р	Що їх форми ТО і Р			
Пірамідальна схема ТО і Р	A	B	З	D
Поетапно- блокова або частково фазова схема ТО і Р (різні варіанти)	A	B	З + 60% D / 10	40% D
	A + B / г		C	D
	A	B + C / 4		D
	A	B	C + D / x	
	A	B / 2 + C / 8		D / 4 (щорічно)
	A	B + C / 4 + % D / г		% D
Фазовий Раз Р	A	B + C / 4 + D / 40		Підновлення (ежігодно або раз на 3 роки)
	A + B / г + C / г + D / x			підновлення
	Оптимізовані, рівномірний або безперервне ТО			

## Висновки

Наведені в цьому розділі матеріали містять коротку характеристику сучасного стану деяких питань ТОiP зарубіжних літаків, зокрема літаків фірми Airbus. Вони показують, якими шляхами і методами вирішуються ці питання, які при цьому роль і значення літакових фірм, авіакомпаній і повноважних органів держав.

Деякі українські авіапідприємства, які володіють іноземними літаками, успішно освоїли їх експлуатацію, сертифікувалися за вимогами EASAPatr-145 і в достатній мірі освоїли і технічне обслуговування цих літаків. Однак більшість авіапідприємств ще тільки знаходяться в процесі підготовки до сертифікації по Part-145 і не в змозі повномасштабно виконувати всі види і форми ТОiP експлуатованих зарубіжних літаків.

Це пов'язано з рядом особливостей побудови системи ТОiP і формування її інфраструктури. Наявні відмінності в конструкціях вітчизняних і зарубіжних літаків, а також в підходах до їх ТОiP, створюють серйозні труднощі для керівників та ІТП авіапідприємств в рішенні абсолютно нових для них завдань.

Одна з них полягає в необхідності вивчення європейського авіаційного законодавства і, в першу чергу, нормативних документів EASA (Part-145, Part-66, Part-M). Потрібно мати високий рівень мовної підготовки (AviationEnglish), вивчити конструкцію експлуатованих типів літаків і їх компонентів.

Складними є і такі завдання, як організація систем допродажного і післяпродажного технічного забезпечення авіапідприємств з боку фірм-виробників літаків.

Однак незважаючи на труднощі, як показує досвід передових українських авіапідприємств, ці завдання при вмілій організації роботи можуть успішно вирішуватися.

Отриманий досвід технічного обслуговування зарубіжних літаків дозволить в подальшому українським авіапідприємствам успішніше освоювати і виконувати ТОiP вітчизняних літаків нового покоління, які Україна створює, як правило, з урахуванням європейських вимог.

### 3. Забезпечення безпеки польотів

#### 3.1 Аналіз загального стану аварійності в Україні за період з 2008 до 2017 року

Необхідно визначити низку аварій, пригод та серйозних інцидентів, що сталися в Україні за десятирічний період, для розрахунку коефіцієнта аварійності за кожен рік та повною мірою проаналізувати розподіл аварій, пригод та серйозних інцидентів відповідно до факторів аварійності.

Безпека авіації є складною категорією, яка охоплює всі елементи системи «людина-техніка-середовище». Як правило, вона розглядається як комплексна характеристика авіаційної транспортної системи для виконання своїх функцій без втрат (або з мінімальними втратами) в самій системі або для користувачів. Основними компонентами безпеки польотів авіації є безпека польотів, авіаційна безпека та екологічна безпека. Безпека є відносним поняттям, яке передбачає, що в "безпечному" значенні про присутність системи природних факторів ризику розглядається як прийнятна ситуація. Безпека все більш і більше розглядається як контроль факторів ризику.

– людський фактор (порушення нормативних документів екіпажами повітряних суден, неправильне вирішення задач під час зльоту та посадки, порушення правил технічної експлуатації повітряних суден екіпажами та порушення технології обслуговування літаків оперативним персоналом);

– організаційний фактор (незадовільний стан нормативно-правового забезпечення діяльності цивільної авіації в Україні, ігнорування нормативно правових актів лідерами авіакомпаній у комерційних інтересах, відсутність системи профілактики авіаційних подій, що попереджають, незадовільну професійну підготовку, яка з'являється у контролі за авіаційним персоналом).

Система управління безпекою польотів створюється в авіаційних організаціях з метою забезпечення безпеки для пасажирів, членів екіпажів повітряних суден, виробничих об'єктів від терористичних, диверсійних та інших актів незаконного втручання за допомогою організації та впровадження державних норм, правил та процедур, передбачених належними нормативними актами та документами, що приписують, закони прийняті в Україні.

Для виконання загального аналізу безпеки польотів в Україні, використаємо офіційну публікацію Державної авіаційної адміністрації України "Аналіз стану аварійності у цивільній авіації України у період з 2008 до 2017 року".

Отже, за допомогою цієї публікації необхідно:

- Проаналізувати стан безпеки польотів з 2008 по 2017 рік та створити три гістограми, що характеризують кількість аварій, нещасних випадків та рівень серйозних інцидентів в Україні.

Таблиця 3.1

Приклад аварійності України за період з 2008 до 2017 року

Рік	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Катастрофи (К)	3	0	2	2	2	2	3	1	1	1
Аварії(А)	3	2	2	1	1	1	2	5	5	6
Серйозні інциденти (СІ)	8	11	2	4	5	5	9	7	15	8



Відповідно до (таблиці 3.1) Побудуємо відповідні гістограми, що характеризують низку авіакатастроф, аварій та серйозних інцидентів у цивільній авіації України з 2008 по 2017 рік.

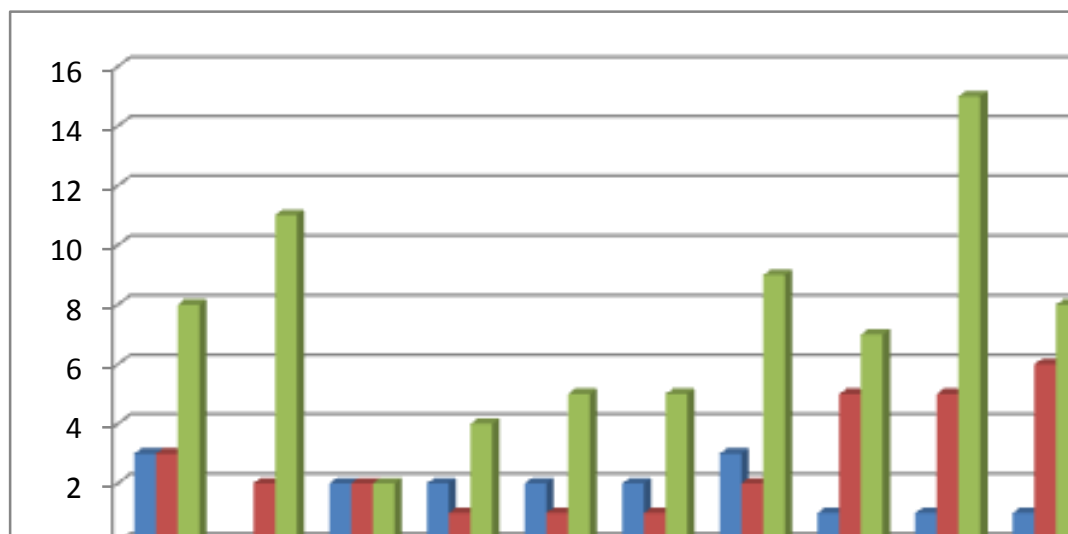


Рис. 3.1 Кількість авіаційних катастроф, аварій та серйозних інцидентів у період з 2008 по 2017 рік



Рис. 3.2. Кількість авіаційних катастроф у період з 2008 до 2017 року

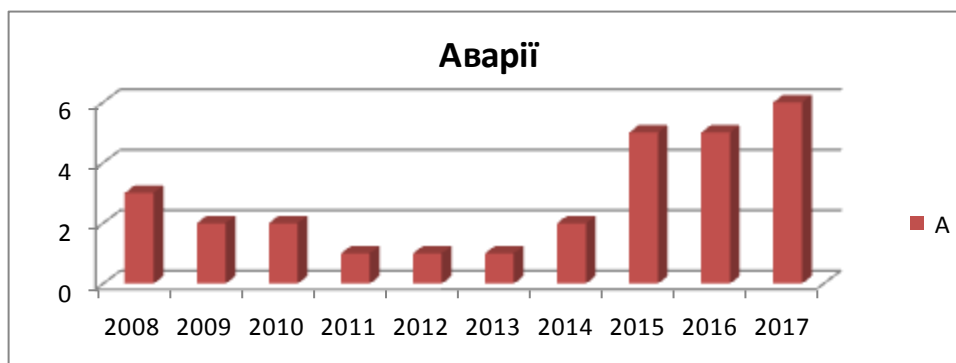


Рис. 3.3 Кількість авіаційних аварій у період з 2008 до 2017 рік

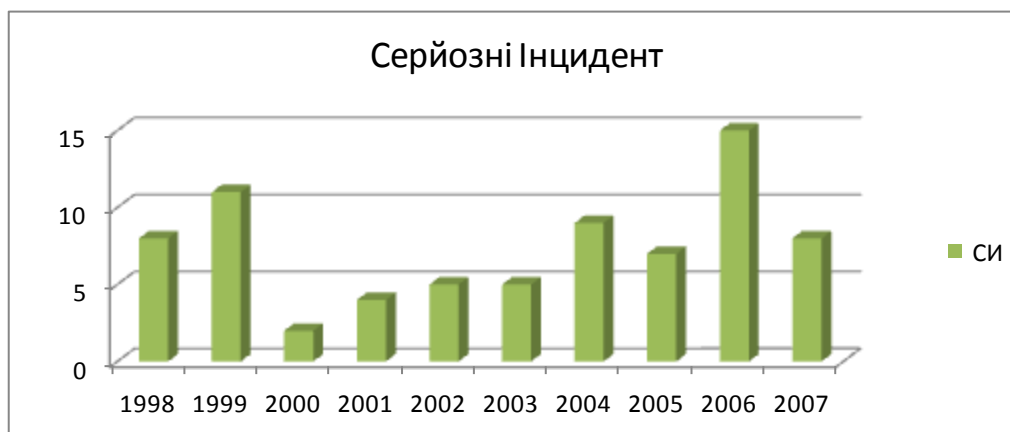


Рис. 3.4 Кількість авіаційних серйозних інцидентів у період з 2008 до 2017 року

### 3.2 Загальні коефіцієнти аварійності для катастроф, аварії та серйозні інциденти

Отже, тепер треба розрахувати загальні коефіцієнти аварійності для катастроф ( $C_K$ ), аварії ( $C_A$ ) та серйозні інциденти ( $C_{CI}$ ) протягом з 2008 по 2017 рік. Відповідні коефіцієнти аварійності ми можемо розрахувати, використовуючи такі формули:

$$C_{K,A,CI} = 10^5 * N_{K,A,CI} / T,$$

Де:  $C_K$ ,  $C_A$ ,  $C_{CI}$  - це коефіцієнти аварій, пригод та серйозних інцидентів;  $N_K$ ,  $N_A$ ,  $N_{CI}$  - кількість аварій, пригод та серйозних інцидентів;  $T$  - кількість льотного годинника (з "Аналізу стану аварійності в цивільній авіації України в період з 2008 по 2017 рік").

Таким чином, загальні коефіцієнти аварійності в 2008 році будуть:

- Коефіцієнт катастроф:

$$C_K = 10^5 * 3 / 168202 = 1.78;$$

- коефіцієнт аварій:

$$C_A = 10^5 * 3 / 168202 = 1.78;$$

- коефіцієнт серйозних інцидентів :

$$C_{CI} = 10^5 * 8 / 168202 = 4.75$$

Примітка. Таким чином ми обчислюємо всі показники коефіцієнтів аварійності для всього періоду дослідження.

Таблиця 3.2

		Кількість льотних годин									
Год		2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
T		16820 2	11977 6	16277 6	15899 3	13248 6	19383 3	22943 5	18869 8	25000 0	26615 3

Таблиця 3.3

		Розраховані коефіцієнти показників аварійності катастроф аварій, серйозних інцидентів									
Year		2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
$C_K$		1.78	0	1.23	1.26	1.5	1.03	1.3	0.52	0.4	0.37
$C_A$		1.78	1.67	1.23	0.63	0.75	1.03	0.8	2.64	2.0	2.25
$C_{CI}$		4.75	9.18	1.23	2.51	3.77	2.57	3.9	3.7	6.0	3.0

### 3.3. Фактори, що впливають на безпеку у системі

Розглянемо фактори, що впливають на безпеку у певній системі із двох сторін:

– аналіз супутніх факторів, які можуть призводити до ситуацій, що впливають на рівень безпеки;

– аналіз прихованих чинників під час проектування системи, зменшення ймовірності появи негативних обставин, що призводять до порушення безпеки.

**Активні відмови та приховані умови.** Причинами активних відмов є несправності обладнання або помилки, вчинені експлуатаційним персоналом. Причиною цього є вплив людського фактору у прихованих умовах. Також активні відмови можуть виникнути внаслідок непомітних структурних дефектів або через невизнані небезпечні наслідки офіційно затверджених процедур.

Несправне обладнання (неконтрольоване функціонування).

**Помилка людини.** Помилка з'являється у випадках, коли результат людського завдання не відповідає наміченим результатам. Методи реалізації для того чи іншого завдання щодо людини-оператора залежать від характеру завдання і як він взаємодіє з оператором. Професійні навички, знання та досвід людини є основою для результатів роботи. Помилки можуть бути наслідком недосконалої реалізації завдань або внаслідок помилок, дозволених у процесі прийняття рішень. Багато чинників впливає на безпеку польотів, яких залежить якість функціонування авіаційної транспортної системи. Досить складно розповісти про всі фактори, беручи до уваги складність процесів ОПС. Давайте розділимо характеристики ОПС на чотири основні групи, які мають найбільший вплив на ризик зіткнення повітряних суден:

- структура повітряного простору та організації повітряного руху та управління з урахуванням транспортних потоків;

- взаємодія літака з іншими повітряними суднами, ідентифікація та вирішення конфліктних ситуацій;

– зв'язок, навігація та спостереження характеристики споруди;

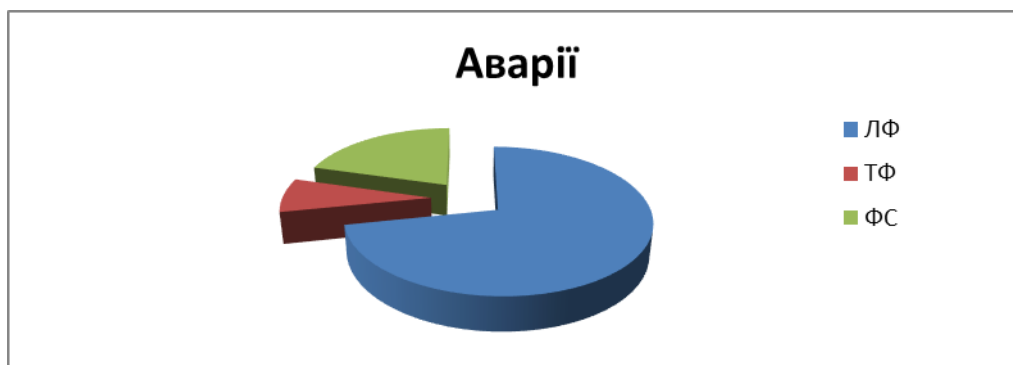
- людський фактор у цивільній авіації.

Наступний крок полягає у вивченні розподілу аварій, подій та серйозних інцидентів для таких категорій, як людський фактор, технічний фактор та навколишнього середовища. Для виконання цього кроку ми використовуємо офіційну публікацію Державної авіаційної адміністрації України "Аналіз стану аварійності з цивільної авіації України у період з 2008 до 2017 року". *Таблиця 3.4*

Розподіл факторів аварій у період з 2008 по 2017 рік

	Людський фактор	Технічний фактор	Фактор довкілля
Катастрофи	30	1	4
Аварії	28	3	8
Серйозні інциденти	59	7	9





**Висновок:** проаналізувавши подану інформацію, можна сказати, що в Україні за період 2008-2017 сталося 17 катастроф, 28 аварій та 75 серйозних інцидентів. З цих даних, можна сказати, більшість подій сталося з вини людського чинника. Тому зараз залишається зниження впливу людського фактора на безпеку авіації.

## 4. Економічний розділ

### 4.1. Маркетингове дослідження розвитку авіакосмічної промисловості світу: регіональні особливості розвитку, перспективи розвитку світової авіації на прикладі компанії Airbus

Авіакосмічна промисловість – типова новітня галузь сучасного машинобудування, яка зайнята конструюванням, випробуванням і серійним виробництвом літальних апаратів, кораблів а також їх двигунів і бортового устаткування. Авіаційна промисловість як галузь зародилася ще на початку ХХ ст., та значно продвинулась вперед під час Першої та Другої світової війни. Космічна ера була відкрита з початком Міжнародного геофізичний року (липень 1957 – грудень 1958), тобто друга половина ХХ сторіччя стала епохою освоєння космосу. Цей період ознаменувався запуском першого штучного супутника Землі. Він став першим штучним небесним тілом, яке створено людиною. Запуск здійснився в СРСР 4 жовтня 1957 р. і був результатом в області ракетної техніки, електроніки, автоматичного управління, обчислюваної техніки, небесної механіки та інших розділів науки та техніки. За допомогою цього штучний супутник Землі вперше була виміряна щільність верхньої атмосфери, також проведено було теоретичні розрахунки і основні технічні рішення, щодо виведення штучного супутника Землі на орбіту. 1 лютого 1958 року на орбіту був виведений перший американський штучний супутник Землі «Експлорер-1», пізніше і інші країни зробили запуски штучний супутник Землі.

Авіаційно-космічна промисловість має важливе політичне та економічне значення. Цією галуззю визначається промисловий потенціал країни. Авіакосмічні підприємства поставляють свою продукцію на внутрішній та зовнішній ринки, забезпечують замовленнями інші галузі господарства, забезпечують велику кількість робочих місць. (рис. 4.1)

Авіакосмічний комплекс потребує високого рівня продуктивності, вимагає великих капіталовкладень та науково-технічних розробок.

Особливістю авіаційного транспорту є високі вимоги до надійності та ефективності обслуговування. Через це необхідно проводити багато наземних і льотних випробувань для того, щоб отримати сертифікат, який підтверджує високій рівень безпеки та надає право роботи в цій галузі.



Рисунок 4.1. Аналіз рівня навичок фахівців зайнятих у світовій аерокосмічній промисловості.

Особливістю авіакосмічної промисловості є величезні стартові інвестиції і виключно довгі програмами реалізації, що відкладає отримання прибутку на дуже довгий термін. Великі досягнення потребують великих капіталовкладень, і для успішного впровадження високих технологій також необхідні кошти.

Великі затрати припадають на перші 2–2,5 роки. І тільки після п'яти років інвестиції можливе повернення коштів (Рис. 4.2).

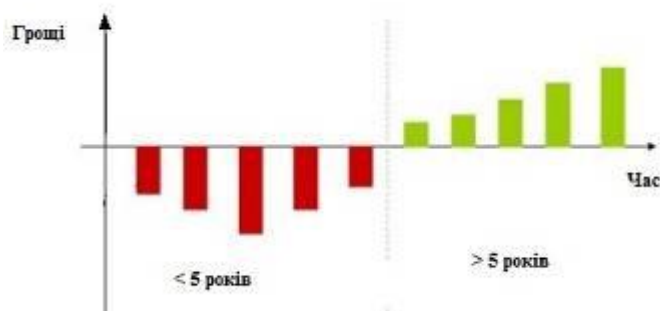


Рисунок 4.2. Життєвий цикл капіталовкладень в авіакосмічній промисловості.

Підприємства авіаційно-космічної галузі можуть належати як країні, так і приватним власникам. В результаті розвитку техніки і технологій космічна діяльність, як високотехнологічна галузь економіки, стає все більш рентабельною, залучаючи нові інвестиції приватних компаній і фізичних осіб. У промислово розвинених країнах в різних галузях економіки стали ширше впроваджуватися космічні технології та побічні продукти космічної діяльності. Розробляються за допомогою таких технологій нові вироби і навіть види послуг давно реалізуються на світовому ринку за конкурентоспроможними цінами.

Наприклад з продуктів харчування космічні розробки подарували людству біопродукти – йогурти, соки та спирти, збагачені біфідобактеріями. Ще в 1963 р. мікробіологи виявили бактерії, що пригнічують розвиток гнильних і хвороботворних мікробів, їх стали додавати в їжу космонавтів, це стало необхідною частиною трапези космонавта. З відкриттям космічної ери переосмислювалися уже звичні предмети. Наприклад, упаковку туби (тубик), яка використовувалась для зберігання зубної пасти, стали використовувати для того, щоб годувати космонавтів в невагомості. Пастоподібні борщі і котлети стали розфасовувати в туби, так тривало до 1982 р., а потім впровадили нові засоби тривалого збереження продуктів.

Також багато чого з одягу було запозичене у космонавтів. Термобілизну спочатку було розроблено для космонавтів, тому що вона сприяє випаровуванню надлишку вологи, яка виділяється тілом при навантаженнях і зберігає тепло. В наш час вона використовується любителями зимових видів спорту. Також вогнестійка тканина для костюмів пожежників спочатку використовувалась в скафандрах космонавтів. Також при виготовленні бігових кросівок використовується тривимірна тканина з поліуретановою піною, вона правильно розподіляє навантаження піж час руху. Її також використовували у місячних черевиках. Черевики місячних піонерів пружинили крок та забезпечували вентиляцію.

Для побутової техніки було запозичено фільтри для води з технологією чищення за допомогою срібла. Їх використовували на борту МКС, а зараз їх використовують на всіх кухнях країни. А бездротові портативні пилососи, які ідеально відповідають для прибирання автомобіля, зроблені за принципом апарата, розробленого NASA для збору ґрунту з Місяця.

Також багато космічного використовується в медицині. Костюми, що використовуються космонавтами на орбіті для підтримки м'язів в тонусі (вони атрофуються від бездіяльності в невагомості), на Землі використовують для дітей з церебральним паралічем. Цей костюм успішно застосовується на орбіті більше 20 років. Під час операції з лазерної корекції зору хірургами застосовується технологія, яка заснована на принципі стикування космічних кораблів. Ця технологія дозволяє з точністю до міліметра визначити відстань до об'єкта. Око робить близько 1000 мікропереміщень під час офтальмологічної операції, але лазер за допомогою технології LIDAR, встигає за ним. Також п'єзоелементи, розроблені з метою постійної роботи оптичних систем на супутниках, допомагають рятувати людські життя. На їх основі були розроблені браслети для діабетиків, які оснащені вбудованим насосом для інсулінових ін'єкцій.

У 80-х роках в США була створена програма, яка дозволяла поліпшати якість знімків, зроблених космічними апаратами. Пізніше вчені передали цю програму медикам, зараз йдуть випробовування щодо використання її для аналізу інформації рентгенівських апаратів, томографів, маммографів та УЗД.

Комерційні фірми стали основними інвесторами в ряді сегментів космічного ринку – наприклад в секторі супутникового зв'язку. По суті, почався процес приватизації космічної діяльності та ліквідації монополії держав на її ведення.

Авіакосмічна промисловість відіграє дуже важливу роль у сучасному світі. Розміщення підприємств авіакосмічної промисловості залежить від багатьох чинників, насамперед від надходження конструкційних матеріалів, наявності кваліфікованої робочої сили, зв'язків з науково-дослідною базою, розміщення ринків збуту. Авіакосмічна промисловість займає провідне місце серед оборонних галузей промисловості за обсягом виробництва і реалізації продукції, вартості основних фондів підприємств, чисельності висококваліфікованих кадрів. Уже наприкінці минулого століття почався процес комерціалізації космічної діяльності. Побачивши вигоди від використання космічної техніки і технологій, в освоєння космосу активно включився приватний бізнес. Та й державний сектор став приділяти більше уваги комерційних аспектів використання космічного простору в мирних цілях.

Космічна індустрія, доходи від якої в середині 1990-х років склали десятки мільярдів доларів США, перетворилася в найбільшу галузь світової економіки. У 1996 р. загальні доходи від комерційної діяльності вперше перевищили обсяги державних видатків на космос. У загальному обсязі космічних програм комерційного характеру на частку країн ЄС припадало 60%, на частку Росії – 10–12%. За ними слідували Сполучені Штати, Китай та Індія. У середині 2000-х років щорічний приріст світового космічного ринку становить 30–40 млрд. доларів.

Наступні чотири пункти відображають особливості авіакосмічної промисловості. Вони сильно впливають на структуру і розвиток організації виробництва, місце розташування виробництва і останнє, але не менш важливе, – відношення уряду до промисловості.

- Високий технологічний рівень

Високий технологічний рівень сучасної конструкції літака і його базова технологія має на увазі, що незначні поліпшення технології досягається шляхом великих зусиль і веде до значного збільшення кінцевої вартості продукту. Це також пояснює однорідність технологічних рішень: невеликі помилки в модернізації призводять до великих фінансових втрат. Існує дуже високий ризик неправильного позиціонування в технології виготовлення моделі (матраці). Компанії намагаються зменшити ці ризики за допомогою угод про співробітництво з іншими фірмами, включаючи ті, які можуть бути потенційними конкурентами.

- Технологічна складність

Складна конструкція авіакосмічної продукції є перешкодою для інновацій, оскільки передбачає обмежені можливості контролю впровадження змінити. Знову ж таки, величезні витрати втілюються в невеликих технологічних удосконаленнях. Тому компанії зосереджують свої ноу-хау в конкретних областях, щоб розширити свої технологічні кордону. Виробникам авіакосмічної продукції необхідно розвивати систему взаємовідношення між спеціалізованими фірмами.

- Високі та зростаючі витрати на розробку

Наприкінці вісімдесятих років, деякі вчені стверджували, що витрати на розробку нового покоління літаків А 380 досягне 10 млрд. доларів. Але після того як зробили перший літак А 380 витрати досягли 15 млрд. доларів США в 2004 році. Для зниження високих витрат і зниження фінансових ризиків, фірми йдуть на інтенсивний передпроектний період і виділяють тих партнерів які найкраще підходить для цієї роботи.

- Довгі періоди самоокупності і невеликі ринки

Немає ні однієї країни в світі яка була би в змозі поглинути в своєму внутрішньому ринку кількості повітряних суден, необхідних для досягнення порогу самоокупності, який забезпечує прибутковість одного виробника. Крім того, багато урядів вводять прямі та непрямі бар'єри на

придбання повітряних суден якщо процес виробництва проводиться без участі місцевих фірм. Великі виробники переступають через цей бар'єрів шляхом укладання угод з фірмами країн де необхідно реалізувати свої проекти.

## 4.2. Сучасна структура авіакосмічної промисловості

Спочатку авіаційна промисловість розвивалась як військова галузь, а вже з часом стала вироблятися задля забезпечення громадянських потреб. Прикладом можуть слугувати пасажирські авіалайнери й невеличкі літаки і вертольоти, також задля вдоволення необхідних потреб народного господарства. У структурі авіакосмічної промисловості виділяють літакобудування та вертольотобудування, ракетобудування, виробництво космічних літальних апаратів, виробництво двигунів, авіаційне приладобудування. Не всі країни мають повний набір цих галузей, лише промислово високорозвинені країни можуть виготовляти всі види продукції.

Літако- і вертольотобудування є одними з найважливіших галузей авіабудування. Разом виробництва літаків і вертольотів (тобто літаки готової продукції) припадає понад 50% від загального обсягу виробництва авіакосмічної продукції. Крім того, технічне обслуговування та ремонт склали близько 20%. (рис. 4.3.)

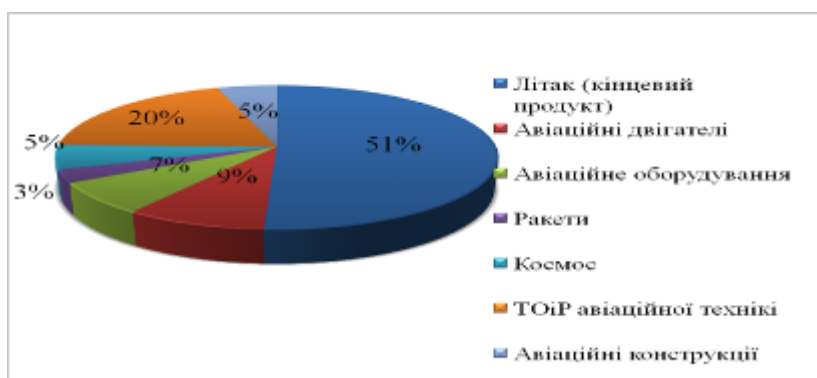


Рисунок 4.3. Розбивка в деталях авіакосмічної промисловості за 2017 рік

Великі цивільні повітряні судна (47%) і військові літаки (34%) на сьогоднішній день найбільша частка остаточного виробництва, в той час як наприклад, вертольотам доводиться лише близько 12%, а регіональні та бізнес літаки займають декілька відсотків. (Рис. 4.4)

Дослідження, проведенні провідними зарубіжними авіакосмічними корпораціями з метою виявлення залежності між показниками інтегрованості і конкурентоздатності підприємств на світовому ринку космічних послуг, показують наступне. Найбільш високим рівнем конкурентоздатності володіють фірми, які зуміли в умовах постійно мінливого обсягу і якісного складу ринку забезпечити:

- організаційну структуру корпорації в складі 6–7 великих підприємств;
- виробництво конкурентоспроможної продукції різного призначення із збереженням частки випуску авіакосмічної техніки, рівної 30–70%;



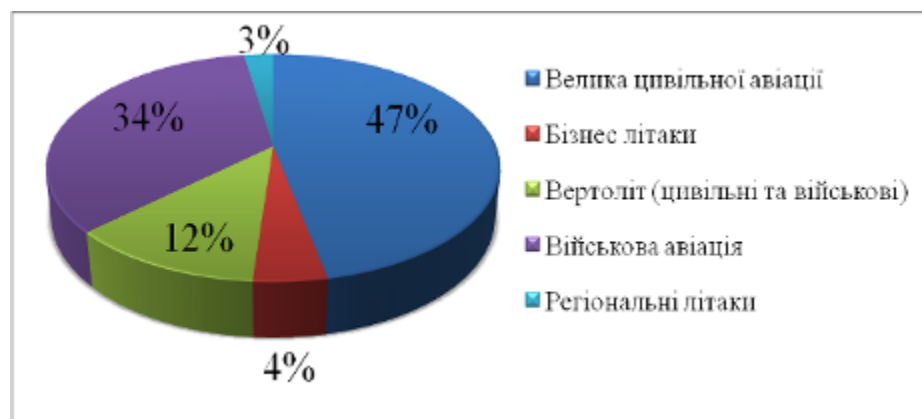


Рисунок 4.4 Структура готової продукції в світі.

○ чисельність залученого до роботи в космічному секторі персоналу, рівну 14–45 тис. чоловік.

Дослідження, проведенні провідними зарубіжними авіакосмічними корпораціями з метою виявлення залежності між показниками інтегрованості і конкурентоздатності підприємств на світовому ринку космічних послуг, показують наступне. Найбільш високим рівнем конкурентоздатності володіють фірми, які зуміли в умовах постійно мінливого обсягу і якісного складу ринку забезпечити:

- організаційну структуру корпорації в складі 6–7 великих підприємств;
- виробництво конкурентоспроможної продукції різного призначення із збереженням частки випуску авіакосмічної техніки, рівної 30–70%;
- чисельність залученого до роботи в космічному секторі персоналу, рівну 14–45 тис. чоловік.

### 4.3. Регіональні особливості розміщення авіакосмічної промисловості

Нині літаки и вертольоти виробляють більше 20 країн світу. Це країни з високорозвиненою економікою. Лідируючі позиції серед виробництва авіаційної продукції займають Сполучені Штати, Росія та Західна Європа. Останнім часом авіабудування з'явилося у деяких країнах, що розвиваються, а саме: Бразилія, Аргентина, Індія, Пакистан. Виробництво ракетної техніки и космічних апаратів територіально ще більш обмежена. Всього космічною діяльністю займаються понад 120 держав, – близько з 20 з яких поводяться вельми активно. На сьогоднішній день це США, Росія, Франція та Велика Британія.

Авіакосмічні підприємства прагнуть розташовуватись біля великих агломерацій та міст, також увага звертається на зацікавленість фірм та військово-стратегічні міркування. Для того, щоб розмістити на своїй території підприємства космічної промисловості чи підприємства авіабудування необхідно, щоб країна мало потужний економічний та ресурсний потенціал, тому що ця промисловість потребує не лише великих фінансових витрат та висококваліфікованих кадрів, але й можливості транспортування невисотачаючих матеріалів з далеких ділянок країни чи з інших країн, потрібні полігони для випробовування нової продукції та інше.

Серед країн світу найбільш розвинутих авіаційну промисловість має США. Тут центри авіакосмічної промисловості є в багатьох штатах. Більша за все відрізняються тихоокеанські штатів (Орегон, Вашингтон, Аляска) та Каліфорнія з головним центром авіакосмічної промисловості США – Лос-Анджелесом. Загальна чисельність зайнятих в авіапромисловості США – 135 тис. чоловік, тут виробляється чверть всіх літаків та майже половина всієї ракетної техніки США. Велику роль грає Сіетл – головна вотчина «Боїнг» («BOEING»). У компанії «Боїнг» працює більше осіб, ніж у всіх інших компаніях Вашингтона, і вона є світовим лідером виробництва комерційних реактивних літаків. Ця фірма передає в Південну Каліфорнію четверту частину своїх замовлень. Тут розташовано багато величезних заводів, таких як

«Макдоннел-Дуглас», «Локхід», «Нортроп». Ракетне виробництво, також представлено великими заводами «Дженерал Дайнемікс», «Рокуелл». Чимало існує заводів з виробництвом космічної техніки та заводів виробництва ракетноносіїв. [16]

В лютому 1958 року було створено Агентство передових оборонних дослідницьких проєктів (The Defense Advanced Research Projects Agency, скор. DARPA), воно відповідало за розробку новітніх технологій для користування збройних сил США.

29 липня того ж року в США було створено Національне управління з повітроплавання і дослідження космічного простору (англ. National Aeronautics and Space Administration, скор. NASA). Це відомство, яке належить уряду США, та підкорюється віце-президенту США. НАСА відповідає за громадянську космічну програму країни. Багато проєктів DARPA були передані НАСА.

Ще одним глобальним гравцем авіаційно-космічної промисловості є Західна Європа. 30 травня 1975 року було утворено Європейське Космічне Агентство (ЄКА), до складу якого входили 10 держав: Франція, Великобританія, Німеччина, Бельгія, Данія, Іспанія, Італія, Нідерланди, Швеція та Швейцарія. У 1987 року до ЄКА приєдналася Австрія, а з 2005 року членами ЄКА стала Греція, Люксембург, потім Ірландія, Норвегія, Португалія та Фінляндія. ЄКА створили ракету «Аріан», та мають на меті вдосконалити її, щоб мати можливість транспортувати людей та великий вантаж до космосу.

До початку 1990-х років ЄКА проводило космічні наукові дослідження нарівні з НАСА і РККА. Фінансування ЄКА складається з обов'язкових програм, які утворюють основу діяльності агентства. Фінансуються країнами пропорційно їх участі у відповідних роботах. Радою керуючих призначається генеральний директор ЄКА, також разом з міністерствами космічних чи наукових урядів окремих країн, вона розробляє програму діяльності агентства. Головний центр ЄКА знаходиться в Парижі, він розпоряджується ще п'ятьма космічними центрами і полігонами.

Ще однією країною з розвинутою економікою, яка має авіакосмічну промисловість є Японія. Її участь у космічних дослідженнях обмежена конституцією Японії, яка забороняє розроблювати стратегічні види зброї. Однак Японія все одно має солідну космічну програму. У 1981 році було створено Інститут космосу і астронавтики (ISAS), ним керувало міністерство освіти. В наш час це незалежна організація, з центром у Сагаміхаре (на захід від Токіо). Інститут має у своєму розпорядженні чотири полігону: центр випробувань КЛА в Носіро, космодром в Кагосіма, куля-зондовий полігон в Санріку і центр управління польотами в Усуде. У 1969 р. було створене Національне управління розробок для космосу (NASDA), воно підпорядковувалось міністерству торгівлі та промисловості і було покликане розробляти космічні технології і системи. Головний офіс NASDA знаходиться в Токіо. Воно володіє чотирма великими полігонами: космодромом на о. Танегасіма, центром управління і стеження в Цукубі, центром розробки двигунів в Какудо і центром наземних спостережень.

Китайська Народна Республіка також відіграє важливу роль в авіакосмічній промисловості світу. До 70 років ХХ ст. космічна діяльність КНР була засекречена та була спрямована на використання космосу у військових цілях. Але ця країна створила ракети-носії «Великий похід-3», які 1984 почали конкурувати із західними і радянськими ракетами. Міністерство космонавтики КНР відповідає за космічну діяльність країни. Технічні послуги надаються Китайською академією космічної техніки, Шанхайським інститутом проєктування супутників і Шанхайським бюро космонавтики.

Після розпаду СРСР Україна отримали майже третину радянського космічного потенціалу та значно примножила його. Україна має третій після США та Росії ракетно-космічний комплекс. Але у рейтингу космічної активності Україна – на 5-му місці. Попереду – Сполучені Штати, Росія, Китай та Європейське космічне агентство. За показниками в космічній галузі Україна намагається вийти на рівень 90-го року. Авіакосмічна галузь України є однією з базових та стратегічно важливих галузей економіки країни. Вона є потужним фактором посилення міжнародної співпраці України та засобом набуття нашою державою статусу регіонального лідера. Авіакосмічна галузь України є однією з небагатьох, які забезпечують

сталий розвиток нашої економіки, і має реальні перспективи виходу на міжнародні ринки високотехнологічної продукції. Створення науково-дослідної та конструкторської бази, розвиток алюмінієвої та титанової промисловості, підготовка висококваліфікованих кадрів вплинули на розвиток авіакосмічної промисловості. Сьогодні в нашій державі немає такої сфери діяльності людини, де б не використовувалися практичні результати наробок авіакосмічної галузі України. Авіаційна промисловість України нараховує 39 підприємств, які належать країні та приватним власникам. В наш час в цій промисловості працює понад 90 тис. чоловік. Також вона має практично все, що дозволяє розробляти, випробовувати та серійно виготовляти літаки, авіаційні двигуни, спеціальне обладнання, бортову радіоелектронну апаратуру, авіаційні агрегати, проводити науково-дослідні та дослідно-конструкторські роботи у галузі технологій виробництва та експлуатації авіаційної техніки, виконувати модернізацію та ремонт авіаційної техніки. [2]

Космічний комплекс України налічує близько 40 підприємств та науково-дослідних Інститутів, які мають неабиякий досвід у розробці та виготовленні ракетноносіїв, космічних апаратів, двигунів, систем керування та телеметрії. Космічна програма України має статус закону, її затверджує Верховна Рада. Політика керівництва космічної галузі України спрямована на те, щоб підтримувати ці технології, розвивати їх та впроваджувати в інші галузі господарства, підвищуючи ефективність економіки країни. Провідними представниками вітчизняної космічної галузі є державне підприємство «Виробниче об'єднання «Південний машинобудівний завод ім. О.М. Макарова», державне підприємство «Конструкторське бюро «Південне» ім. М.К. Янгеля», державні підприємства «Науково-виробниче об'єднання «Павлоградський хімічний завод», «Завод «Арсенал», «Центральне конструкторське бюро «Арсенал», державне науково-виробниче підприємство «Об'єднання «Комунар». Принципово для України – освоєння космосу винятково в мирних цілях.

Нажаль бюджет України не може забезпечувати навіть десяту частину тих капіталовкладень, які потрібні для самодостатнього розвитку авіакосмічної промисловості. Але саме завдяки авіації і космонавтиці Україна прославилася на весь світ і своїми літаками, і ракетноносіями, і різноманітними винаходами, причому аналогів деякої авіакосмічної продукції України не має в жодній країні. [1]

Але у світі не лише великі і розвинені країни зацікавлені у використанні космосу. Інші держави, не маючи у своєму розпорядженні ресурсів для реалізації космічних програм, дивляться на космос як на спосіб дослідження своїх природних ресурсів і основу технічного прогресу. У таких країнах є спеціальні космічні агентства або міністерства, які займаються питаннями дослідження космосу та регламентування космічної діяльності.

#### **4.4 Вплив науково-технічного та інноваційного фактору на розвиток авіакосмічної промисловості**

Авіакосмічна промисловість виникла під час науково-технічної революції, тому технологічний процес є основою конкурентоспроможності авіакосмічної промисловості. За темпами розвитку авіаційно-космічна промисловість перевершила інші галузі і придбала визначальне значення для сучасної цивілізації.

Прогрес у розробці науково-технічних систем по дослідженню і використанню космосу не стоїть на місці. Створення нових систем запуску, аерокосмічних об'єктів і міні супутників – тільки один з проривів у цій сфері. Освоєно застосування космічних апаратів багаторазового використання типу «Шаттл». На всі планети Сонячної системи, за винятком Плутона, за останні півстоліття було здійснено запуски космічних апаратів. З'явилися можливості тривалого перебування в космосі за рахунок використання російських і американських космічних станцій «Салют», «Мир», «Скайлеб». Запуски супутників прикладного призначення дозволили

налагодити спостереження за Землею і її надрами з космосу і сприяли розвитку телекомунікацій.

Найбільш важливими секторами космічної діяльності стали: дистанційне зондування Землі, космічний зв'язок, космічні послуги з визначення місцезнаходження, і супутникові можливості Інтернету, виробництво супутників і ракет-носіїв, запуск корисних навантажень, наукові дослідження та метеорологія. У найближчі десять років планується виробити близько 1700 запусків космічних апаратів, половина з яких буде комерційними.

В умовах наростаючих процесів глобалізації економіки успішний розвиток авіакосмічної промисловості супроводжується конкурентною боротьбою світових лідерів авіакосмічного виробництва, об'єднаних у великі корпорації. Досить навести як приклад такі інтегровані структури цієї галузі США, як компанії Боїнг, Локхід-Мартін, Райтсон, Нортроп-Грумман, європейські об'єднання EADS, Астріум, що налічують у своєму складі десятки підприємств з багатотисячним інженерно-технічним персоналом.

#### 4.5 Перспективи розвитку авіакосмічної промисловості

Розглянути перспективи розвитку світової авіації можна на прикладі компанії Airbus. З 11 по 16 вересня 2012 року в Берліні тривала Міжнародна авіаційно-космічна виставка ІЛА-2012. В рамках виставки Airbus представив прогноз розвитку світової авіації до 2031 року. Вперше подібний прогноз виробника стосується таких питань, як експлуатація літаків у повітрі та на землі.

Airbus оцінив ринок нових цивільних комерційних літаків (як пасажирських, так і вантажних) до 2031 р. в 28,2 тис. машин. Їх загальна вартість складе приблизно 4 трлн. дол. (рис. 4.5)



Рисунок 4.5 Двадцятирічний попит на 28,200 нових пасажирських і вантажних літаків.

Чарльз Чеміон, виконавчий віце-президент компанії з питань інженерінгу, сказав, що для досягнення цілей необхідні великі інвестиції.

І ще один цікавий факт. При тому, що пасажирський трафік з 2000 року виріс в півтора рази, реальні потреби в паливі не змінилися. Цьому сприяв перехід авіакомпаній на більш сучасні та економічні повітряні судна, що дозволило значно знизити негативний вплив високих світових цін на нафту і нафтопродукти.

Спираючись на проведені дослідження, компанія Airbus стверджує, що за умов оптимізації системи управління повітряним рухом і технологій, вживаних на борту літаків можна вже в наш час тривалість авіаційних польотів в Європі та США скоротити в середньому на 13 хвилин. Тобто можна було б заощадити 9 мільйонів тонн палива на рік, враховуючі, що щорічно виконується близько 30 мільйонів перевезень та 5 мільйонів годин польоту. Також можна було б зменшити кількість викидів в атмосферу CO<sub>2</sub>. А якщо додати до цього альтернативні джерела енергії та новий підхід до виконання польотів, тоді показники можна ще значно поліпшити.

Попит на пасажирські авіаперевезення буде рости в середньому на 4,7% щорічно, що відповідає динаміці попередніх десятиліть – подвоєння за 15 років. (рис. 4.6)



Рисунок 4.6 Попит на пасажирські авіаперевезення

За весь цей час близько 10,35 тис. літаків будуть замінені новими, більш ефективними моделями. Зараз експлуатуються 15,55 тис машин. Порівняно з теперішнім часом, до 2031 р. флот пасажирських повітряних суден збільшиться вдвічі, та складатиме 32,55 тис. машин. Проти нинішніх 1,6 тис. машин загальносвітового парку, через 20 років буде налічуватися 3 тис. машин.



Рисунок 4.7 Попит на 27,000 нових пасажирських літаків

Спираючись на прогнози авіабудівника, можна сказати, що в найближчі 20 років буде потрібно 27,35 тис. пасажирських літаків вартістю 3,7 трлн. дол. (рис 4.7)

Спираючись на розрахунки європейського авіабудівника, ринок вузько фюзеляжних літаків до 2031 р. складе 19,52 тис. прим. Їх вартість оцінюється в 1,6 трлн. дол. приблизно одна третина вироблених вузько фюзеляжних літаків буде поставлена в країни Азіатсько-Тихоокеанського регіону (АТР), 25% – в Північну Америку, 22% – в Європу. (рис. 4.8)

**Глобальні прогнози 2012року: основні моменти**

Прогноз світового флоту	2011	2031	%Зміни
Попит на пасажирські перевезення (трильйонів)	5.1	12.8	150%
Аеропасажирський флот	15,560	32,550	109%
Нові поставки пасажирських літаків		27,350	
Грузові	1,620	2,840	82%
Нові поставки грузових літаків		850	
<b>Всього нових літаків поставки</b>		<b>28,200</b>	

Ринокна вартість 4 трильйона \$

AIRBUS

Рисунок 4.8 Глобальні прогнози на 2022: основні моменти

У сегменті широко фюзеляжних літаків (місткістю від 250 до 400 пас.), таких як Airbus A330 і A350 XWB, в найближчі 20 років, згідно з розрахунками літакобудівників, буде поставлено 6,97 тис. нових машин, з яких 6,5 тис. повітряних суден будуть пасажирськими. Загальна їх вартість оцінюється в 1,7 трлн. дол. Найбільшим попитом широко фюзеляжні моделі, також як і вузькофюзеляжні, будуть користуватися в країнах АТР (46%);

Компанія Airbus вже працює над низкою інноваційних рішень, які допоможуть досягти поставлених цілей в майбутньому:

- застосування альтернативних видів палива,
- пошук нових конструктивних рішень,
- модернізація системи управління повітряним рухом.

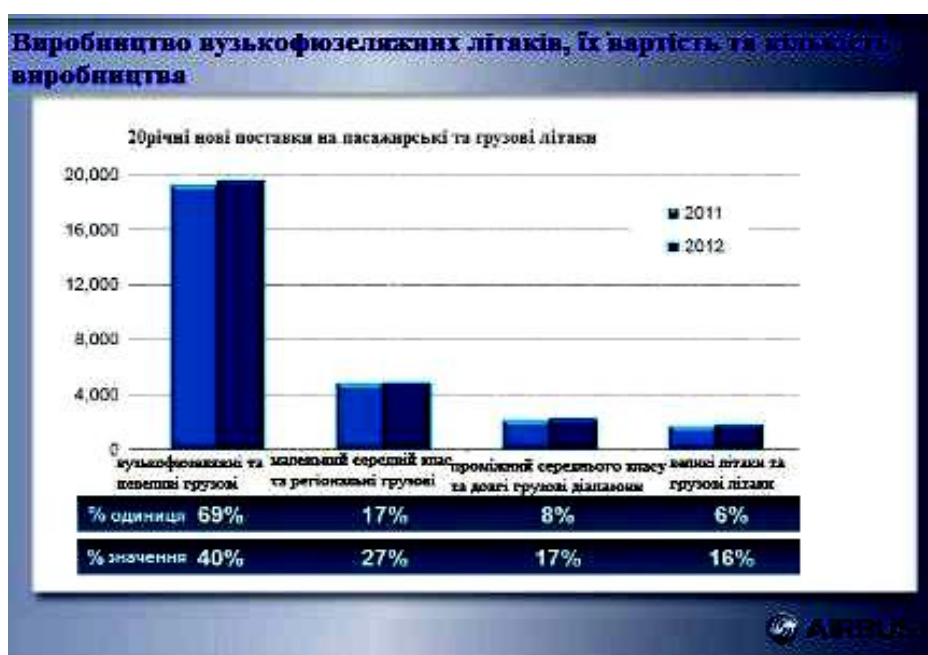


Рисунок 4.8 Виробництво вузькофюзеляжних літаків, їх вартість та кількість виробництва

Європі потрібно 17% від загальної кількості нових літаків, країнам Північної Америки – 13%.

Airbus також є одним з ключових учасників програм NEXTGEN і SESAR. Ці програми орієнтовані на модернізацію системи управління повітряним рухом шляхом більш повного використання можливостей авіаційної техніки, а також внесення змін в організацію роботи аеропортів та в інфраструктуру.

«Майбутнє авіації залежить від безлічі факторів, а успішне вирішення поставлених завдань вимагає спільної роботи всіх сторін, зацікавлених в успіхах світової авіаційної галузі», – каже Чарльз Чеміон.

Кількість надвеликих літаків, в категорію яких входить Airbus A380, через 20 років буде нараховувати 1,71 тис. машин вартістю 600 млрд. дол., з них 1,3 тис. будуть пасажирськими. У країнах АТР через 20 років буде експлуатуватися 46% нових літаків дуже великої місткості, в Близькосхідному регіоні – 23%, в Європі – 19% (Рис. 4.8).

Але це оптимістичні прогнози, тому що знайдених запасів нафти залишається лише на 100 років.

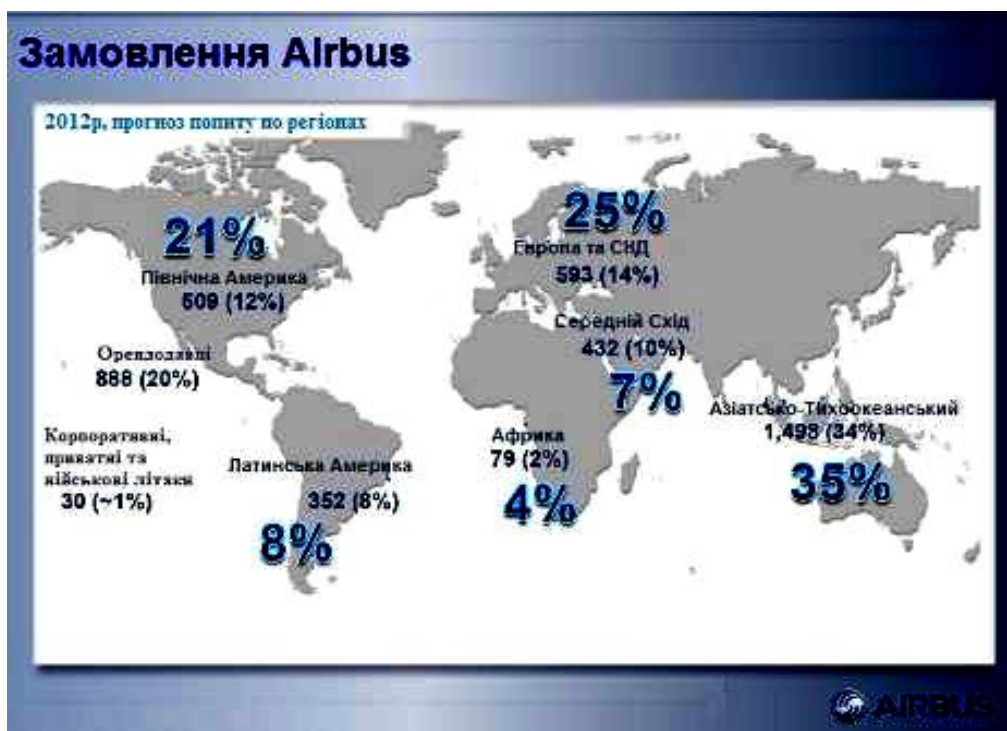


Рисунок 4.9 Замовлення Airbus

Розвиток космосу поділяється на декілька етапів – чотири десятиріччя.

Перше десятиріччя це з 2010 по 2020 роки. В цей час буде розвиватися космос в військових та туристичних цілях. Визначати тенденції розвитку космосу в цьому та в наступному десятиріччі будуть Сполучені Штати Америки. Потім вже будуть Китай, Японія та Німеччина. США буде стрімко нарощувати свою перевагу, та до кінця десятиріччя доб'ється беззаперечної переваги в ближній операційній зоні (100-2000 км). Американські угруповання, що складаються з малих космічних апаратів, створять «супутникові хмари» на висотах від 400 до 1500 км. Геоестаціонарній орбіті та дистанційному зондуванні Землі буде приділятися особлива увага, тому що вони будуть набувати військово-стратегічного значення. За основу міжнародної угоди буде прийнятий саме проект США. Також під кінець цього десятиріччя в космосі почне роботу європейський космічний телескоп. Він прийде на зміну телескопу «Хаббл» – найуспішнішому космічному проекту сторіччя. Експедиції будуть забезпечуватися європейськими пілотованими кораблями, метою їх буде виявлення планети, що має ознаки наявності сприятливого середовища проживання людини тобто пошук наявності життя в космосі. Лазерні реактивні двигуни будуть призначатися для забезпечення автономного польоту космічного апарату на великі відстані. Також у США будуть здійснені пробні запуски на навколосезну орбіту над малих супутників оснащених ЛРД. Потім таки ж супутники запустить Китай. До кінця десятиріччя також буде виконане завдання об'ємного картографування Місяця, тому що військові підрозділи США, Китаю, Японії та Індії виділять на це великі кошти. У середині десятиріччя почнуть реалізовуватися державні освітні програми уроків з космосу для школярів та студентів, які розпочиналися ще в ХХ ст. радянським космонавтом А.А. Сєрбовим. Країни, які не мають досвіду космічних польотів, але здатні витратити великі фінансові кошти на космічне утворення, можуть це забезпечити за допомогою віртуальних сесій держави «космічного клубу». А після того, як 1 лютого 2019 року



двокілометровий астероїд 2002NT7 пройшов дуже близько від Землі актуалізовано завдання захисту Землі від астероїдно-кометної небезпеки.



Рисунок 4.10 З 2000 повітряні подорожі зросли на 53%

#### Друге десятиріччя (2021–2030 рр.)

Збережеться домінування США в космосі, до середини десятиріччя вони поширять свій контроль на середню операційну зону від двох тисяч до двадцяти тисяч. Однак вже с цього часу не лише США буде панувати в цій галузі, до них приєднається Китай, Індія, Німеччина. Вони настільки значно економічно виростуть, що світ від однополярного поступово стане багатополарним. Китай, щоб досягти рівних позицій з США, буде використовувати російський досвід та технології. Перший час все так і буде, але, через деякий час послаблення Росії, Китай визнає цей шлях неперспективним. Але все ж таки через деякий час Китаю вдасться стати другою державою після США.

На початку третього десятиріччя (2031–2040 рр.) почне функціонувати космічна станція Китаю. Керівництво Китаю з самого початку поставить завдання підготовки наукових проектів для своїх станцій. Росія успішно зведе з орбіти МКС, більш таких гігантських конструкцій на навколо земельній орбіті розміщувати не будуть. Безліч компактних космічних апаратів будуть вимагати регулярних ремонтно-профілактичних робіт, це буде дорого навіть для США. Тому американці запустять першу ремонтну орбітальну станцію, для якої почнуть готувати «космічних ремонтників». На навколосемельній орбіті буде розпочате напівпромислове виробництво унікальних матеріалів з продовженням технологічного ланцюжка в земних підприємствах і лабораторіях. Держави приступлять до очищення простору навколо Землі від космічного сміття. Почнеться реалізовуватися міжнародний проект спрямований на дослідження супутників Юпітера, на них пі верхнім шаром льоду може знаходитися океан води. Буде повністю вичерпано ресурс геостаціонарної орбіти, тому почнеться будівництво важких багатоцільових платформ, здатних замінити багато супутників. Буде значних успіхів досягнуто в дослідженні Марса і його супутників завдяки марсоходам та автоматичним станціям. Можливі будуть тижневі тури навколо місяця, але це буде доступно лише мільйонерам. В кінці цього

десятиріччя США, Китай, Японія, Індія, Росія та ЄКА будуть проводити освоєння природного супутника Землі. ЄКА виступить з ідеєю створити на зворотному боці Місяця астрономічну обсерваторію, цю ідею підтримує Росія. Китай буде в ході дослідження Місяця здійснювати його пілотовані обльоти. США буде використовувати космос задля військових цілей. Вони будуть контролювати не лише навколосемельний космічний простір, але й міжпланетний простір.

Наступний четвертий етап триватиме з 2031–2040 р. Він характеризуватиметься мілітаризацією космосу. Збережеться ситуація, яка склалася в світі ще з попереднього десятиріччя. Сполучені Штати залишаться єдиним центром в умовах гео економічної багатополарності. США почнуть програму комерціалізації космосу, зосередившись на виробництві енергії. К 2040 року використання сонячної енергії стане рентабельним. США почнуть активно співпрацювати з Японією, тому що буде здійснюватися комерціалізація космосу з використання робототехніки. В 2031 планується закласти першу місячну базу та здати її в експлуатацію к 2039 р. Китай зробить експедицію на Місяць з висадкою. У цьому десятиріччі очікується початок планових робіт по дослідженню Місяцю і місячних матеріалів. До 2035 року пройдуть випробовування бойових скафандрів, як засобу індивідуального спорядження військового космонавта. Дослідження супутника Сатурну Титану принесуть цікаві результати, він багато в чому схожий на Землю, якщо замінити воду на метан. Астероїд Апофіс у 1926 році знову пройде повз Землю, але не нашкодить їй. Тому ніхто не підпише договір про виведення в космос ядерних зарядів в цілях експериментів зруйнування небесних тіл, що загрожують Землі зіткненням. Міжнародне космічне право мало в чому зміниться з ХХст. Сполучені Штати так і будуть чинити опір укладанню договору щодо демілітаризації космічного простору.

### **Висновки**

Авіакосмічна промисловість відіграє дуже важливу роль в економічному та політичному житті країни. Вона виникла в ХХ ст. Авіаційна та космічна промисловість є складовими машинобудування. Авіакосмічний комплекс дуже капіталомісткий та вимагає великих науково-технічних розробок.

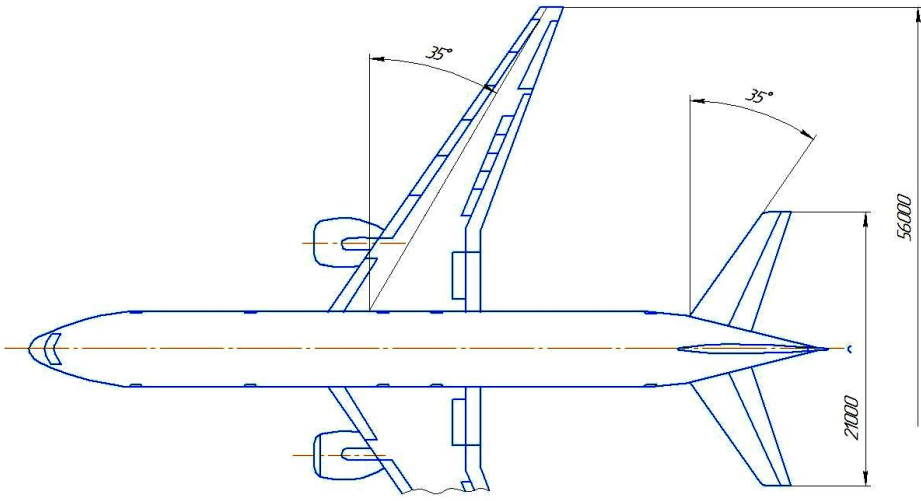
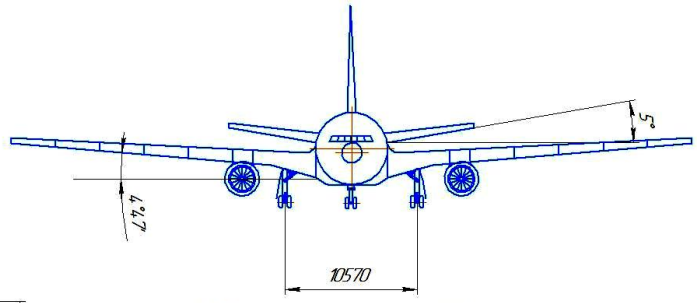
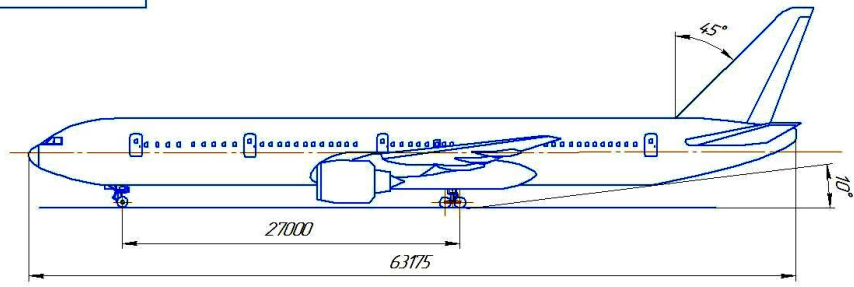
Підприємства цієї галузі можуть розташовуватись лише в розвинених країнах, а для того, щоб розмістити на своїй території підприємства космічної промисловості чи підприємства авіабудування необхідно, щоб країна мало можливість транспортувати невистачаючі матеріали з далеких ділянок країни чи з інших країн, потрібні полігони для випробовування нової продукції та інше. Авіакосмічна промисловість розвивається дуже швидкими темпами, вона перевершила інші галузі та придбала визначальне значення для сучасної авіації. Як все на світі, ця галузь не стоїть на місці, вона й далі розвивається.

Розвиток авіаційної промисловості до 2031 року показан на основі даних європейської компанії Airbus. Ці програми орієнтовані на модернізацію системи управління повітряним рухом шляхом більш повного використання можливостей авіаційної техніки, а також внесення змін в організацію роботи аеропортів та в інфраструктуру. Розвиток космосу можна поділити на 4 етапа. Перший та другий етап це розвиток космосу задля туристичних цілей, і наступні 2 етапи це мілітаризація космосу. Але авіакосмічна промисловість залежить від паливних ресурсів, а запасів нафти на Землі залишається на 100 років.

**Бібліографічний список**

- 1) Розробка авіапроекту літака. А. К. М्याлиця, Л. А. Малашенко, О. Г. Гребеніков, Є. Т. Василевський, В. М. Клименко, О. О. Сердюков, 2010. – 237 с.
- 2) Наближене визначення основних параметрів літака (Ч1, Ч2). В. М. Клименко, О. О. Кобилянський, Л. А. Малашенко. - Х.: ХАІ, 1986. – 40 с.
- 3) Основи аерокосмічної техніки (Ч1, Ч2). В.С. Кривцов, Я.С. Карпов, М.М. Федотов. – Х.: ХАІ, 2003.
- 4) Конструкція літаків. Житомирський Г. І. - М: Машинобудування, 1991. – 400 с.: іл.
- 5) Авіаційні правила. Частина 1. Норми льотної придатності літаків транспортної категорії. – М. МАК, 1993. – 483 с.
- 6) Розрахунок аеродинамічних показників літака. Ч1. В. І. Холявко. – Х.: ХАІ. 1991. – 72 с.
- 7) Льотно-технічні характеристики, поздовжня стійкість та керованість літака. Г. П. Курочка. – Х.: ХАІ, 1999. – 188 с.
- 8) Аеродинаміка та динаміка польоту. В. А. Семенчін, В. А. Захаренко, В. В. Чмівж. – Конспект лекцій. – Х.: ХАІ, 2003. – 381 с.
- 9) Мхітарян А. М. Аеродинаміка. М: Машинобудування, 1976. – 448 с.: іл.
- 10) Технічна експлуатація літальних апаратів: Учеб. для вузів / Н. Н.Смірнов, Н. І. Володимиров, Ж. С. Черненко та ін; За ред. Н. Н.Смірнова. – М: Транспорт, 1990. – 423 с.
- 11) Крохін З. Т., Скрипник Ф. І., Шестаков В. З. Інженерно-організаційні основи забезпечення безпеки польотів у цивільній авіації. – М: Транспорт, 1987. – 175 с.
- 12) Вибір параметрів та експлуатація авіаційних коліс з урахуванням особливостей шин та гальм 6 навч. посібник / В. І. Рябков, Л. В. Капітанова, Д. В. Тиняков, Н. Г. Толмачов. – Х. : Нац. аерокосм. ун-т ім. Н. Є.Жуковського «Харк. авіац. ін-т», 2014. – 85 с.
- 13) Авіаційні правила АП-25. Норми льотної придатності літаків транспортної категорії / Міждерж. авіац. ком.-Жуковський: Вид-во Льотно-дослідний. ін-та ім. М. М.Громова, 1994. – 332 с.
- 14) Техніко-економічне обґрунтування літаків та двигунів у дипломних проектах. А. І. Бабушкін, В. А. Пильщиков, В. А. Різьбяр. А. І. Лисенка, Я. В. Сафронов. – Навч. посібник з дипломного проектування. Х.: Нац. аерокосмічний ун-т «ХАІ», 2000. – 51 с.

## Додаток А Креслення загального вигляду літака



*Технические характеристики самолета*

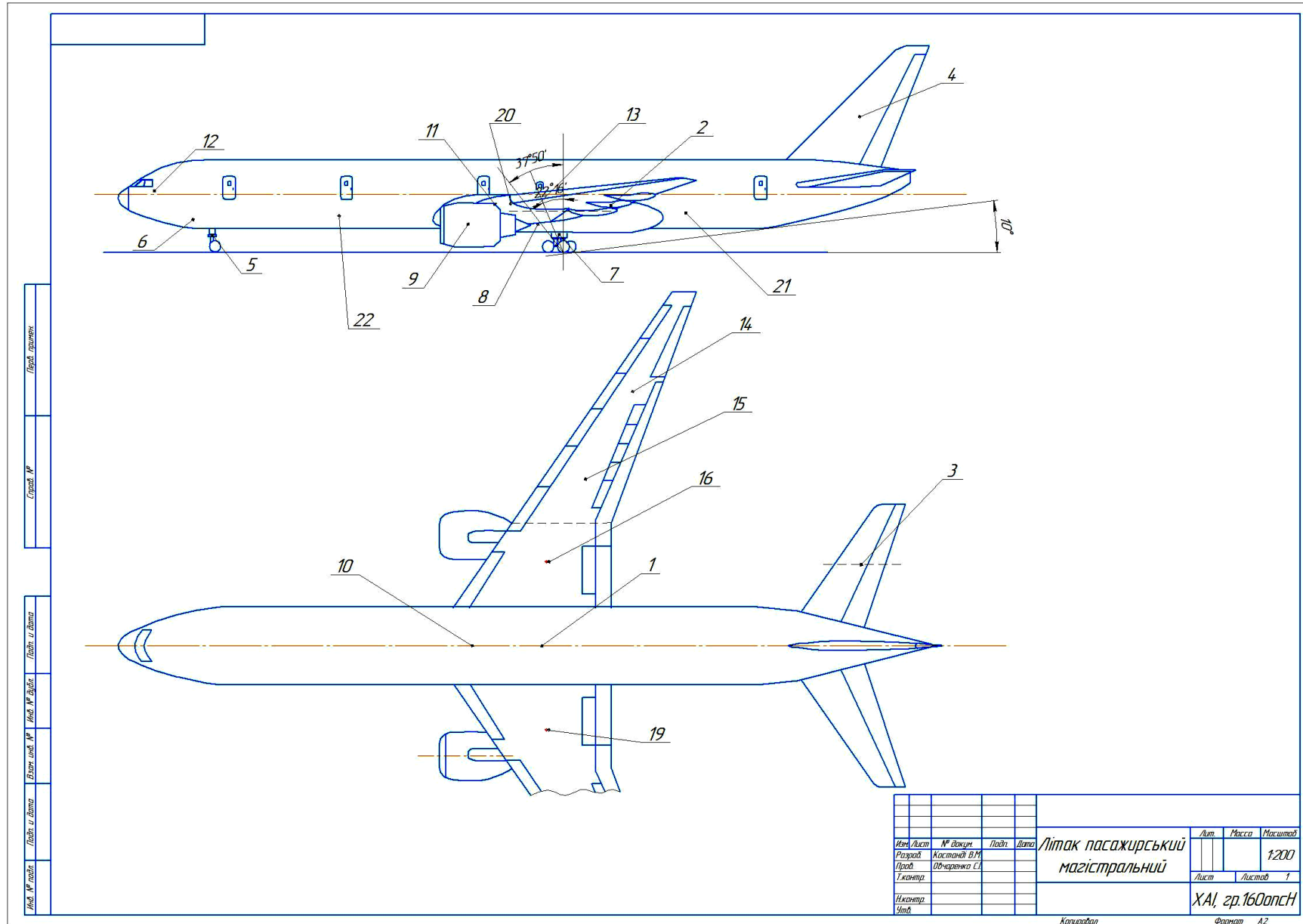
1. Самолет пассажирский сверхзвуковой магистральный
2. Летно-тактические характеристики:
  - крейсерская скорость 900 км/ч
  - дальность полета 10000 км
  - высота крейсерского полета 11000 м
  - посадочная скорость 240 км/ч
  - длина разбега 2700 м
3. Массовые характеристики:
  - взлетная масса 308795 кг
  - максимальная платная нагрузка 48360 кг
  - масса пустого самолета 116562,4 кг
  - масса топлива 88803,8 кг
  - весовая отдача 0,54
  - весовая отдача по коммерческой нагрузке 0,19
  - удельная нагрузка на крыло 950 даН/м<sup>2</sup>
4. Геометрические характеристики:
  - площадь крыла 262 м<sup>2</sup>
  - удлинение крыла 10
  - сужение крыла 5
  - средняя аэродинамическая хорда 5,88 м
  - площадь горизонтального оперения 917 м<sup>2</sup>
  - площадь вертикального оперения 83,8 м<sup>2</sup>
5. Характеристики двигателя:
  - тип двигателей ТРД
  - суммарная статическая тяга 2x39908,4 даН
  - тяговооруженность самолета 0,3321
  - длина и диаметр двигателя 3500x6500
6. Прочие данные:
  - экипаж 2 чел.
  - максимальная эксплуатационная перегрузка 3,45
  - тип ВПП А по НИПТ ГА-88
  - число пассажиров 280

Перед. прототип. Серий. №. Листы и дата. Внутр. код. №. Вид. №. Вкл. Листы и дата. Вид. №. Листы.

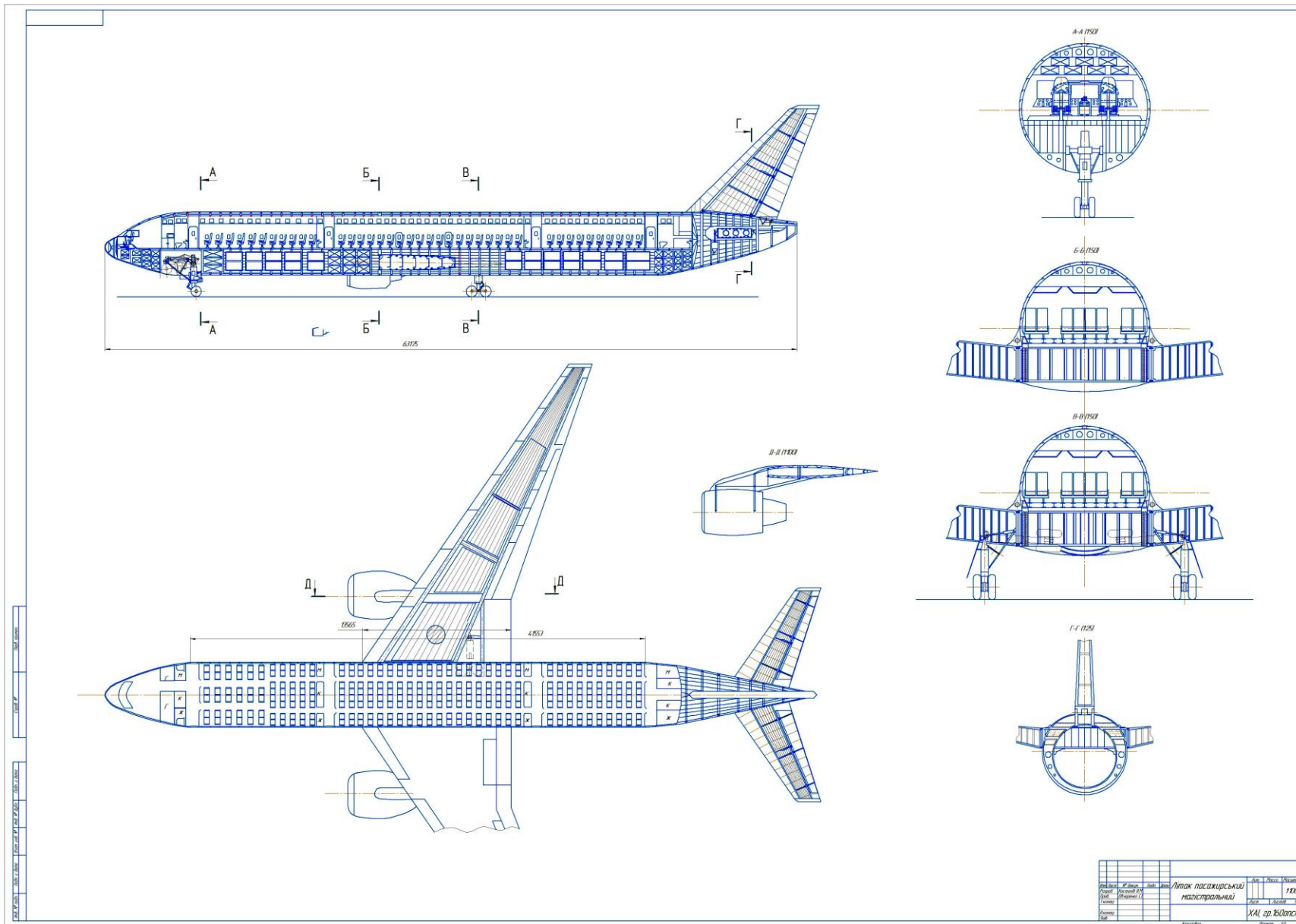
Имя/Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Лит.	Масса	Масштаб
Разработ	Автоматич. В.М.					1:200
Проект	В.М.					
Техцентр						
Исполнит.						
Утв.						
<b>Літак пасажирський магістральний</b>				Лист	Листов	1
				<b>ХАІ, зр.160ансН</b>		

Капітан Фарит АЗ

## Додаток Б Центровка



# Додаток В Компонівка літака



№ документа	№ листа	Дата	№ змін	Автори	Рисувальник	Перевірник
Літак пасажирський				1:100		
металопластиковий						
ХАІ, м.п. В.С.О.Л.С.Н.						
Архитектор				Інженер		