

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
АЕРОКОСМІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ
КАФЕДРА ПІДТРИМАННЯ ЛЬОТНОЇ ПРИДАТНОСТІ ПОВІТРЯНИХ СУДЕН

ДОПУСТИТИ ДО ЗАХИСТУ

Завідувач кафедри
канд. техн. наук, доц.

_____ О.В. Попов
«_____» _____ 2022 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

(ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА)
ЗДОБУВАЧА ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТРА

ЗА ОСВІТНЬО-ПРОФЕСІЙНОЮ ПРОГРАМОЮ «ТЕХНІЧНЕ
ОБСЛУГОВУВАННЯ ТА РЕМОНТ ПОВІТРЯНИХ СУДЕН І
АВІАДВИГУНІВ»

**Тема: «Формування програми технічного обслуговування
повітряного судна»**

Виконав: _____ **В.С. Грищенко**

Керівник: канд. техн. наук, доц. _____ **Р.М. Салімов**

Консультанти з окремих розділів пояснювальної записки:

охорона праці: _____ **О.О. Козлітін**
канд. техн. наук, доц.

охорона навколишнього середовища: _____ **А.О. Падун**
канд. техн. наук, доц

Нормоконтролер: _____ **А.М. Хімко**
канд. техн. наук, доц.

Київ 2022

НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Навчально-науковий аерокосмічний інститут

Кафедра збереження льотної придатності авіаційної техніки

Освітній ступінь «Магістр»

Спеціальність 272 «Повітряний транспорт»

Освітньо-професійна програма «Технічне обслуговування та ремонт літаків і авіаційних двигунів»

ЗАТВЕРЖДАЮ

Завідуючий кафедри

канд. техн. наук, професор

О.В. Попов

« ___ » _____ 2022р.

ЗАВДАННЯ

**на виконання дипломної роботи
Грищенко В'ячеслав Сергійович**

1. Тема роботи: «Формування програми технічного обслуговування повітряного судна». Затверджено наказом ректора від 29 вересня 2022 року No 1786 / ст.
2. Термін виконання роботи: с 1 вересня 2022 р. по 23 листопада 2022 р.
3. Вихідні дані до роботи: базова інформація з формування програми з технічного обслуговування на базі MSG-2, базова інформація з формування програми з технічного обслуговування на базі MSG-3, дані з частотою та кількістю робіт з ТО для літака Boeing 737-800.
4. Зміст пояснювальної записки: Порівняння концепцій створення програм з ТО для літаків на базі MSG, обґрунтування переваг переходу на новий формат MSG-3, розробка заходів з охорони праці та навколишнього середовища.
5. Перелік обов'язкового графічного (ілюстративного) матеріалу: схеми покрокової філософії MSG-3, залежність інтенсивності відмов від часу, таблиці з даними про кількість та характер робіт з ТО. Графічний (ілюстративний) матеріал виготовляється за допомогою Microsoft Office Excel, Power Point і представлений у вигляді презентацій.

6. Календарний план графік

| Завдання | Термін виконання | Відмітка про виконання |
|--|-------------------------|-------------------------------|
| Вивчення концепції MSG для створення програми ТО | 01.09.22 – 13.09.22 | |
| Аналіз процедур MSG-2 та MSG-3 | 14.09.22 – 01.10.22 | |
| Порівняння та обґрунтування вибору концепції MSG-3, як основною для формування програми ТО | 01.10.22 – 19.10.22 | |
| Виявлення переваг у надійності, виявлення та усунення ризиків та економічному форматах | 19.10.22 – 01.11.17 | |
| Виконання окремих розділів робіт: охорона праці та охорона навколишнього середовища | 01.11.22 – 09.11.22 | |
| Оформлення пояснювальної записки та ілюстративного матеріалу | 09.11.22 – 13.11.22 | |
| Попередній захист роботи | | |

7. Консультанти по окремих розділах

| Розділ | Консультант | Дата, підпис | |
|----------------------------------|--|-----------------------|-------------------------|
| | | Завдання видав | Завдання прийняв |
| Охорона праці | К.Б.Н. доцент Падун Алла Олексіївна | | |
| Охорона навколишнього середовища | Ст.Викладач Козлітин Олексій Олександрович | | |

8. Дата видачі завдання: « ___ » _____ 2022 года.

Керівник дипломної роботи : канд. техн. наук, доц.Р.М. Салімов

Завдання прийняв до виконання _____

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до кваліфікаційної роботи: «Формування програми технічного обслуговування повітряного судна»:

Об'єкт дослідження – Порівняння методики формування програм технічного обслуговування ПС на базі MSG3 від MSG2.

Предмет дослідження – раціональність управління ризиками та роботами по ремонту літака в системі формування програм технічного обслуговування ПС на базі MSG3.

Мета кваліфікаційної роботи – забезпечення безпеки польотів під час експлуатації ПС та зменшення кількості робіт по ремонту літака.

Наукова новизна роботи – полягає у збільшенні ефективності використання ПС та зменшенні витрат на технічну експлуатацію.

Методи дослідження – для вирішення поставлених задач використовувалися логічний аналіз MSG шляхом оцінки наслідків функціональних відмов, теорії дослідження ПЛППС, метод математичного моделювання для аналізу ризиків, аспекти створення методології та метод імітаційного моделювання..

Значення підсумків кваліфікаційної роботи може бути визначене зменшенням процентної кількості ризиків у системах ПЛППС, а також в ході експлуатації ПС.

Зміст кваліфікаційної роботи може бути використаним у будь-якій авіакомпанії світу.

ФОРМУВАННЯ ПРОГРАМИ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ ПОВІТРЯННОГО СУДНА

Анотація

Дипломна робота переслідує декілька цілей:

- вивчення зарубіжних методів і правил побудови програм технічного обслуговування авіаційної техніки;
- визначення переваг MSG - 3 перед MSG - 2 при формуванні програми ТО сучасної авіаційної техніки;
- розробка програми ТО на базі стандарту MSG - 3 для літаків Boeing - 737-800, експлуатованих в авіакомпанії "Ukrainian International Airlines".

У вітчизняній літературі практично не представлена інформація про процеси формування програм ТО авіаційної техніки, зарубіжна література на цю тему у нас в країні також не у вільному доступі. У дипломній роботі були проведені аналіз і систематизація даних, отриманих від зарубіжних фахівців, керівних документів і досвіду експлуатації іноземної техніки в авіакомпанії "Ukrainian International Airlines".

Це дослідження було потрібне для розробки нової програми ТО літаків Boeing - 737-800, експлуатованих авіакомпанією. Програма в даний момент знаходиться у стадії затвердження авіаційною владою США (країни виробника ВС). Необхідність розробки обумовлена розірванням договору з компанією Lufthansa Technik про інжинірингове забезпечення, тобто розробка усіх програм ТО лягає на інженерний центр "Ukrainian International Airlines", в якому працює автор дипломної роботи.

ЗМІСТ

| | |
|---|-----------|
| РЕФЕРАТ | 4 |
| ПЕРЕЛІК ПРИЙНЯТИХ СКОРОЧЕНЬ | 8 |
| ВСТУП | 11 |
| 1. ФОРМУВАННЯ СУЧАСНИХ ПРОГРАМ ТО | 14 |
| 1.1 Концепція технічного обслуговування та ремонту | 14 |
| 1.2 MSG, як розробки початкової програми ТО | 15 |
| 1.3 Процедури MSG. Історія розвитку | 16 |
| 1.4 Відмінності MSG-3 від MSG-2 | 19 |
| 1.4.1 Логіка дії MSG-2 | 19 |
| 1.4.2 Логіка дії MSG-3 | 20 |
| 1.4.3 Вибір методів ТО у варіанті MSG-2 та MSG-3 | 22 |
| 1.4.4 Звіт MRBR и MPD | 24 |
| 1.5 Поняття форм обслуговування CHECK'S | 26 |
| Висновки до розділу 1 | 27 |
| 2. ПРОГРАМА ТО. УПРАВЛІННЯ ПРОГРАМОЮ ТО | 28 |
| 2.1 Правова та документаційна база програм ТО. Вимоги EASA | 28 |
| 2.2 Вплив даних з надійності на вибір робіт та інтервалів | 29 |
| 2.2.1 Інтервали при випадковому розподілі відмов | 32 |
| 2.2.2 Інтервали при відмовах на початковому напрацюванні при вході на робочий лад | 33 |
| 2.2.3 Інтервали в разі відмов, що залежать від напрацювання | 34 |
| 2.2.4 Економічний бік вибору інтервалів | 34 |
| 2.3 Аналіз надійності. Розподіл Вейбулла | 35 |
| 2.4 Включення робіт з ТО до форм відповідно до трудовитрат | 38 |
| 2.5 Сегментування форм ТО | 41 |
| 2.6 Вибір використання форм ТО або параметрів напрацювання | 44 |
| Висновки до розділу 2 | 46 |
| 3. МЕТОДИКА MSG АНАЛІЗА | 47 |
| 3.1 MSG АНАЛІЗ | 47 |
| 3.1.1 Початковий відбір кандидатів у важливі для ТО об'єкти MSI | 47 |
| 3.1.2 Аналіз важливих об'єктів MSI і формування вимог до програми ТО | 49 |
| 3.2 Приклади аналізу | 53 |
| 3.2.1 Кисневе обладнання екіпажу BOEING-737 (розділ ATA 35-11) | 53 |
| 3.2.2 Компресор високого тиску CFM-56-3 літака BOEING-737 | 55 |
| 3.3 Вимоги до ТО під час сертифікації (ТТС) | 58 |
| 3.4 Формування поопераційної відомості на виконання роботи | 58 |
| 3.5. Зміст розроблюваної програми ТО | 60 |
| 3.5.1 Види робіт | 60 |
| 3.6 Економічне обґрунтування нової програми ТО | 61 |
| 3.7 Висновки та рекомендації | 63 |

| | |
|-----------------------------|----|
| Висновки до розділу 3 | 63 |
|-----------------------------|----|

4. ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА 65

| | |
|--|----|
| 5.1. Використання рідини для протиобледеніння та їх вплив на довкілля..... | 65 |
|--|----|

4.2 Заходи із зменшення чи ліквідації екологічних загроз протягом утилізації або переробки прозамерзаючих рідин..... 68

| | |
|---|----|
| 4.2.1 Технологія застосування спеціального майданчика для збору протимерзаючих рідин за час експлуатації літаків..... | 68 |
|---|----|

| | |
|--------------------------|----|
| Висновки до розділу..... | 71 |
|--------------------------|----|

РОЗДІЛ 5..... ОШИБКА! ЗАКЛАДКА НЕ ОПРЕДЕЛЕНА.

ОХОРОНА ПРАЦІ 72

| | |
|-------------|----|
| Вступ | 72 |
|-------------|----|

| | |
|---|----|
| 5.1. Перелік шкідливих та небезпечних виробничих чинників. | 72 |
|---|----|

| | |
|--|----|
| 5.2 Охорона праці при розбиранні-збиранні та механічній обробці..... | 74 |
|--|----|

| | |
|--|----|
| 5.3 Безпека праці під час ремонту гідросистеми та випробувань планера..... | 77 |
|--|----|

| | |
|---|----|
| 5.4 Розрахунок системи освітлення робочого приміщення | 80 |
|---|----|

| | |
|---------------------------|----|
| 5.5 Пожежна безпека | 82 |
|---------------------------|----|

| | |
|---------------------------|----|
| Висновок до розділу | 83 |
|---------------------------|----|

ПЕРЕЛІК ПРИЙНЯТИХ СКОРОЧЕНЬ

АСМ – Air Cycle Machine

AD – Airworthiness Directive

ALI – Airworthiness Limitation Item (для Airbus), Airworthiness Limitation Inspection (для Boeing).

АММ – Aircraft Maintenance Manual

АМО – Airworthiness Management Organization

ARMS – Airline Risk Management Solution Group

ASEP – Accident Sequence Evaluation Program

ATA – Air Transport Association of America

CAA – Civil Aviation Authority

CAMO - Continuing Airworthiness Management Organization

CASA – Civil Aviation Safety Australi

CB – Circuit Breaker

CDCCL – Critical Design Configuration Control Limitations.

CT – Calendar Time

DA – Design Approval

DAQCP – De-Icing/Anti-Icing Quality Control Pool DDL – Dispatch Deviation List

EASA – European Union Aviation Safety Agency

ECS – (Aircraft) Environmental Control System

1'ERCS – European Risk Classification S

FC – Flight Cycle or Flight Conditions FH – Flight Hour

FMEA – Failure Mode and Effects Analysis

FMECA – Failure Mode, Effects, and Criticality Analysis

GSE – Ground Support Equipment

HFACS – Human Factors Analysis and Classification System

HRA – Human Reliability Analysis

IATA – International Air Transport Association

ICA – Instructions for Continued Airworthiness

ICAO – International Civil Aviation Organization

IDG – Integrated Drive Generator

IDQP – IATA Drinking-Water Quality Pool

IFQP – IATA Fuel Quality Pool

IOSA – IATA Operational Safety Audit

ISAGO – IATA Safety Audit for Ground Operations

ISARP – IOSA Standards and Recommended Practices

KRA – Key Risk Areas

LOPA – Layers of Protection Analysis

LRU – Line Replaceable Unit

MPD – Maintenance Planning Data.

MRB – Maintenance Review Board.

MRBR – Maintenance Review Board Report.

MSG – Maintenance Steering Group.

MSI – Maintenance Significant Item.

NTSB – National Transportation Safety Board.

FAA – Federal Aviation Administration

OBIGGS – On Board Inert Gas Generating System.

PPH – Policy and Procedures Handbook

SFAR- Special Federal Aviation Rules

SSI – Structure Significant Item.

OBIGGS – On Board Inert Gas Generating System.

PPH – Policy and Procedures Handbook

SFAR- Special Federal Aviation Rules

АСППАП – автоматизована система прогнозування та запобігання авіаційних подій

АТ – авіаційні техніка

АТС – авіаційно-транспортна система БП – безпека польотів

ВООЗ – Всесвітня організація охорони здоров'я

ДАСУ – Державна авіаційна служба України (Державіаадміністрація)

ДСУ – допоміжна силова установка

ІТП – інженерно-технічний персонал

ММ – математичне моделювання

ОПР – обслуговування повітряного руху

ПЛППС – підтримання льотної придатності повітряних суден ПС –
повітряне судно

СМО – системи масового обслуговування

СТЕ – Система технічної експлуатації

СУБП – система управління безпекою авіації

ТО – технічне обслуговування

ТОіР – Технічне Обслуговування і Ремонт

УР – управління ризиками

ФС – функціональна система

ЦА – цивільна авіація

Вступ

Система технічного обслуговування і ремонту (ТОіР) повітряних суден (ПС) цивільної авіації (ЦА) визначає ефективність їх використання та витрати на технічну експлуатацію ПС. Вартість ТОіР для кожного екземпляра сучасних типів ПС, включаючи запчастини та обладнання, за весь термін експлуатації в 2-3 рази перевищує початкову вартість ПС, що підтверджує актуальність вирішення завдань підвищення якості системи ТОіР та ефективності її функціонування.

Зарубіжна практика створення нових типів ПС включає процес проектування системи ТОіР безпосередньо в етап проектування ПС і попередній етап техніко-економічного обґрунтування, що дозволяє створювати конструкцію ПС під обрану систему ТОіР з урахуванням всіх очікуваних умов експлуатації ПС цього типу.

У вітчизняній системі ТОіР програма ТО у вигляді Регламенту ТО формується виробником спільно з авіаційною владою для всіх авіакомпаній однакова. Відступи від Регламенту неможливі доти, доки він не буде затверджений та переглянутий виробником для всіх авіакомпаній, що експлуатують цей тип.

У зарубіжній системі ТОіР програму ТО кожна авіакомпанія розробляє собі самостійно з урахуванням документів, наданих виробником і авіаційною владою країни реєстрації ЗС.

Авіакомпанією «Ukraine International Airlines» експлуатується парк із 5 літаків Boeing-737-500, програма ТО яких була складена компанією провайдером інжинірингового та логістичного забезпечення MAU Technik на базі застарілої логіки стандарту MSG-2. Сьогодні Boeing Inc. надає можливість авіакомпаніям перейти на сучасніший рівень ТО, в основі якого лежить новітня логіка формування процесів ТО, відповідно до нового стандарту MSG-3.

Виробником надається посібник зі створення програми ТО – Maintenance Planning Document. Перевізник має вирішити собі одне питання – навіщо йому потрібно переходити на нову логіку ТОіР?

Щоб визначитися з необхідністю переходу на програму ТО, засновану на MSG-3, необхідно провести дослідження та зрозуміти природу та принципи формування програми ТО на заході, а також зрозуміти – що таке MSG.

Тільки маючи повне розуміння цих процесів, можна розпочинати самостійну розробку програми ТО.

Існує кілька причин, з яких авіакомпаніям слід переходити з логіки формування програми MSG-2 на логіку MSG-3:

1. У MSG-2 не враховуються належним чином приховані функціональні відмови (це стає особливо важливим у нових «електронних» літаках).
2. У MSG-2 не розрізняються роботи з технічного обслуговування, створені задля підтримки льотної придатності і скорочення економічних витрат.
3. Логіка MSG-2 є недостатньо суворою. У ній користувач може сам визначати, що хоче зробити з виробом і інтерпретувати вимоги MSG-2 по-своєму. У цих умовах прийняття рішень дуже сильно вплив може надавати людський чинник.
4. MSG-2 не посилається, а отже і не враховує конкретні документи авіаційної влади FAA, наприклад: AC 25.571-1D - Damage Tolerance and Fatigue Evaluation of Structure - допуски на пошкодження та “втому” конструкції, програма контролю та попередження корозії, розширений зональний контроль (EZAP), роботи та інтервали при попаданні в зони електромагнітних полів підвищеної інтенсивності
5. Як правило, MSG-3 має на увазі менше планових робіт з ТО, ніж MSG-2, так як третя версія стандарту використовує філософію контролю стану ВС «згори - донизу», а не «знизу - догори».
 - a. Наприклад, гідравлічний насос з точки зору MSG-2 уявно розбивається на частини, і аналізується - які можуть відмовити вплив на відмову. Після цього вибираються роботи з технічного обслуговування, спрямовані на запобігання відмові будь-якої з частин.
 - b. Навпаки, з погляду логіки MSG-3 розглядаються гідравлічні системи, і визначаються умови відмови кожної системи. Залежно від результату (вплив на безпеку польоту чи економічність) визначається ефективний обсяг робіт, щоб запобігти втраті системи цілком.
6. MSG-3 надає експлуатанту потужний аналітичний інструмент, який дозволяє мінімізувати, а іноді взагалі усунути вплив людського фактора при формуванні обсягу робіт з ТО. У керівників організацій з підтримки льотної придатності з'явиться чіткіше уявлення необхідності проведення тих чи інших робіт. Можна буде достатньо аргументовано прибрати надлишкові та додавати необхідні роботи.
7. Багато складнощів виникає при визначенні стратегії технічного обслуговування компонентів: за ресурсом, станом або станом з контролем рівня надійності, коли немає накопиченої інформації, якщо виріб новий. Які саме роботи треба проводити, коли виріб експлуатується за станом: детальний огляд або випробування, operational check або visual check, або лише зовнішній огляд
8. Очікується, що перехід на програму ТО, засновану на MSG-3, дасть реальну та відчутну економічну віддачу. Прогнозоване зменшення

економічних витрат за планове ТО може сягнути 30%. Економія досягається шляхом зменшення кількості робіт з ТО або збільшення інтервалів між роботами та зменшення часу простою авіаційної техніки шляхом рівномірного розподілу робіт протягом життєвого циклу.

Розумне зменшення кількості робіт з ТОiP часто позитивно впливає на безпеку експлуатації ПС. Більша кількість робіт означає більше ймовірності помилок під час виконання та завершення робіт. Вплив людського фактора при виконанні операцій з ТО дуже високий.

9. Перехід на логіку формування програми ТО MSG-3 підтримується авіаційною владою різних країн.

1. ФОРМУВАННЯ СУЧАСНИХ ПРОГРАМ ТО

1.1 Концепція технічного обслуговування та ремонту

Технічне обслуговування (UA.145.0114 (Part-145 (розділ А))) – комплекс робіт, виконуваний для підтримки льотної придатності ПС під час підготовки до польотів, і навіть під час обслуговування літака та його компонентів після польотів, під час зберігання і транспортування.

Технічна експлуатація АТ являє собою стан та процеси:

- функціонування АТ;
- Підготовки ПС до польотів;
- Контролю та підтримки властивостей АТ.

До ТОіР АТ відносять комплекс робіт, спрямований на підготовку ПС до польотів, підтримання справності, працездатності та правильності функціонування, при використанні її за призначенням, при зберіганні та транспортуванні. Форми та види ТО, їх зміст та регламентація визначаються експлуатаційною технічною документацією для конкретного типу АТ.

Ремонтом можна називати один із станів АТ, під час якого проводяться роботи з відновлення ресурсу виробів, їх працездатності та справності.

Ремонт може бути як плановим (регламентованим), так і неплановим (виконується при пошкодженнях та аваріях АТ).

Система технічної експлуатації (СТЕ) є упорядковану сукупність і правил технічної експлуатації разом із організаційними, виробничими і функціональними структурами, комплексом заходів та рішень, які забезпечують їх виконання.

Планування процесів ТОіР (Maintenance Planning) передбачає:

- Розробку концепції ТОіР;
- аналіз та конкретизацію вимог до виробу в частині його обслуговування та ремонту;
- Розробку та оперативне коригування плану ТОіР.

При розрахунках, пов'язаних із плануванням ТОіР, використовують такі основні показники:

- Середня тривалість ТО (ремонту);
- Середня трудомісткість ТО (ремонту);
- Середня вартість одиниці часу (трудомісткості) ТО (ремонту);
- Середня сумарна тривалість ТОіР;
- Середня сумарна трудомісткість ТОіР;
- Середня сумарна вартість ТОіР;
- Питома сумарна тривалість ТОіР;
- Питома сумарна трудомісткість ТОіР;

- Питома сумарна вартість ТОiP;
- Коефіцієнт готовності;
- Коефіцієнт технічного використання.

Визначення всіх цих показників містяться у нормативних документах (наприклад, UA.21G.0044 (Part-21) (розділ G), UA.ADOA.0007 (Part-21) (розділ J и O), FED-004-UK, та ін).

Ефективною програмою ТО слід вважати програму, яка призначає лише такі роботи, які не збільшують вартість ТО без відповідного збільшення надійності та безпеки.

Цілі ефективної програми ТО полягають у:

- забезпечення реалізації рівнів безпеки та надійності, закладених в обладнання під час його проектування;
- Відновлення надійності та безпеки до рівнів, закладених в обладнання при проектуванні, у разі їх зниження;
- отримання інформації, яка потрібна на поліпшення конструкції тих виробів, надійність яких виявилася недостатньою;
- досягненні цих цілей із мінімальними сумарними витратами, включаючи витрати на ТО та витрати, викликані відмовими.

Програма ТО сама по собі не може компенсувати недостатній рівень безпеки та надійності обладнання, закладеного під час проектування. Вона може лише попередити зниження цих рівнів. Якщо закладені при проектуванні рівні визнані незадовільними, то їх поліпшення необхідна доопрацювання конструкції.

Насправді програма технічного обслуговування є документ, затверджений авіаційною владою країни реєстрації ПС, який визначає необхідні планові роботи з ТО.

1.2 MSG, як розробки початкової програми ТО

Щоб скласти початкову програму ТО, необхідний надійний і точний інструмент. Таким інструментом зараз є логіка MSG.

Програма ТО розробляється шляхом поетапного логічного MSG аналізу, що ґрунтується на оцінці наслідків відмови, та орієнтованого на правильний вибір робіт з ТОiP.

Логічний аналіз MSG проводиться шляхом оцінки можливих наслідків функціональних відмов. Ці відмови класифікуються на кілька груп, проводиться аналіз застосування та необхідності проведення профілактичних робіт з ТОiP. Класифікація встановлює підкатегорії очевидних (явних) для льотного екіпажу відмов або прихованих (неявних) для нього, а також вплив на безпеку, економічність та регулярність польотів. Для систем літака та двигуна окремо виділяється категорія

«важливих» виробів, відмови яких розглядаються лише з погляду наслідків впливу на безпеку.

Питання логічної схеми вибору робіт розташовані в такому порядку, щоб найкращі, найлегше здійсненні роботи розглядалися першими. У разі неприйнятності та неефективності будь-якого виду робіт розглядається наступний порядок робіт і так далі, аж до необхідності зміни конструкції. У початкову програму планового ТО включаються роботи, зумовлені як економікою, і безпекою. Усі наявні вимоги до постачальника слід розглянути повною мірою, обговорити в робочій групі з техобслуговування та прийняти, якщо вони застосовні та ефективні з погляду критеріїв MSG-3.

1.3 Процедури MSG. Історія розвитку

Розробка програм технічної експлуатації повітряних суден має велику історію. Вона почалася з авіаційного бюлетеня 7E (Aeronautical Bulletin 7-E), випущеного авіаційною владою США 15 травня 1930 року. У документі найзагальніших рисах описувалися вимоги до власникам сертифіката експлуатанта з підтримки льотної придатності АТ. У ті часи стояло питання лише про попередження авіакатастроф та інцидентів, пов'язаних із неналежним технічним обслуговуванням та експлуатацією АТ.

Згодом, з комерціалізацією польотів, у експлуатантів з'явилося прагнення скоротити витрати на експлуатацію АТ, зберігаючи при цьому прийнятний рівень її надійності та безпеки.

У 1962 році було розпочато дослідження в галузі надійності авіакомпаніями США. Коли з'явилися перші результати, їм вдалося залучити авіаційну владу США – FAA, щоб ті почали спонсорувати розробки. У 1966 році FAA випустили документ із рекомендаціями щодо створення програм надійності AC120-17A, який став основою формування логічних схем для створення програми ТО.

Вперше у 1968 році логіка MSG-1 була сформульована та застосована при розробці літака B747-100/200. Представники авіакомпаній-замовників та Boeing Inc спільними зусиллями розробили керівництво MSG-1, яке називалося: «Оцінка технічного обслуговування та розробка програми ТО».

Основним завданням документа була розробка таких методів побудови програм ТОiP, які задовольняли б вимогам та побажанням органів регулювання, експлуатантів та виробників АТ (розробник та виробник). Документ MSG-1 містив опис спільної організації та технології

вироблення рішень для визначення початкових вимог до технічного обслуговування нового ПС або двигуна.

Новий підхід, реалізований логікою MSG, припускав, що можливість відмови систем і компонентів необов'язково збільшується з віком літака. Експлуатація виробів із жорстко встановленим ресурсом має негативні сторони:

- випадкові відмови не запобігаються;
- відмови у початковий період експлуатації виробу як неможливо запобігти, але вони найімовірніші, т.к. вже вироблені вироби, які відмовляють менше, мають бути зняті через вироблення ресурсу.

Ґрунтуючись на цих недоліках експлуатації «по ресурсу», нова концепція була прийнята як базова стратегія ТО, яка передбачає:

- відмова не впливає на безпеку польоту;
- відмова не залишиться непоміченою (прихованою);
- Імовірність відмови не збільшується з часом.

Майже відразу ж була підготовлена друга версія керівництва, під назвою MSG-2, яка була застосовна не тільки до B747, але і до всіх літаків, що знову розробляються. Першими літаками, розробленими з урахуванням вимог MSG-2, стали DC10 і L1011. Слідом за ними європейський аналог EMSG був застосований до літаків A300 та «Конкорд». Європейська EMSG відрізнялася від американської MSG-2 тим, що включала структурний і зональний аналіз, які були введені пізніше в MSG-3. Незабаром цими розробками зацікавилася армія США. Їх не цікавила економічна ефективність, їм потрібно було скоротити час простою власної техніки під час ТО. Програми ТО, що базуються на логіці MSG, дозволяють значно скоротити ці простої. В результаті було розроблено нову версію логіки, засновану на контролі надійності виробів. Ця програма стала основою розробки третьої версії MSG-3. Оперативна група авіатранспортної асоціації Америки пропрацювала MSG-2 та визначила напрями його вдосконалення. Насамперед було уточнено логіку прийняття рішень, було чітко розмежовано економічність та безпеку, а також зроблено особливий акцент на приховані функціональні відмови.

До розробки другої версії керівництва підштовхнули такі фактори:

- Необхідність еволюційного розвитку концепції MSG у зв'язку з початком розробки АТ нового покоління;
- прийняття нових авіаційних правил, що змінили підхід до програм ТО (нові правила з оцінки пошкоджень конструкції, а також поява програми додаткової перевірки на міцність літаків з великим напрацюванням для запобігання втомному руйнуванню), які необхідно було враховувати;
- підвищення цін на паливо та збільшення витрат на матеріальне забезпечення значно підвищило роль економічних оцінок, які вплинули на

розробку програм ТО. В результаті, до програм ТО посилилися вимоги щодо вибору робіт - необхідно проводити тільки ті роботи, які забезпечують підтримку закладеного при проектуванні рівня безпеки та надійності за мінімальних економічних витрат.

Майже відразу ж, у 1980-му році, нова логіка MSG-3 була застосована до літаків B757, B767, A310 і A320, що розроблялися на той момент. 8 років пішло на вдосконалення логіки, коли було застосовано нову редакцію MSG-3 rev.1 до літаків B747-400, B777, MD11, A330 та A340. У другій редакції MSG-3 rev.2 основним нововведенням було додавання покращеного аналізу конструкції ВС.

На даний момент чинною є третя редакція MSG-3 rev.3, за допомогою якої були проаналізовані новітні літаки A380, EMB170 та EMB190.

До появи аналізу MSG програми ТО складалися з багатьох робіт з ТО, які вимагали зйомку справних виробів для капітального ремонту після вироблення ресурсу. Ресурси жорстко задавалися виробниками літака, двигуна чи компонентів. До 1965 року з'явилося поняття експлуатації за станом "On condition", яке застосовувалося для обмеженої кількості виробів деяких ПС:

- на літаку B727 - система "TARAN"(Test and Replace As Necessary): перевірка та заміна виробу тільки за необхідності, використовувалася для гідравлічної системи;

- на літаку DC9 - система "ITCAN" (Inspect Test Change As Necessary): перевірка та заміна при необхідності для виробів повітряної системи.

Керівництво MSG знаходиться під контролем АТА, постійно редагується, вносяться зміни, ведеться робота щодо вдосконалення процесу аналізу. Оновлення відбуваються майже щороку. За майже двадцятирічну історію еволюції MSG-3 було створено:

- Розділ класифікації конструктивно-важливих місць (SSI);

- методологія формування Програми запобігання та контролю рівня корозії планера;

- правила та процедури визначення вимог до планового ТО конструкцій із композитних матеріалів.

Деякі розділи були значно змінені та доповнені:

- Вдосконалення переліку та описи видів робіт, які можуть бути проведені на ПС;

- додано розділ 2-6 щодо захисту від ударів блискавки та впливу електромагнітних полів високої інтенсивності;

- розширено та уточнено процес вибору важливих одиниць MSI.

На останніх зборах АТА у квітні 2009 року було ухвалено рішення про продовження підтримки програм ТО, заснованих на MSG-2, доти, доки є авіакомпанії, які використовують цю логіку. Також було прийнято стандарт обміну інформацією між експлуатантами та виробниками АТ – АТА SPEC2000. З його допомогою стає можливим моніторинг

компонентів та систем літаків виробником. Виробник зможе обґрунтовано збільшувати або зменшувати інтервали проведення робіт, ґрунтуючись на загальній інформації щодо компонентів та систем, що надається із загальної інформаційної мережі. Стандарт також полегшує обмін даними між постачальниками та замовниками комплектуючих та компонентів.

1.4 7гш2 .

1.4.1 Логіка дії MSG-2

Логіка MSG-2 є філософією аналізу «знизу вгору» (рис. 1) для визначення відповідного методу ТО для кожного важливого виробу.

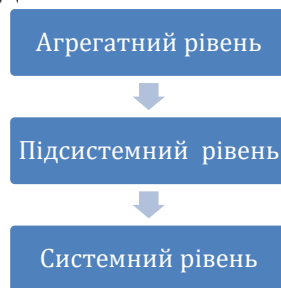


Рис. 1. Філософія аналізу MSG-2 «знизу вгору»

Вироби, важливі для ТО, вибираються на найнижчому рівні (кожен замінний агрегат). Саме на основі цих вибраних виробів формується більшість робіт з ТО. Додаткові роботи з ТО на рівні, які можуть виникнути в результаті аналізу важливих виробів, є результатом неможливості визначення відповідного ТО на нижчому рівні.

На рис. 2 показано спрощену схему аналізу MSG-2.

Якщо відмова важливого виробу MSI (Maintenance Significant Item) може вплинути на безпеку польоту, або у випадку, якщо якісь функції виробу є прихованими або не видимими екіпажу під час виконання ним звичайних обов'язків, необхідно призначити для нього роботи з ТО, які можуть проводитися:

- НТ: Hard time, за ресурсом (планове ТО), задається обмеження за льотним годинником, посадками або календарним часом; зазвичай потрібно зняття з ПС;
- ОС: On condition, за станом (планове ТО), задається обмеження за льотним годинником, посадками або календарним часом; зняття з ПС потрібно лише у разі виявлення несправності;

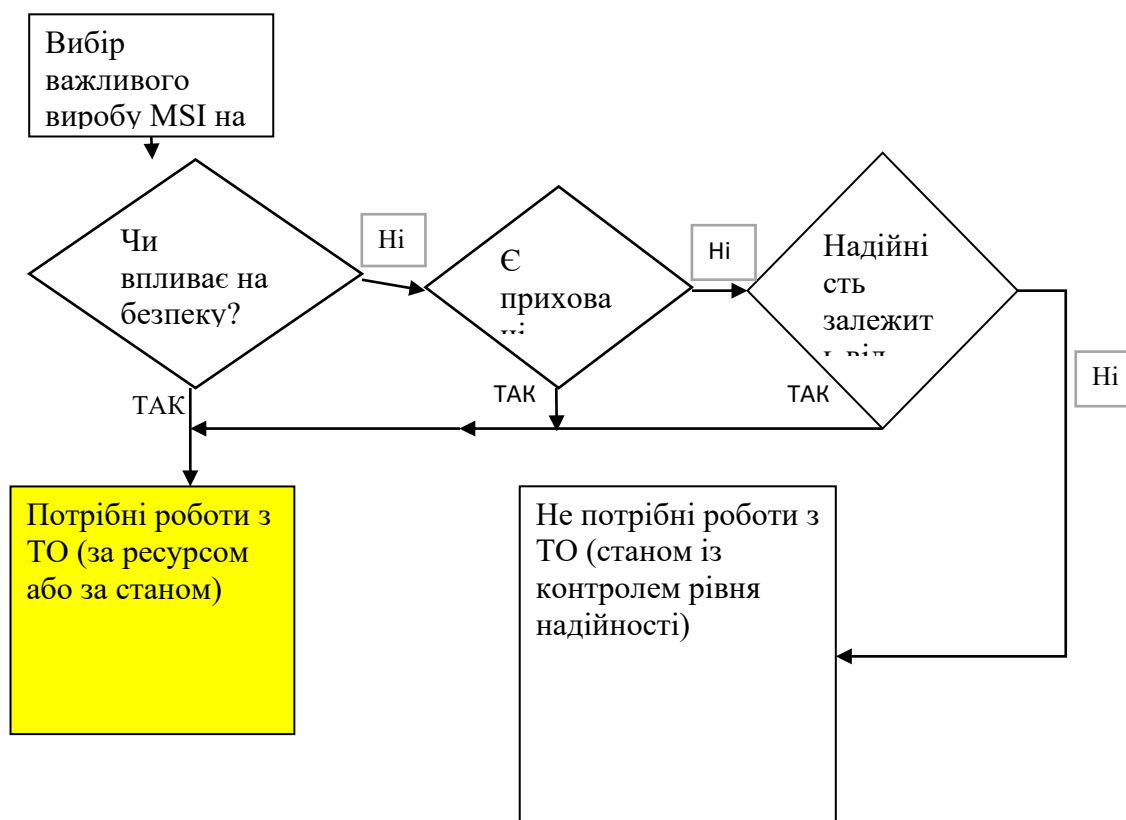


Рис. 2. Спрощена схема процесу аналізу MSG-2

Вибір інтервалу проведення робіт з ТО заснований на досвід експлуатації схожого обладнання, аналізу виробника або аналізі відмов (якщо доступний). Якщо відмова важливого виробу не впливає на безпеку польотів і не має прихованих від екіпажу функцій, планового ТО для виробу не передбачається, і виріб класифікується як експлуатований з контролем рівня надійності Condition Monitored (CM), то в цьому випадку стан виробу контролюватиметься програмою надійність..

Кількість аналізів = (кількість функцій) × (кількість варіантів відмови) × (кількість причин відмови)

1.4.2 Логіка дії MSG-3

Логіка MSG-3 є філософією аналізу «згори вниз» (рис. 3) для визначення відповідного методу ТО для кожного важливого об'єкта. Спочатку, як і в MSG-2, формується первісний список важливих об'єктів MSI (Maintenance Significant Item), але вибираються вони не на агрегатному рівні, а спочатку на рівні системи.

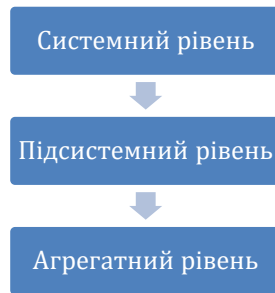


Рис. 3. Філософія аналізу MSG-3 «зверху-вниз»

Кандидати у важливі об'єкти MSI вибираються на верхньому рівні без розгляду окремих агрегатів підсистеми. Спуск до рівня агрегату (нижчий рівень) має місце лише у випадку, якщо не вдалося за допомогою аналізу підібрати відповідні роботи з ТО для підсистеми.

Наприклад, можна розглянути відмову однієї з гідравлічних систем. Функціональна відмова гідросистеми аналізується на рівні системи, тому приділяється увага тому, що може статися у разі відмови, а не перебір можливих виробів, відмова яких може стати причиною.

Якщо відмова лише однієї системи, то сучасному літаку нічого не станеться, т.к. у наявності кілька дублюючих один одного гідросистем. Саме тому відмова не є критичною для ПС. Враховуючи надмірність функціональних елементів, закладену розробником ПС, аналіз MSG-3 від систем до (за потреби) окремих компонентів, дозволяє зменшити кількість некритичних робіт з ТО.

Важливо сконцентруватися на відмові цілих систем, тому у важливі об'єкти для ТО вибираються насамперед не окремі агрегати, а системи та підсистеми.

Далі кожен потенційно важливий для ТО об'єкт MSI піддається попередньому аналізу, і визначається його вплив на:

- Безпека польотів;
- приховані функції;
- Експлуатацію;
- Економічність польотів.

Якщо об'єкт не впливає на жодний із перелічених пунктів, він виключається зі списку важливих для ТО. Роботи з ТО для цього об'єкта не потрібні.

Кожен з об'єктів, що залишилися, аналізується на 1 етапі і відноситься до однієї з наступних категорій:

- (5) явний – небезпечний;
- (6) явний – експлуатаційний;
- (7) явний – не економічний;
- (8) прихований – небезпечний;

(9) прихований – безпечний.

Далі проходить аналіз на 2 етапі, де визначається, бажані чи необхідні для об'єкта роботи з ТО. Якщо відповідь позитивна, то вибирається метод ТО зі списку:

- DS: Discard (Утилізація);
- OP: Operational check (Перевірка працездатності (якісна));
- SV: Servicing (Обслуговування);
- RS: Restore (Відновлення);
- FC: Functional Check (Перевірка функціонування, кількісна);
- IN: Inspection (Інспекція);
- LU: Lubrication (Змащення).

1.4.3 Вибір методів ТО у варіанті MSG-2 та MSG-3

У табл. 1 вказані методи ТО, що застосовуються залежно від класифікації можливої відмови. Наприклад, якщо відмова виробу впливає на економічність експлуатації, то за логікою MSG-3 будуть призначені роботи з обслуговування SV (servicing) та мастила LU (lubrication) на додаток до планового ремонту та перевірки працездатності. У цьому випадку MSG-2 логіка залишається безсилою, умови економічності просто розглядаються, використовуються лише стандартні методи MSG-2 – ресурсне зняття агрегату чи перевірка працездатності.

Таблиця 1

Методика вибору робіт з ТО для MSG-2 та MSG-3 аналізу

| | MSG-1/2 | HT | OC | CM | – | – |
|---------------------------------|------------------------------------|-------|--------------|----|----|----|
| | MSG-3 | DS/RS | IN/OP/F C | – | SV | LU |
| Вплив на безпеку | За допомоги ю MSG аналізу | X | X | | | |
| Наявність прихованих функцій | | X | X | | | |
| Впливає на економічність | | X | X | | X | X |
| Впливає на експлуатацію | | X | X | | X | X |

| | | | | | | |
|--------------------------------|--|---|---|--|--|--|
| Вимоги влади | | X | X | | | |
| Обмеження терміну експлуатації | | X | | | | |

Для організації планових робіт з ТО застосовуються різні методи. Розглянемо їх застосування до конкретних виробів у табл. 2

Таблиця 2
Приклади застосування робіт з ТО до конкретних виробів

| MSG-2 | | MSG-3 | | |
|--|---|--|--|---|
| По ресурсу | → | DS, утилізація | RS, Відновлення | |
| (включає всі роботи з утилізації та відновлення) | | - Диск ротора двигуна - Кисневий балон - Фільтри | - Теплообмінник - Рятівний канат - Озоновий фільтр | |
| По стану | → | IN, інспекція | OP, перевірка працездатності | FC, перевірка функціональності |
| (включає тести та перевірки працездатності) | | - бороскоп двигуна - гальма основної стійки шасі - Зворотні клапани | - детектор диму - пасажирські кисневі маски - вентилятор охолодження | - Захист від перегріву; - Захист від перевищення тиску; - клапан протиобморожувальної системи |
| Станом із контролем рівня надійності | → | Роботи з ТО не потрібні | | |
| Не класифіковані роботи | → | LU, мастило | SV, обслуговування | |
| Ці роботи виносяться в окремий параграф посібника зі складання програми ТО | | - шасі; - рейки; - закрилків/передкрилків; - Повітряні стартери двигунів; | - гідравлічний бак; - кисневий балон; - амортизатор передньої стійки шасі; | |

Виробник виконує такі функції в процесі формування початкової програми ТО:

- надає групі ISC необхідні переліки виробів важливих у плані ТО (Maintenance Significant Items) і конструктивно-важливих виробів (Structure Significant Items), разом із необхідними даними, які використовуються під час обґрунтування переліків робіт з ТО;
- організовує проведення технічного навчання та консультації за даним типом ПС для представників MRB, ISC, і WG's;
- забезпечує своєчасне надання робочим групам WG's необхідних даних для проведення аналізу MSI's і SSI's;
- забезпечує своєчасне надання відповідним робочим групам WG і комітету ISC інформацію з питань сертифікації та вимог авіаційної влади щодо підтримання льотної придатності, що містяться в документах ALI's (Airworthiness Limitation Items) і CMR (Certification Maintenance Requirements).
 - бере участь у діяльності групи ISC і робочих груп WG's;
- надсилає проєкт звіту MRBR голові комітету MRB на затвердження не пізніше ніж за 90 днів до планованого терміну затвердження.

1.4.4 Звіт MRBR и MPD

Звіт MRBR є документом, що використовується авіаперевізниками для формування власної унікальної програми технічної експлуатації ПС. Звіт MRBR в обов'язковому порядку розробляється для цивільних повітряних суден з максимальною злітною масою 15 тонн і вище.

Звіт MRBR повинен містити початковий мінімум робіт з технічного обслуговування (у міру накопичення досвіду експлуатації типу, перелік робіт та інтервали змінюватимуться, щоб поліпшити економічність ТО і скоротити простої) для окремого типу повітряного судна і для його двигунів без знімання з літака. Роботи з технічного

обслуговування двигунів після знімання їх з літака у звіті MRBR не розглядаються, а регламентуються окремими документами.

Звіт MRBR не замінює собою програму технічної експлуатації повітряного судна, а всього лише є основою для її розроблення.

Після затвердження авіаційною владою (у США - FAA) звіт MRBR використовується як основа для розроблення унікальної програми ТО ПС кожним експлуатантом.

Незважаючи на те, що програми у різних експлуатантів (авіакомпаній) можуть сильно відрізнятися, початкові вимоги для конкретного типу ПС є однаковими для всіх. Для того, щоб програма ТО, розроблена на основі звіту MRBR авіакомпанією-експлуатантом, стала застосовною до конкретних ПС, вона має бути також затверджена авіаційною владою країни реєстрації цього ПС.

На основі звіту MRB і узгодженої програми ТОiP, виробник літака видає документ з планування ТОiP (MPD - Maintenance Planning Document) і готує розділ Керівництва з експлуатації "Обмеження льотної придатності". Цей розділ також затверджується авіаційною владою і є основним документом, що обмежує ресурси і строки служби компонентів і агрегатів планера, зважаючи на їхню відмовобезпечність і вплив на льотну придатність.

На основі цих документів фахівцями кожної конкретної авіакомпанії формується власний комплект документів, що регламентує експлуатацію літака в авіакомпанії. Цей комплект затверджується авіаційною владою країни реєстрації конкретного ПС. У цьому разі всі літаки Boeing-737, що експлуатуються в ДТК "Росія", перебувають під наглядом Ірландської авіаційної влади (Irish Aviation Authority). Затвердження плану ТОiP є підставою для початку експлуатації ПС за його правилами. На рис. 6 схематично зображено процес формування програми ТО та її застосування експлуатантом.

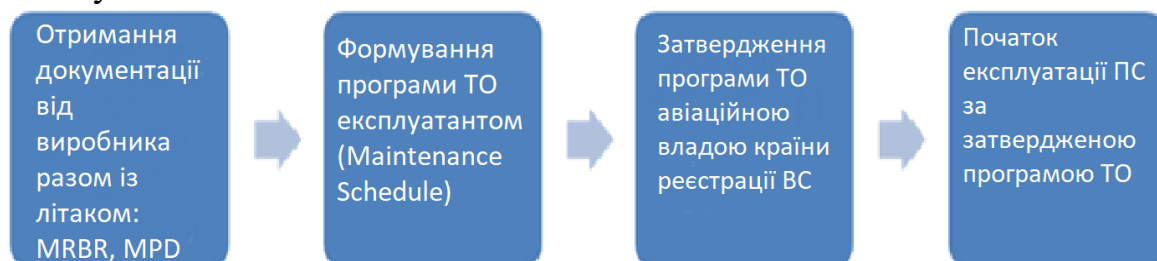


Рис. 6. Процес формування і використання програми ТО

1.5 Поняття форм обслуговування CHECK's

Історично склалося, що форми технічного обслуговування, аналогічні вітчизняним формам ВС, ОВ, А1, Б, Б-чотири і т. д., на іноземній техніці називаються по-іншому, а іноді й не мають літерного позначення зовсім. Широке впровадження засобів автоматизації планування ТО за кордоном призвело до того, що авіакомпанії мають право виконувати більшість робіт з ТО не під час певних форм, а розподілено по всьому життєвому циклу ПС. Такий підхід до виконання робіт вимагає значних додаткових трудовитрат на планування ТО, а також висуває високі вимоги до інженерів планування. Автоматизація відстеження виконання робіт з ТО програмними пакетами (наприклад AMOS, AMASIS) дає змогу значно знизити економічні витрати та збільшити ефективність планування.

Компанія Boeing пропонує використання таких форм обслуговування для моделей літаків 737 Classic (табл. 19).

Таблиця 3

Перелік форм ТО розроблюваної програми В-737 та їхній опис

| Форма ТО | Пояснення |
|---------------|---|
| Transit check | Перевірка стану повітряного судна для допуску до подальшого виконання польотів. Виробник рекомендує робити T-check після кожної посадки, як у базовому, так і в транзитному аеропорту, якщо не передбачено складнішої форми ТО, а також на початку нової доби перед першим вильотом. Форма обслуговування являє собою обхід літака за заданим маршрутом з метою визначення стану: пошкодження, протікання рідин, стан шасі та цілісність конструкції. |
| 24 Hour check | Ця перевірка є більш трудомісткою, ніж T-check і повністю включає його в себе. Форма обслуговування має бути виконана на початку кожного льотного дня. |
| “А” check | Визначають 4 варіанти виконання А-check - А, 2А, 4А, 8А. Ця форма обслуговування не |

| | |
|--|---|
| Рекомендований інтервал 250 годин нальоту | включає в себе T-Check і 24-hour check. Аналогом її у вітчизняній авіації є форма Б. |
| “С” check | Визначають 5 варіантів виконання форми С-check. - С, 2С, 4С, 6С і 8С. Ця форма обслуговування за змістом дуже схожа на вітчизняні періодичні форми ТО - Ф-1 і далі. |
| Рекомендований інтервал 4000 годин нальоту | |

Усі перелічені вище форми обслуговування не обов'язково включають у себе попередні. Це означає, що роботи за формою 4С не включають усіх робіт, які виконуються за 2С.

Якщо наліт на одиницю парку авіакомпанії не перевищує 100 годин на місяць, то вона повинна звернутися до компанії Boeing для розроблення програми TO Low Utilization Maintenance Program, яка базується на календарному часі.

Висновки до розділу 1

1. Було розглянуто сучасну систему формування програм технічного обслуговування ПС.
2. Проаналізовано логіку формування MSG у програмі ТО. Розглянуто процедури та історію розвитку MSG
3. Розглянуто концепцію системи управління безпекою польотів SMS.
4. Розібрали недоліки та переваги MSG3
5. Визначили роль виробника у формуванні програми ТО. Розглянули звіти MRBR и MPD та їх значення, а також поняття форм обслуговування CHECK's
6. Визначили мету та задачі дослідження, а також об'єкт, предмет та методи дослідження.

2. Програма ТО. Управління програмою ТО

2.1 Правова та документаційна база програм ТО. Вимоги EASA

У законодавстві Євросоюзу існує стандарт Part-M, що видається європейським агентством з авіаційної безпеки, який містить вимоги до операторів ПС цивільної авіації. Під операторами або Part-M організаціями в даному випадку розуміються організації, які експлуатують ПС, відстежують їхній технічний стан, але не можуть самостійно проводити ТО своїх повітряних суден. Безпосередньо роботи на ПС можуть виконувати Part-145 сертифіковані організації, завдання на виконання яких видає Part-M організація.

Серед вимог стандарту Part-M, у розділі А.302 містяться вимоги до програм ТО. Стандартом Part-M позначається термін Програма ТО як перелік планових робіт з ТО, інтервали та умови їх виконання, а також стандартні процедури з ТО ПС.

ПС зобов'язані обслуговуватися своєчасно і тільки відповідно до затвердженої програми ТО. Якщо оператор хоче перейти від однієї програми ТО до іншої, то необхідно виконати додаткові роботи з переходу.

Як мінімум раз на рік необхідно проводити ревізію програми ТО. У ревізії повинні міститися всі зміни документації та вимог, що відбулися з останнього випуску.

У програмі ТО має бути вступна частина, мета якої - позначити методики перевірок, політику ТО, можливості та умови зміни інтервалів, опис програми надійності тощо. Див. АМС М.А.302 Appendix 1.

Наявність програми надійності є обов'язковою у разі, якщо програма ТО ґрунтується на MSG логіці, а також у разі, якщо на ПС встановлено виробу, стратегія ТОiP, яких - за станом, або якщо не позначено інтервали капітального ремонту. Метою програми надійності є отримання зворотного зв'язку про ефективність програми ТО і адекватність інтервалів виконання робіт. Результатом роботи програми надійності може бути скасування або додавання робіт з ТО чи зміна інтервалів. Програма контролю надійності є схваленим методом відстеження ефективності програми ТО.

Якщо у флоті оператора менше 6 ПС, то необхідно доопрацьовувати програму контролю надійності відповідно до розміру флоту. Необхідно уважно ставитися до поняття "небезпечний рівень" надійності, оскільки мала кількість відмов може не показати реальної картини надійності виробів і компонентів. У таких випадках велику роль відіграє інженерна

оцінка, яка допомагає відрізнити дійсно небезпечні відмови від випадкових.

Цілями програми надійності є:

- сигналізація необхідності коригування програми ТО;
- визначення коригувальної дії;
- визначити ефективність прийнятої дії.

У разі, якщо програма ТО заснована на MSG-3 аналізі, програма надійності необхідна для підтвердження, що всі роботи з ТО, отримані в результаті аналізу, є коректними та мають адекватний інтервал.

Будь-яке зниження надійності має бути проаналізовано. Коригувальні дії можуть бути:

- Будь-яке зниження надійності має бути проаналізовано.

Коригувальні дії можуть бути:

- зміни в процедурах ТО, технології виконання робіт;
- зміна виду робіт, інтервалів їх проведення, додавання і видалення робіт із ТО;
- проведення модифікацій;
- разові перевірки всього флоту;
- збільшення кількості запасних частин на складі;
- додаткове навчання персоналу;
- зміна в плануванні ТОiP.
- Деякі з перерахованих вище дій мають бути затверджені авіаційною владою.

Деякі з перерахованих вище дій мають бути затверджені авіаційною владою.

2.2 Вплив даних з надійності на вибір робіт та інтервалів

Надійність - властивість об'єкта зберігати в часі у встановлених межах значення всіх параметрів, що характеризують здатність виконувати необхідні функції в заданих межах і умовах застосування, технічного обслуговування, зберігання і транспортування.

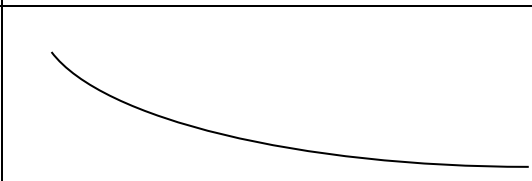


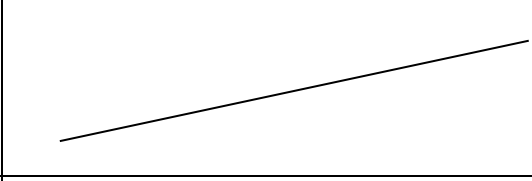
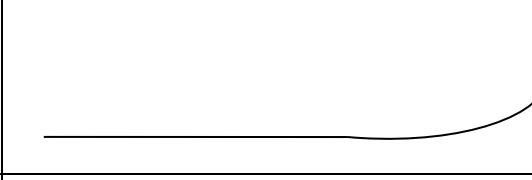
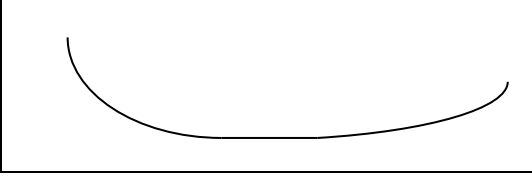
Дані про надійність компонентів є основою для прийняття та зміни інтервалів проведення робіт.

У результаті повного дослідження та аналізу надійності агрегатів, систем і окремих елементів конструкції літака авіакомпаній American Airlines і SAS виявили закономірність, що характеризує коефіцієнт відмов залежно від часу експлуатації виробів.

Коефіцієнт відмов у більшості встановлених на літаку агрегатів, систем і окремих елементів конструкції (приблизно 90%) із плином часу залишається постійним (див. графіки А, Б, В, табл. 11) і лише в невеликій кількості агрегатів (приблизно 10%) інтенсивність відмов є зростаючою функцією від напрацювання (графіки Г, Д, Е).

Таблиця 4

Залежність інтенсивності відмов від напрацювання і розподіл цих агрегатів на прикладі авіакомпаній American Airlines і SAS

| | Залежність інтенсивності відмов від напрацювання | Распределение агрегатов (%) BC | |
|---|---|--------------------------------|-----|
| | | American Airlines | SAS |
| А |  | 68 | 65 |
| Б |  | 14 | 15 |
| В |  | 7 | 11 |
| Г |  | 5 | 4 |
| Д |  | 2 | 1 |
| Е |  | 4 | 3 |

Розглянемо методику визначення інтервалів на прикладі відмов паливних насосів двигуна. Для початку необхідно зібрати статистику за відмовами, припускаючи, що жоден із насосів не був знятий через вироблення ресурсу (всі насоси відмовили).

Можливі три основні випадки розподілу відмов за напрацюванням (табл. 5).

Таблиця 5
Розподіл відмов за напрацюванням

| Напрацювання в годинах | Кількість відмов | | |
|------------------------|-------------------|-----------------------|----------------------------|
| | Випадкові відмови | Відмови припрацювання | Відмови через напрацювання |
| 0-1000 | 10 | 26 | 3 |
| 1001-2000 | 9 | 19 | 5 |
| 2001-3000 | 10 | 15 | 8 |
| 3001-4000 | 11 | 12 | 13 |
| 4001-5000 | 10 | 9 | 21 |
| 5001-6000 | 11 | 7 | 21 |
| 6001-7000 | 9 | 5 | 13 |
| 7001-8000 | 9 | 4 | 9 |
| 8001-9000 | 11 | 2 | 5 |
| 9001-10000 | 10 | 1 | 2 |
| Сумма | 100 | 100 | 100 |

Для розрахунку приймемо, що:

- наліт на весь флот становив $N = 12\,500$ годин;
- на кожному літаку флоту стоїть $B = 4$ насоси;
- сумарна кількість відмов $A = 100$.

Тоді потік відмов дорівнюватиме:

$$Q = \frac{1000 \cdot A}{N \cdot B} = 0,2; \quad (1)$$

Це означає, що на кожну тисячу льотних годин відбувається 0,2 відмови.

Середнє напрацювання на відмову дорівнюватиме:

$$\underline{T} = \frac{1000}{0,2} = 5000 \text{ ч};$$

Можна припустити, що якщо виріб буде виведено з експлуатації до того, як налітає середнє напрацювання на відмову, то можливо буде запобігти безлічі відмов у польоті. Наприклад, якщо компонент має середній наробіток на відмову 5000 годин, то, призначивши йому ресурс у 4000 годин, можна уникнути більше половини відмов.

Якщо розподіл відмов випадковий, то надійність виробу не залежить від його напрацювання. Тобто ймовірність відмови на початку експлуатації буде такою ж, як і в кінці.

Якщо розподіл відмов має вигляд відмов припрацювання, то під час установа нових компонентів імовірність їхньої відмови буде вищою, ніж у тих, що вже відпрацювали певний час на ВС. Встановлення нового компонента збільшить інтенсивність відмов. Тому в цьому разі необхідно розглянути можливість збільшення ресурсу, щоб не знімати з літака вже припрацьовані компоненти. У цьому разі більша кількість робіт із ТО призводить до зниження надійності та значного збільшення витрат на експлуатацію ПС.

2.2.1 Інтервали при випадковому розподілі відмов

Побудуємо діаграму розподілу відмов нашого виробу з табл.12. Далі встановимо ресурсне обмеження експлуатації виробу в 4000 годин.

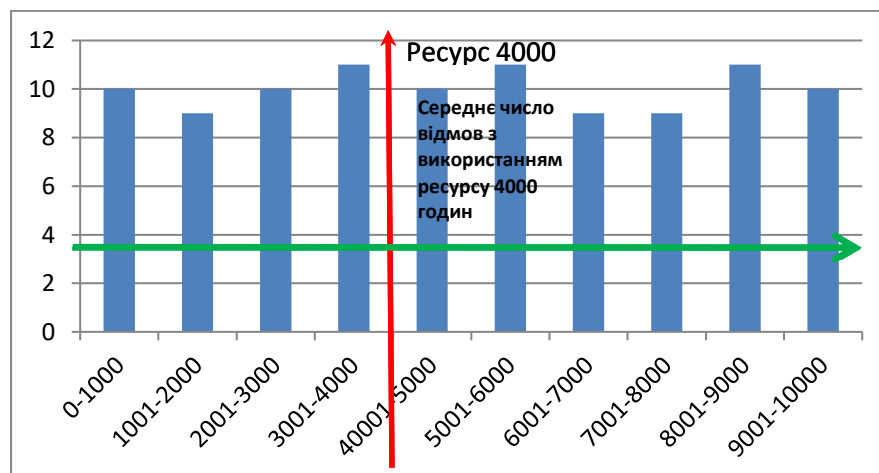


Рис.7. Залежність числа відмов від напрацювання за випадкового розподілу

На діаграмі (рис. 7) видно, що незалежно від використання ресурсного обмеження в 4000 годин, інтенсивність відмов залишається постійною на рівні 0,2 відмови на 1000 годин. У цьому разі, зі збільшенням

напрацювання, надійність і вартість ТО на годину польоту залишаються на колишньому рівні.

Такий розподіл відмов характерний для зіткнень зі сторонніми предметами, відмов приладового та радіоелектронного обладнання.

2.2.2 Інтервали при відмовах на початковому напрацюванні при вході на робочий лад

Тепер побудуємо діаграму розподілу відмов у другому випадку (Рис.8).

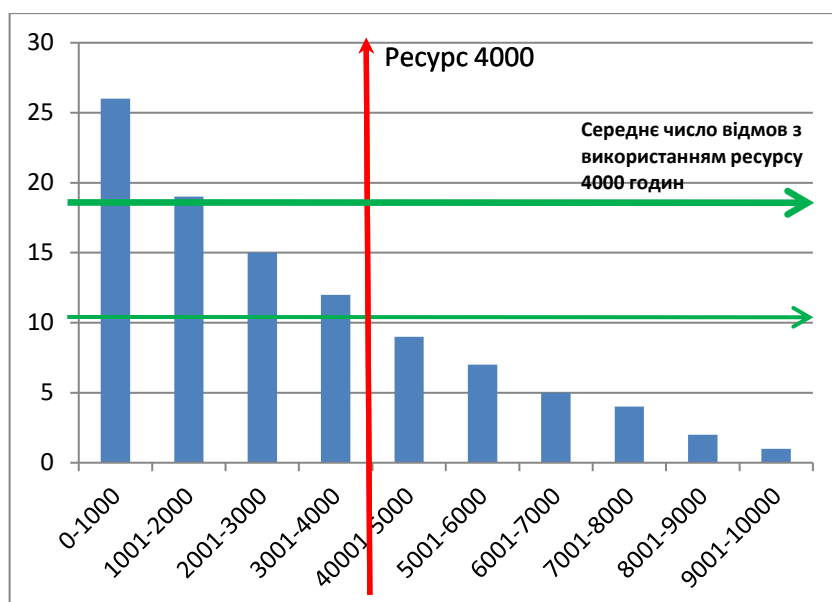


Рис.8. Залежність числа відмов від наробітку при відмовах на початковому напрацюванні при вході на робочий лад

У цьому випадку при застосуванні ресурсу в 4000 годин:

- середня кількість відмов збільшується з 10 до 18;
- інтенсивність відмов збільшується з 0,2 до 0,36 (80%).

У цьому разі витрати ТО на льотну годину збільшуються, а надійність знижується. Встановлення ресурсу за такого розподілу відмов тільки погіршує показники надійності компонентів. Ситуація характерна для виробів АіРЕО і підшипників.

2.2.3 Інтервали в разі відмов, що залежать від напрацювання

Тепер побудуємо діаграму розподілу відмов у третьому випадку (рис.8).

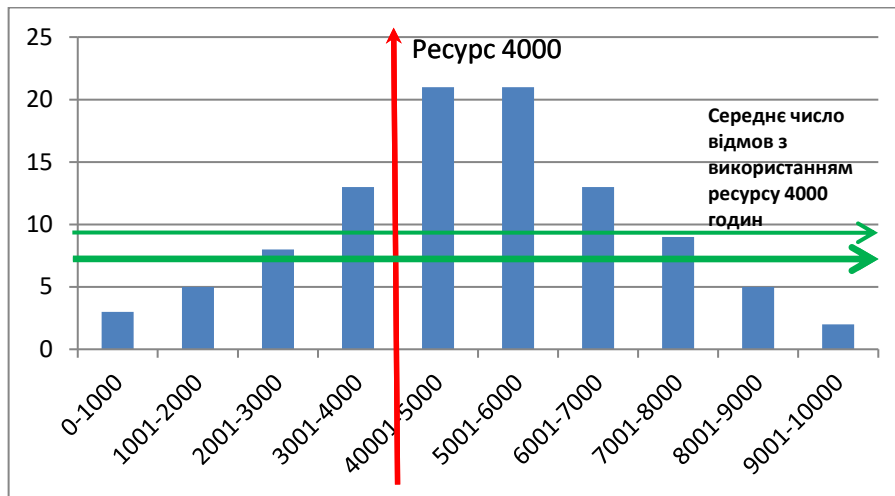


Рис.9. Залежність числа відмов від напрацювання

У разі застосування ресурсу в 4000 годин:

- середнее количество отказов уменьшается с 10 до 7,25;
- интенсивность отказов уменьшается с 0,20 до 0,145 (27,5%).

У цьому разі вартість ТО на льотну годину збільшується, а надійність виробу зменшується. Необхідно збирати додаткові відомості, щоб визначити оптимальний ресурс. Встановлення ресурсу має сенс.

Ситуація характерна для виробів, у яких можлива одна домінуюча відмова. Наприклад: закупорювання теплообмінника або знос колеса і гальмівних дисків.

2.2.4 Економічний бік вибору інтервалів

Вартість льотної години літака залежить від (Рис.10):

- частоти обслуговування виробів;
- частоти планової зйомки виробів;
- інтенсивності відмов виробів;
- вартості ремонту виробу, що відмовив;
- вартості обслуговування виробу;
- вартість витрат на роботи із заміни виробу.

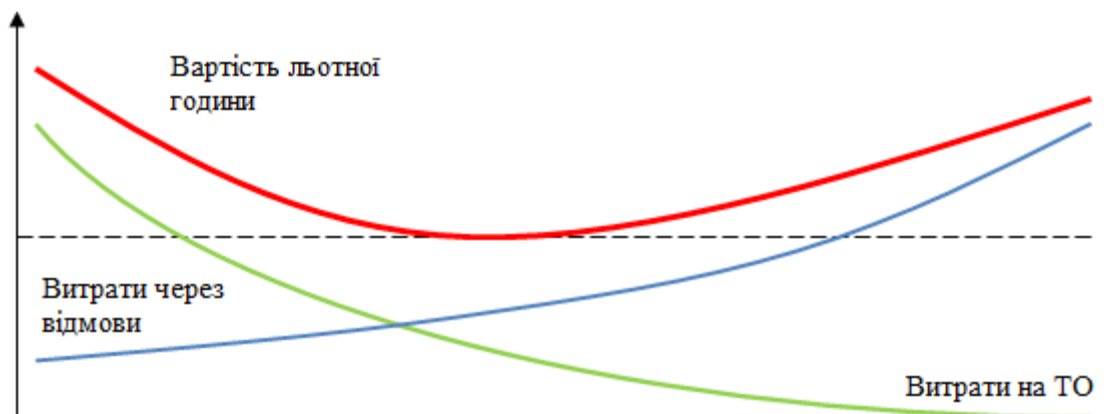


Рис. 10. Графік залежності вартості льотної години від напрацювання

Усі версії логіки MSG виходять із того, що ймовірність відмови не обов'язково збільшується з напрацюванням агрегату.

За фактом, приблизно 95% усіх компонентів мають закони розподілу відмов: випадковий і відмови припрацювання. Із цього випливає, що експлуатація виробів за ресурсом у 95% випадків непридатна, тому що необґрунтовано зростає вартість обслуговування й іноді падає рівень надійності виробів.

2.3 Аналіз надійності. Розподіл Вейбулла

Експлуатація виробів за ресурсом доцільна тільки в тому разі, якщо надійність виробу залежить від його напрацювання. Такі виробы становлять лише 5% від усіх встановлених на літаку. Тому, оскільки аналіз MSG-3 дає змогу визначити, ЯКІ роботи з ТО мають бути занесені до початкового переліку важливих об'єктів MSI, і ЯК їх треба виконувати, потрібен інструмент, який допоможе відповісти на ці запитання.

Після того як буде накопичено достатній досвід, початкові інтервали можуть бути змінені як для конкретного оператора, так і для всіх експлуатантів через ревізію звіту MRB. Для того щоб обґрунтувати зміну інтервалу, необхідні інструменти.

Таким інструментом є аналіз надійності. Найефективніший і широко використовуваний метод - аналіз надійності за розподілом Вейбулла.

Розподіл Вейбулла, названий на честь шведського інженера Валодді Вейбулла (Waloddi Weibull, 1887-1979 pp.), який запровадив цей розподіл у практику аналізу результатів втомних випробувань, широко використовується для дослідження надійності елементів технічних систем.

Досвід експлуатації технічних систем та їхніх елементів показує, що для них характерні три види залежностей інтенсивності відмов λ від часу t , що відповідають трьом періодам життєвого циклу цих пристроїв (Рис.11) .

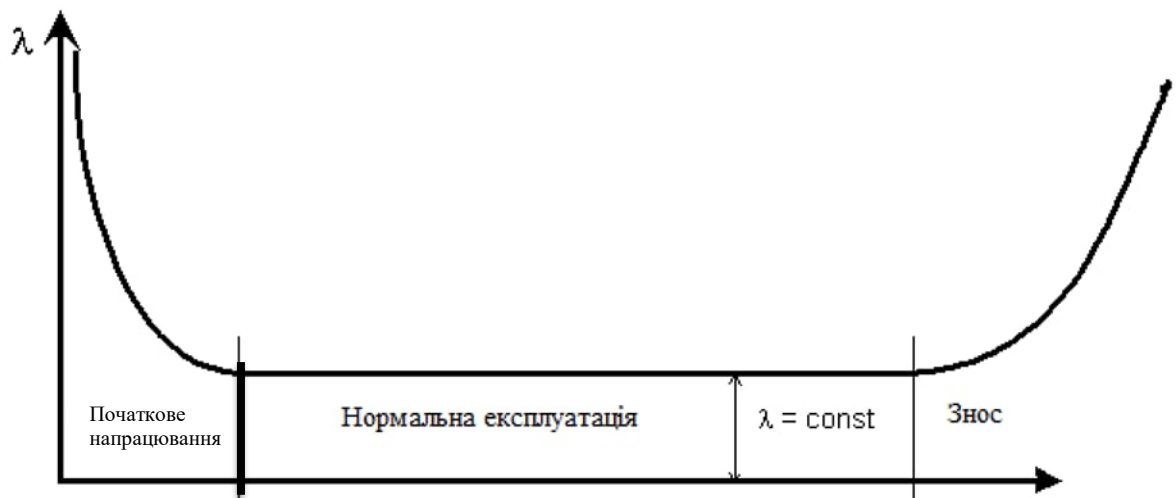


Рис. 11. Залежність інтенсивності відмов λ від часу t

Зазначені три види залежностей інтенсивності відмов від часу можна отримати, використовуючи для ймовірнісного опису випадкового напрацювання до відмови розподіл Вейбулла - Гнеденка. Згідно з цим розподілом залежність для щільності ймовірності моменту відмови $f(t)$ має вигляд:

$$f(t) = \begin{cases} \frac{c}{b} \cdot \left[\frac{(t-\theta)}{b} \right]^{c-1} \cdot \exp\left\{-\left[\frac{(t-\theta)}{b}\right]^c\right\}, & t \geq 0 \\ 0, & t < 0 \end{cases} \quad (3)$$

(3)

де c - параметр форми розподілу, $c > 0$;
 b - параметр масштабу розподілу, $b > 0$;
 θ - параметр положення розподілу, $\theta < t$.

Інтенсивність відмов $\lambda(t)$, що підкоряються розподілу Вейбулла - Гнеденко, визначається виразом:

$$\lambda(t) = \frac{c}{b} \cdot \left[\frac{(t - \theta)}{b} \right]^{c-1} \quad (4)$$

За параметра форми розподілу $c < 1$ інтенсивність відмов $\lambda(t)$ монотонно зменшується (період припрацювання), за $c = 1$ інтенсивність відмов є постійною: $\lambda(t) = \text{const}$ (період нормальної роботи), а за $c > 1$ - монотонно зростає (період зносу). Отже, шляхом добору параметра c на кожному з трьох періодів життєвого циклу можна отримати таку теоретичну залежність $\lambda(t)$, яка досить близько збігатиметься з експериментальною. У цьому разі розрахунок показників надійності можна проводити на основі теоретичної залежності $\lambda(t)$.

Функція розподілу Вейбулла - Гнеденка $F(t)$, що показує яка ймовірність настання випадкової події (відмови) за випадкового часу

$$F(t) = 1 - \exp\left\{-\left[\frac{(t - \theta)}{b}\right]^c\right\} \quad (5)$$

Функція надійності, яку зазвичай позначають як $R(t)$, визначається рівністю $R(t) = 1 - F(t)$. Іноді функція $R(t)$ називається функцією виживання, тому що описує ймовірність того, що відмова відбудеться після певного моменту часу t .

На Рис.12 показано вигляд функцій надійності за різних значень параметра форми c . Якщо параметр форми розподілу c менший за 1, то функція надійності $R(t)$ різко зменшується на початку часу життя, потім, зі зростанням часу t , зменшення відбувається повільніше. Якщо параметр форми c більший за 1, то спочатку спостерігається невелике зменшення надійності, а потім, починаючи з деякого значення часу t , вона знижується досить швидко.

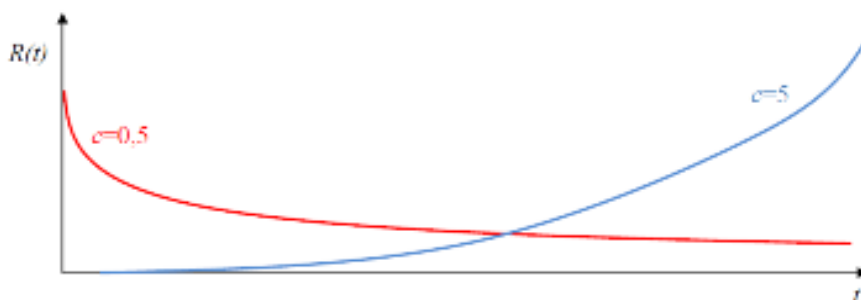


Рис. 12. Вигляд функції надійності $R(t)$ за різних значень параметра форми

Точка, де всі криві перетинаються, називається характеристичним часом життя і визначає момент часу, коли відмовило 63,2 % вибірки: $R(t) = 1 - 0,632 = 0,368$.

В авіації розподіл Вейбулла використовується для розрахунку об'єктів:

- диски двигуна, з обмеженим ресурсом;
- модулі двигуна і компоненти (з межею експлуатації);
- елементи планера, схильні до втомного руйнування ;
- надійність компонентів.

Розподіл описує всі три основні розподіли відмов:

- відмови приробітку;
- випадкові відмови;
- відмови, що залежать від напрацювання.

Тут необхідне застереження. Припустимо, що за MGS-3 аналізом відмову не було віднесено ні до категорії 5 (небезпечна), ні до 8 (прихована, небезпечна), а об'єкт має випадковий розподіл відмов або відмови періоду припрацювання. Тоді ми маємо всі підстави стверджувати, що роботи з ТО в даному випадку не потрібні, більш того, об'єкт можна викреслити зі списку важливих об'єктів для ТО.

У разі якщо відмови залежать від напрацювання, аналіз за Вейбуллом допоможе визначити найбільш підходящий інтервал.

З цієї причини необхідно дуже уважно підійти до визначення залежності відмов виробів від напрацювання.

Таким чином, програма ТО В737 може постійно вдосконалюватися на основі аналітичних та емпіричних даних, що надаються засобами збирання та аналізу даних про надійність.

2.4 Включення робіт з ТО до форм відповідно до трудовитрат

Під час формування переліку робіт, які виконуватимуться у складі форм ТО (А-check, С-check тощо), необхідно враховувати як інтервали цих робіт, так і сумарні трудовитрати на їх виконання. У табл. 6 наведено

розрахунок трудовитрат на виконання кожної форми "А-check" залежно від робіт, що входять до неї.

Таблиця 6

Приклад трудовитрат на виконання форми "А-check"

| | A1 | A2 | A3 | A4 |
|--------------|----|-----|----|-----|
| Роботи за 1А | 60 | 60 | 60 | 60 |
| Работы по 2А | | 50 | | 50 |
| Роботи по 4А | | | | 110 |
| Трудовитрати | 60 | 110 | 60 | 220 |

- Роботи, що виконуються за 1А, можна розбити тільки одним способом (вони виконуються кожену форму і не можуть бути перенесені).
- Роботи, що виконуються за 2А можна розбивати 2 способами.
- Роботи, що виконуються за 4А можна розбивати 4 способами.

Кількість способів для всієї форми "А-check" дорівнює:

$$N = 1! \times 2! \times 4! = 1 \times 2 \times 24 = 48 \quad (6)$$

Поэтому можно выбирать различные варианты, добиваясь оптимального распределения трудозатрат по формам А1, А2, А3 и А4.

Рассмотрим оптимальный вариант распределения работ по ТО в соответствии с трудозатратами в табл. 7.

Таблиця 7

Оптимальний розподіл робіт з ТО між сегментами форми "А-check"

| | A1 | A2 | A3 | A4 |
|--------------|----|----|----|----|
| Роботи по 1А | 60 | 60 | 60 | 60 |
| Роботи по 2А | 30 | 30 | 20 | 20 |

| | | | | |
|--------------|-----|-----|-----|-----|
| Роботи по 4А | 25 | 23 | 35 | 27 |
| | 115 | 113 | 115 | 107 |

Щоб дані представити в наочному вигляді, звернемося до діаграми, зображеної на рис. 13.

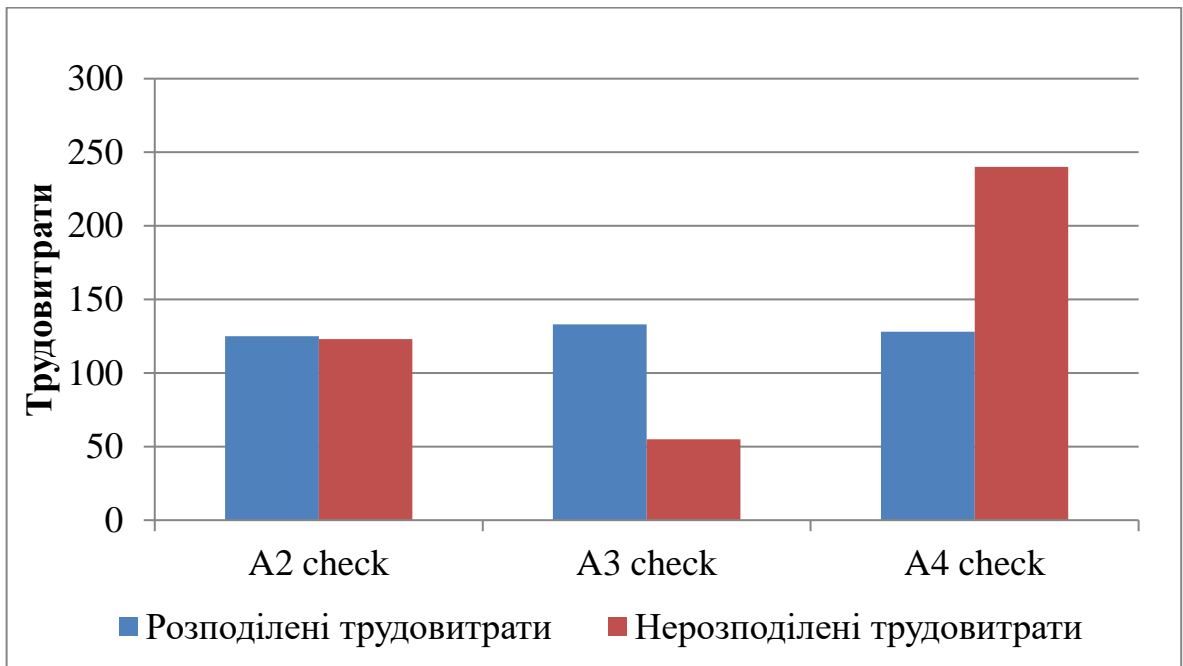


Рис. 13 Діаграма розподілу трудовитрат на кожен сегмент форми ТО "А-check"

Розподіл трудовитрат між сегментами форми ТО дає змогу розрахувати виконання робіт так, щоб цикл виконання старшої форми не порушувався.

Наприклад: останній сегмент форми "А-check" має бути виконаний до виконання чергової форми "С-check" (рис. 14).

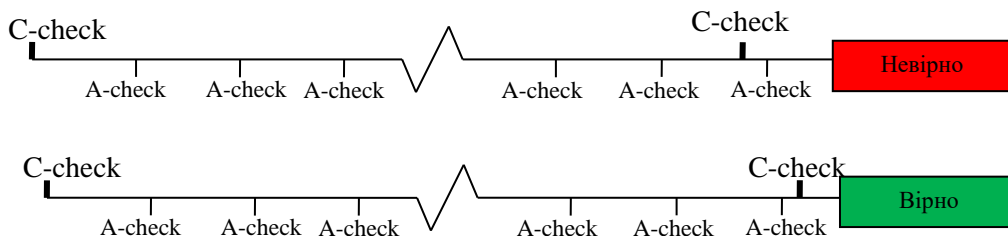


Рис. 14. Часова шкала виконання форм обслуговування "А-Check" і "С-Check"

2.5 Сегментування форм ТО

Програма ТО дає змогу виконувати роботи як у складі форм ТО (аналогічно вітчизняному регламенту), так і окремо одна від одної. Розглянемо рис. 15, де зображено варіанти сегментованого "С-check" і несегментованого.

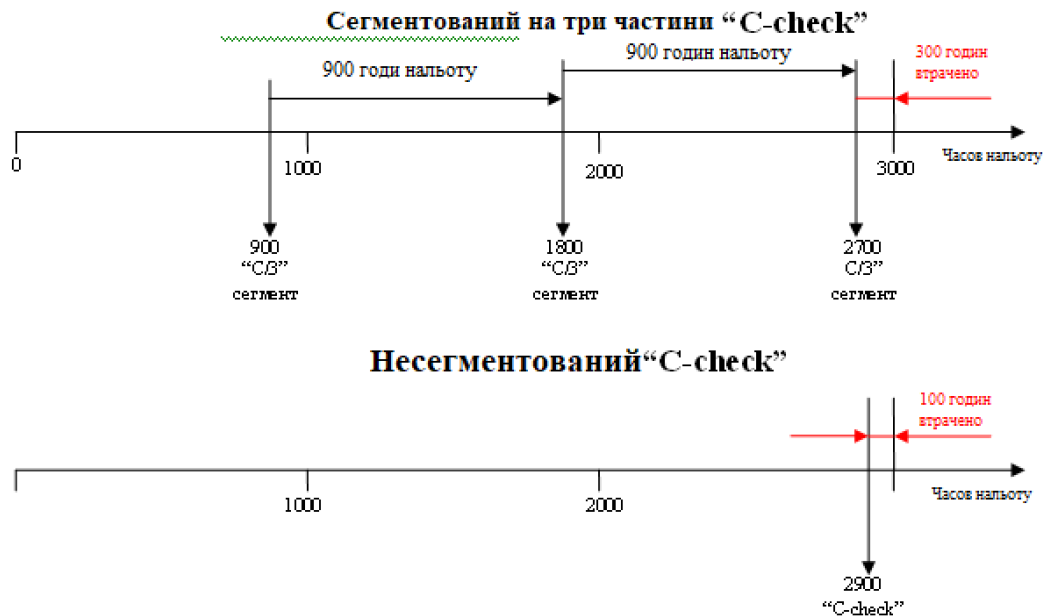


Рис. 15. Втрати можливих годин нальоту при сегментованому ТО і несегментованому

Видно, що під час сегментування втрачається можливий наліт на кожному сегменті. Це відбувається, тому що ми не можемо продовжувати польоти після настання інтервалу виконання робіт з ТО. Майже неможливо розрахувати наліт ПС так, щоб завершення чергового рейсу збіглося з настанням інтервалу. Тому доводиться планувати виконання робіт з ТО заздалегідь, що виражається у втраті потенційного нальоту. Втрати нальоту є на кожному сегменті, тому загальні втрати за весь цикл "С-check" під час сегментування більші, ніж під час виконання однієї форми.

На рис.16 зображено залежності різних показників від кількості сегментів:

- добового нальоту;
- сумарного часу стоянки ПС під час виконання повного циклу "С-check";
- часу стоянки ПС під час виконання одного сегмента "С-check".

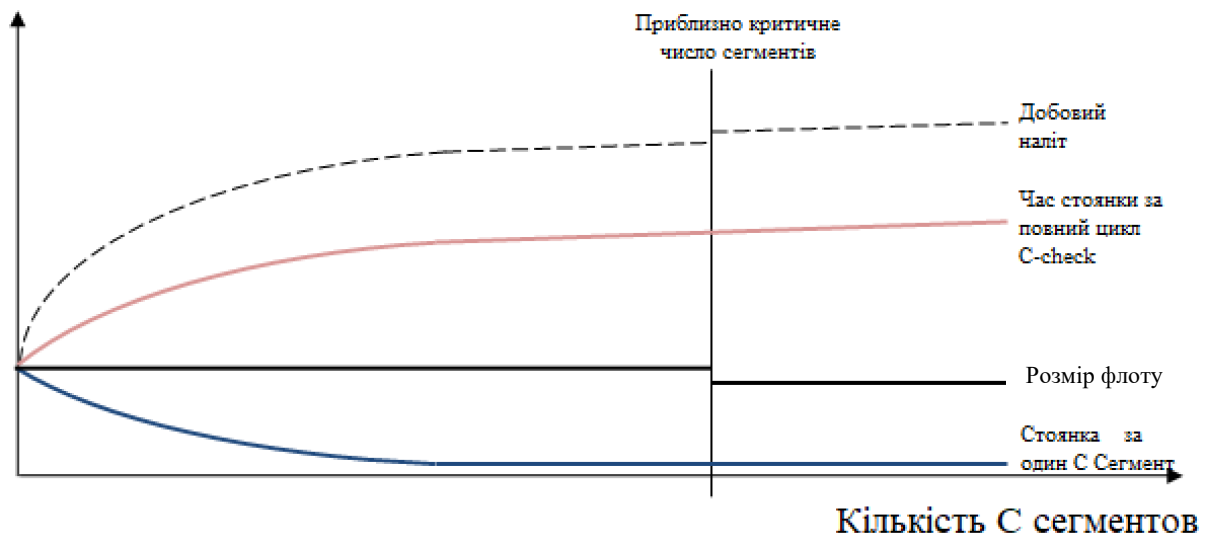


Рис. 16. Вплив сегментування на економічні показники ПС

Далі, в табл. 8, позначимо переваги і недоліки сегментування, за якими можна визначити застосовність цього методу при формуванні програми ТО для конкретного експлуатанта.

Таблиця 8

Порівняння сегментованих і несегментованих форм ТО "С-Check"

| | Сегментовані "С-checks" | Не сегментовані "С-checks" |
|---------------------------------------|---|---|
| Трудовитрати | Роботи з ТО можна розподілити по всьому інтервалу форми С-check, що зменшує трудовитрати на виконання кожного окремого сегмента. Трудовитрати на різні сегменти можна заздалегідь спланувати. | Відмінності між несегментованими формами 1С-check і С-check можуть бути значними, що збільшують навантаження на відділ планування та розрахунок робочої сили. |
| Використання інтервалу між формами ТО | Зменшується через втрати часу на кожному сегменті | Максимальне використання |

| | | |
|-----------------------------|---|---|
| | | інтервалу, оскільки час втрачається тільки під час форми C-check. |
| Простої літака на ТО | Роботи з ТО можна розподілити по всьому інтервалу, що дає змогу приблизно зрівняти простої літака на кожному сегменті. | Відмінності між несегментованими формами 1C-check і 2C-check можуть бути значними, що збільшує навантаження на відділ планування. Необхідно враховувати час простою літака. |
| Документаційне забезпечення | Складніше документаційне забезпечення, оскільки для кожного сегмента необхідно формувати свій пакет документів | Просте. Усі документи, необхідні для виконання форми C-check, видаються одним комплектом. |
| Наліт літака | Наліт збільшується. Час стоянки під час виконання чергового сегмента можна зменшити настільки, щоб він не перевищував звичайної стоянки літака між рейсами. Для виконання того самого розкладу можна обійтися меншим флотом | Зменшується. Несегментований C-check займає багато часу, що проявляється в неможливості |

| | | |
|-----------------------|---|--|
| | | використання літака тривалий період. |
| Станції ТО | Велика кількість станцій ТОiP дає змогу виконувати окремі сегменти | Лише деякі станції ТОiP дають змогу виконувати повну форму C-check |
| Збільшення інтервалів | Складніше, оскільки необхідно стверджувати й обґрунтувати збільшення інтервалу кожного сегмента | Більш легке, оскільки необхідно і достатньо затвердити один комплект "C-check "а |
| Впровадження/перехід | Перед переходом на таку систему необхідно виконати всі роботи, які в подальшому будуть розбиті на сегменти. | Перехід без обмежень |

2.6 Вибір використання форм ТО або параметрів напрацювання

Усі важливі об'єкти для ТО MSI, включно зі структурними SSI обслуговуються з інтервалами, обмеженими:

- - та/або годинами нальоту;
- - та/або посадками;
- та/або календарними строками.

Усі літаки, крім B737-600/700/800, B777 і EMB-170/190, від самого початку розробляли для обслуговування з використанням форм ТО: A-check, C-check тощо.

За винятком приблизно 5% робіт із ТО, усі MSI і SSI згруповані та контролюються у складі форм ТО, що позначаються латинськими літерами: "A-check", "B-check". Кожна форма має свій затверджений інтервал, який встановлюється на рівні звіту комітету з нагляду за формуванням програми ТО MRBR.

Кожну роботу з ТО заносять у форму ТО з найближчим інтервалом проведення, відповідно до рівнів надійності об'єктів MSI і SSI.

Решта 5% важливих об'єктів MSI's відстежуються окремо, але в приватному порядку можуть бути включені у відповідну форму ТО, з

урахуванням того, що інтервал обслуговування цього об'єкта MSI не буде перевищено. Приклад програми ТО, заснованої на формах ТО, зображено в табл. 9.

Таблиця 9

Приклад програми ТО, заснованої на формах ТО

| A-check | C-check | D-check |
|----------------|--------------------------------|-----------------|
| 1A: 500 годин | 1C: 5000 годин или 15 місяців | 1D: 25000 годин |
| 2A: 1000 годин | 2C: 10000 годин или 30 місяців | 2D: 50000 годин |
| 4A: 2000 годин | 4C: 20000 годин або 60 місяців | |

Літаки B737-600/700/800, B777 і EMB-170/190 від самого початку мали обслуговуватися за параметрами напрацювання.

Кожна робота з ТО відстежується окремо на основі даних про надійність об'єктів MSI, SSI. Авіакомпанії-оператори можуть групувати роботи з ТО в пакети, які можна відстежувати аналогічно формам ТО. Приклад такої програми в табл.10.

Таблиця 10

Приклад програми ТО, заснованої на окремих роботах з ТО

| | По формах ТО | За параметрами напрацювання |
|--------------------------------|--|--|
| Оптимальний інтервал | Не відстежується для багатьох об'єктів MSI | Використовується максимально |
| Корисне використання інтервалу | Втрачається час зазвичай через простої в ангарі на обслуговуванні та високу трудомісткість виконання форми цілком | Можливе більш повне використання інтервалу залежно від необхідних ресурсів і часу виконання конкретної роботи з ТО |
| Планування | Відносно просте планування - менше 5% об'єктів MSI потребують окремого планування. 95% робіт із ТО включено до форм. | Складне, необхідно застосовувати спеціальні методики, щоб отримати переваги роздільного контролю робіт з ТО. |

| | | |
|-----------------------|---|--|
| Витрати ресурсів | Зазвичай використовується невеликими авіакомпаніями з обмеженими ресурсами та інфраструктурою | Великі авіакомпанії можуть дозволити собі самостійно контролювати і виконувати роботи з ТО на необхідних їм станціях |
| Збільшення інтервалів | Звіти, одержувані під час виконання форми ТО, можуть стати підставою збільшення інтервалів | Необхідні додаткові трудовитрати, щоб збирати й аналізувати інформацію, необхідну для збільшення інтервалів |

Авіакомпанії-оператори з обмеженими можливостями і нерозвиненою інфраструктурою можуть об'єднувати параметри напрацювання в зручні їм пакети, які виконуються аналогічно формам ТО.

Висновки до розділу 2

1. Було розглянуто документальна базата вимоги EASA щодо програмтехнічного обслуговування.
2. Виявлено вплив даних з надійності на інтервали тавибір робіт
3. Розглянуто економічну та безпекову сторону при виборі інтервалів
4. Використання розподілу Вейбулла при розрахунках надійності та інтервалах відмов
5. Сегментування форм ТО та їх вплив на економічні показники ПС для компанії та подальший вибір експлуатанта з ТО

3. МЕТОДИКА MSG АНАЛІЗА

3.1 MSG АНАЛІЗ

Методика розроблення програми ТО для систем і силової установки, включно з агрегатами і ДСУ, має на увазі застосування послідовного логічного аналізу та оцінки до кожного виробу, важливого для технічного обслуговування (системи, підсистеми, модуля, агрегата, допоміжної конструкції, блоку, запчастини тощо), і використовує наявну технічну інформацію. Оцінка ґрунтується на функціональних відмовах виробів та їхніх причинах.

3.1.1 Початковий відбір кандидатів у важливі для ТО об'єкти MSI

Перш ніж логіка MSG-3 зможе бути використана для будь-якого об'єкта, мають бути виявлені важливі системи та агрегати літака - MSI (Maintenance Significant Item). Процес визначення виробів, важливих для технічного обслуговування, є консервативним, заснованим на очікуваних наслідках відмови, з використанням інженерних оцінок.

Розробник ділить літак на основні функціональні частини - системи та підсистеми - згідно з розділами АТА. Також до процесу включаються елементи конструкції та аварійно-рятувальні засоби. Цей процес триває доти, доки не будуть визначені всі заміни на літаку елементи. Потім за допомогою методу аналізу "зверху-вниз" розробник складає перелік виробів, до яких застосовуватимуться критерії вибору MSI.

До застосування логічних схем MSG-3 до виробу АТ має бути заповнена попередня відомість, у якій:

- виріб чітко визначено як MSI;
- озвучено функції виробу, функціональні відмови, наслідки відмов, причини відмов;
- внесено будь-які додаткові відомості, що стосуються виробу (посилання на розділ АТА, застосовність у парку, позначення виробника, короткий опис виробу, очікувана інтенсивність відмов, приховані функції, необхідність занесення до Переліку мінімальної

кількості справного обладнання для вильоту літака (MEL), резервування агрегатів і систем).

Ця відомість призначається для підтвердження відповідності вимогам експлуатанта, і повинна бути складовою частиною загальної документації MSG-3 щодо цього виробу.

Далі до виділених важливих об'єктів ставлять запитання:

- Чи може відмова цього об'єкта (підсистеми) вплинути на безпеку експлуатації на землі або в повітрі?
- Чи можна відмову цього об'єкта (підсистеми) помітити в процесі нормальної експлуатації?
- Чи може відмова цього об'єкта (підсистеми) вплинути на експлуатацію?
- Чи може відмова даного об'єкта (підсистеми) вплинути на економічність експлуатації?

Для тих виробів, які мають на всі чотири запитання негативну відповідь, аналіз MSG-3 не потрібен, і надалі немає необхідності в проведенні аналізу вибору MSI на нижчих рівнях. Крім того, для унеможливлення повторного аналізу, слід перерахувати вироби нижчого рівня для визначення тих, які надалі не оцінюватимуться. Цей перелік має бути поданий виробником Координаційному комітету промисловості (ISC) для розгляду та затвердження.

Для виробів, які мають позитивну відповідь принаймні на одне з чотирьох запитань, аналіз MSG-3 необхідний, а найкращий для розгляду рівень має бути затверджений. Слід приділити увагу вибору оптимального для розгляду рівня, який включає виріб як частину такої ж оптимальної системи для розгляду.

Виріб MSI зазвичай є системою або підсистемою на один рівень вищим за найнижчий рівень, визначений Етапом 1. Цей рівень вважається найкращим для розгляду, тобто він досить високий, щоб уникнути непотрібного аналізу, але досить низький, щоб забезпечити необхідний аналіз і охоплення всіх функцій, функціональних відмов та їх причин.

Щойно оптимальний для розгляду рівень буде затверджено, перелік виробів, отриманий у результаті аналізу, вважається "переліком кандидатів до MSI" і передається виробником до Координаційного комітету промисловості, який, своєю чергою, розглядає і затверджує цей перелік для подальшого розподілу між робочими групами.

Робочі групи опрацьовують перелік кандидатів до MSI і, використовуючи аналіз MSG-3, оцінюють обраний найкращий для розгляду рівень. Якщо необхідно, пропонують зміни щодо переліку MSI. Ці зміни направляють до Координаційного комітету промисловості. Основна мета опрацювання переліку робочими групами - це перевірка того, що жоден важливий для ТО виріб не прогавлено, і обрано правильний рівень для аналізу. Слід зазначити, що хоча виріб може бути обрано як MSI і буде проаналізовано, це не означає, що обов'язково проводитимуться роботи щодо цього виробу.

3.1.2 Аналіз важливих об'єктів MSI і формування вимог до програми ТО

Затверджений список MSI аналізується відповідно до логіки MSG.

На рис. 7 зображено процес аналізу важливих об'єктів, таким чином, реалізується класифікація. Усі об'єкти мають бути віднесені до однієї з п'яти категорій.

Далі дворівневим аналізом очевидних і прихованих функціональних відмов визначається перелік завдань методів ТО (табл. 3), які слід застосувати під час ТО ПС за програмою ТОiP з урахуванням вимог безпеки (фактор безпеки), готовності ПС до експлуатації (експлуатаційний фактор) та економічності (економічний фактор).

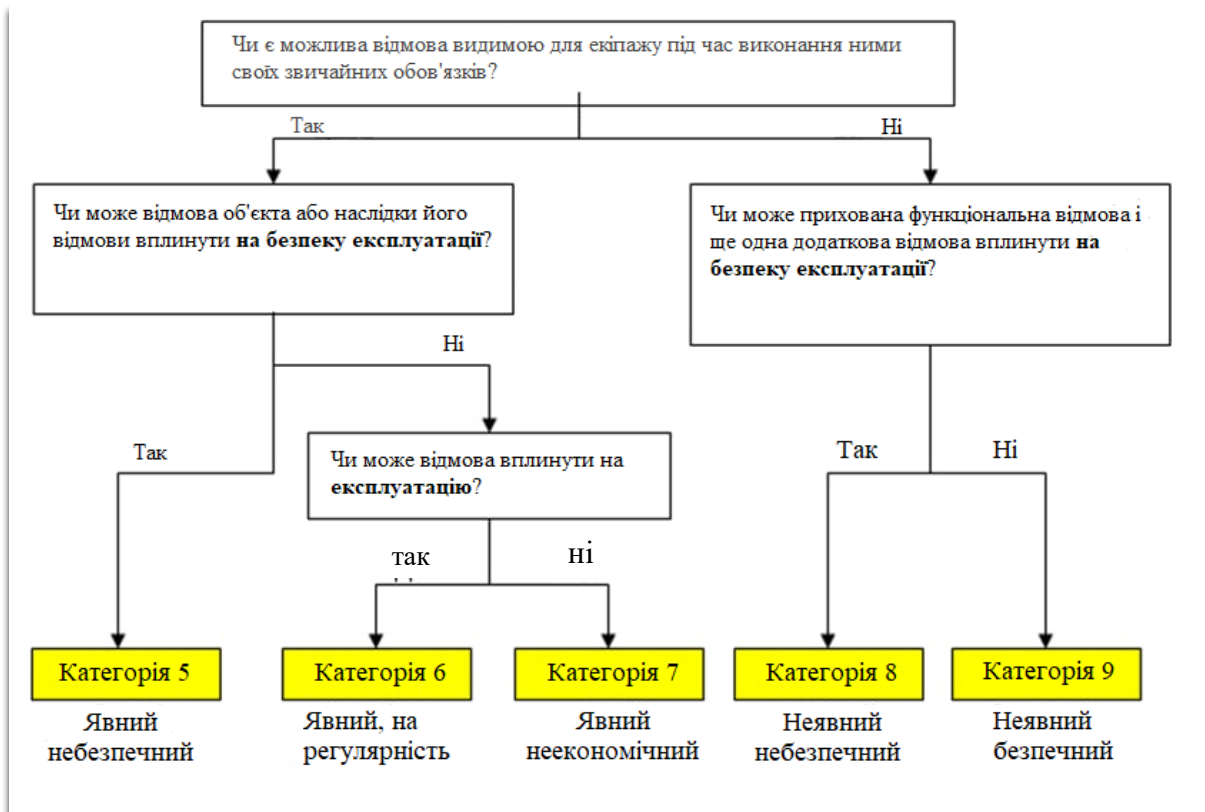


Рис. 7. Блок-схема проведення MSG-3 аналізу категорії об'єкта

Таблиця 4

MSG-3 аналіз. Визначення методів ТО

| Яв на без пек а | Яв на екс плу ата ція | Яв на еко но міч ніс ть | Нея вна без пек а | Нея вни й без печ ний | | | Метод ТО |
|-----------------------------|--------------------------------------|---|-------------------------------|--------------------------------------|---|---|-------------|
| 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | | Питання | |
| X | X | X | X | X | A | Чи є мастило або обслуговування ефективними? | LU SV |

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|-------|
| | | | X | X | B | Чи є перевірка працездатності ефективною? | OP |
| | X | X | X | X | C | Чи є перевірка функціональності ефективною? | IN FC |
| X | X | X | X | X | D | Чи є відновлення ефективним і доступним заходом зниження потоку відмов? | RS |
| X | X | X | X | X | E | Чи є утилізація ефективним і доступним заходом зниження потоку відмов? | DS |
| X | | | X | | F | Чи є комбінація робіт з ТО доступною та ефективною? | |

Якщо всі відповіді на запитання будуть негативними, необхідно вносити конструктивні зміни ВС.

Для того щоб проводити подальший аналіз кандидата у важливі об'єкти, необхідно визначити (табл. 4) усі його особливості:

- функції;
- возможные отказы этих функций;
- возможные последствия этих отказов;
- причины этих отказов.

Таблиця 4

Приклад визначення функцій об'єкта, його відмов і наслідків відмов.

| Функція | Відмов и | Наслідки відмов | Причини відмов |
|---------|-------------|-----------------|----------------|
| 1 | 1.1 | 1.1.1 | 1.1.1.A |

| | | | |
|-----------------------|-----|-------|-----------------------|
| | | | 1.1.1.B |
| 2 | 2.1 | 2.1.1 | 2.1.1.A |
| | | 2.1.2 | 2.1.2.A |
| | | | 2.1.2.B |
| 3 | 3.1 | 3.1.1 | 3.1.1.A |
| | | | 3.1.1.B |
| | | | 3.1.1.C |
| | 3.2 | 3.2.1 | 3.2.1.A |
| Перший рівень аналізу | | | Другий рівень аналізу |

У результаті проводиться MSG аналіз для дев'яти пунктів на другому рівні. Якщо всі дев'ять пунктів не дали в результаті жодних робіт із ТО, то об'єкт виключається зі списку важливих для ТО.

Усі роботи з ТО, отримані під час аналізу, збираються в список, розбитий за розділами АТА, щоб сформувати базову програму ТО.

Перераховані важливі об'єкти для ТО MSI публікуються у звіті комітету з нагляду за створенням програми ТО, який являє собою мінімальні вимоги до програми ТО літака. На основі звіту авіакомпанії розробляють свої програми ТО, включаючи необхідний мінімум, описаний у звіті.

Додаткові роботи з ТО можуть бути засновані на:

- документі з планування ТО (MPD), який містить у собі інформацію про всі важливі об'єкти MSI і додаткові вимоги виробників літака та обладнання.
- досвіді експлуатації в авіакомпанії;
- даних щодо надійності виробів авіакомпанії;
- рекомендації виробників, що видаються у вигляді сервісних бюлетенів та інформаційних листів;

- обов'язкових вимогах авіаційної влади, що видаються в директивах підтримки льотної придатності (AD's), вказівках авіаційної влади (FAR's) і вимогах сертифікації (CMR's).

Ревізії та зміни вже наявних робіт з ТО повинні задовольняти аналізу MSG-3 і бути аргументовані даними з надійності.

Додаткові обов'язкові роботи не змінюються під час ревізій за бажанням авіакомпанії, зміна інтервалів може бути тільки в бік зменшення.

3.2 Приклади аналізу

3.2.1 Кисневе обладнання екіпажу Boeing-737 (розділ ATA 35-11)

Спочатку необхідно визначити всі функції, можливі відмови та наслідки цих відмов (табл.5).

Визначення функцій і наслідків відмов виробу

| | | |
|----------|-------|--|
| Функція | 1. | Забезпечення киснем екіпажу на вимогу або в аварійній ситуації |
| Відмова | 1.1 | Кисень не надходить |
| Наслідок | 1.1.1 | Необхідне екстрене зниження до необхідної висоти і якнайшвидша посадка |

Далі необхідно провести аналіз першого рівня, щоб віднести відмову і наслідок до певної категорії (рис. 8).

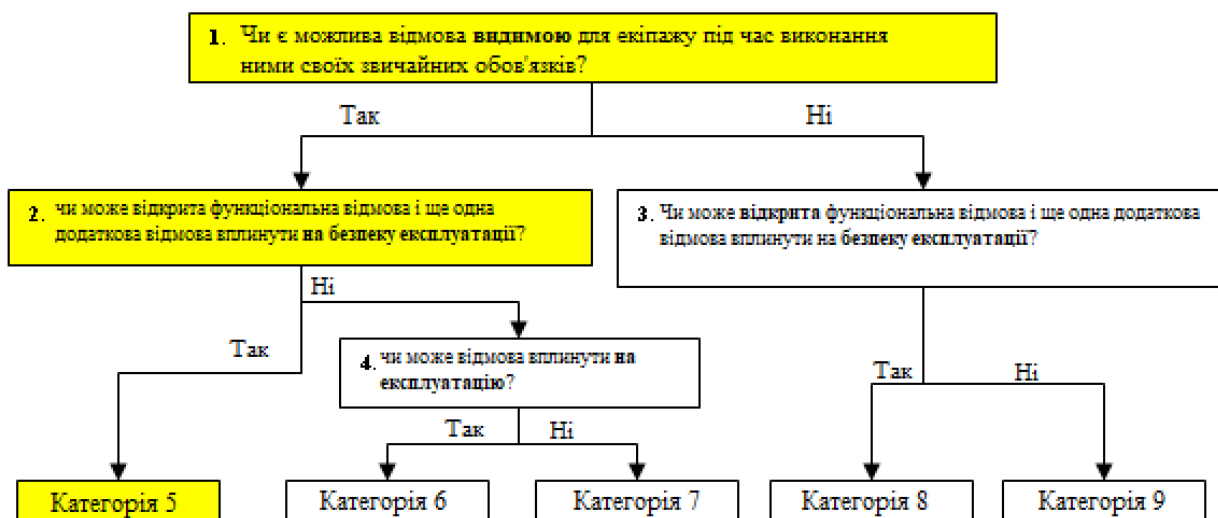


Рис. 8. MSG-3 аналіз першого рівня

Пояснення процесу відповідей на запитання зазначено в табл. 6.

Таблиця 6
Пояснення процесу аналізу першого рівня

| Питання | | Пояснення |
|--|-----|--|
| 1 | так | Неможливість подачі кисню екіпажу явна |
| 2 | так | Екіпаж може втратити свідомість |
| 3 | | |
| 4 | | |
| Відмова належить до категорії 5 - явна, небезпечна | | |

Далі необхідно перебрати всі можливі причини відмови. Наприклад:
Причина відмови: 1.1.1.А. Руйнування кисневого балона

Вибір необхідних робіт із ТО проводиться також шляхом відповідей на запитання (табл. 7).

Таблиця 7

Вибір робіт по ТО

| Категорія | Питання | Відповідь | Пояснення | Номер роботи з ТО | Тип |
|-----------|--|-----------|--|-------------------|-----|
| 5А | Чи буде мастило або обслуговування ефективним? | Ні | У системі немає витратних матеріалів | | |
| 5В | Чи буде перевірка працездатності ефективною? | Ні | Неможливо перевіркою визначити стан кисневого балона | | |
| 5С | Чи буде інспекція та функціональний тест ефективними | Так | Гідростатичний тест являє собою функціональний тест, | 35-11-00-001 | FC |

| | | | | | |
|----|---|-----|--|--------------|----|
| | | | за допомогою якого можна визначити зміну розмірів балона під тиском | | |
| 5D | Чи буде відновлення застосовним і ефективним методом зменшення потоку відмов? | Ні | Балон не підлягає ремонту, у разі відхилень балон утилізують | | |
| 5E | Чи буде утилізація застосовним і ефективним методом зменшення потоку відмов? | Так | Розподіл Вейбулла дає досить точний ресурс роботи балона. Таким чином, призначається термін утилізації | 35-11-00-002 | DS |
| 5F | Чи буде комбінація з декількох методів ТО застосовною та ефективною? | Так | Зверніться до пунктів 5C і 5E для відповіді на запитання | | |

Жовтим кольором у табл. 7 відзначено обрані роботи з ТО.

3.2.2 Компресор високого тиску CFM-56-3 літака Boeing-737

Спочатку необхідно визначити всі функції, можливі відмови та наслідки цих відмов (табл.8).

Таблиця 8

Визначення функцій і наслідків відмов виробу

| | | |
|---------|-----|---|
| Функція | 1. | Стиснення повітря, відбираючи механічну енергію обертання від турбіни |
| Відмова | 1.1 | Неможливе стиснення повітря |

| | | |
|----------|-------|---|
| Наслідок | 1.1.1 | Відмова двигуна, аж до руйнування компресора. |
|----------|-------|---|

Далі необхідно провести аналіз першого рівня, щоб віднести відмову і наслідок до певної категорії (рис. 9).

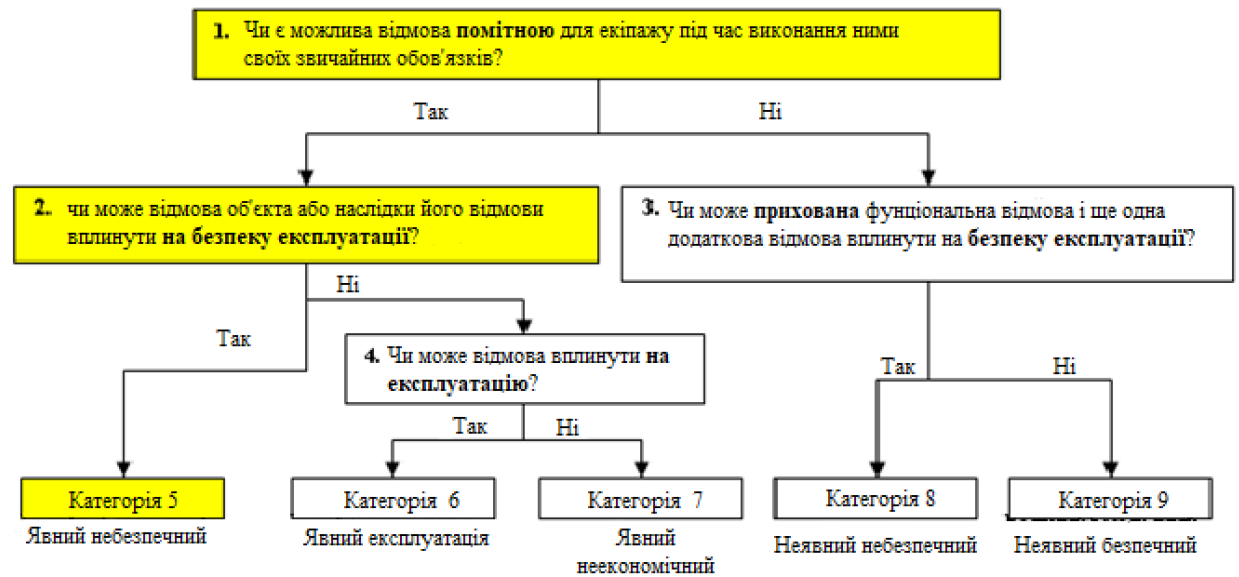


Рис. 9. MSG-3 аналіз першого рівня

Пояснення процесу відповідей на запитання зазначено в табл.9.

Таблиця 9
Пояснення процесу аналізу першого рівня

| Питання | Відповідь | Пояснення |
|--|-----------|---|
| 1 | Так | Відмова двигуна явна для екіпажу |
| 2 | Так | Руйнування компресора може пошкодити фюзеляж і поранити людей |
| 3 | | |
| 4 | | |
| Відмова належить до категорії 5 - явна, небезпечна | | |

Далі необхідно перебрати всі можливі причини відмови. Наприклад:
 Причина відмови: 1.1.1.А. Руйнування диска КВД
 Вибір необхідних робіт з ТО проводиться також шляхом відповідей на запитання (табл. 10).

Таблиця 10

Выбор работ по ТО

| Категорія | Питання | Відповідь | Пояснення | Номер роботи з ТО | Тип |
|-----------|---|-----------|--|-------------------|-----|
| 5А | Чи буде мастило або обслуговування ефективним? | Ні | У системі немає витратних матеріалів | | |
| 5В | Чи буде перевірка працездатності ефективною? | Ні | Неможливо перевіркою визначити стан диска КВД | | |
| 5С | Чи буде інспекція та функціональний тест ефективними | Ні | Детальний огляд КВД або засоби неруйнівного контролю неможливо застосувати в умовах експлуатанта, тому що це вимагає розбирання двигуна і вузькоспеціалізованого персоналу | | |
| 5D | Чи буде відновлення застосовним і ефективним методом зменшення потоку відмов? | Ні | Диск КВД не підлягає ремонту, у разі відхилень і дефектів його утилізують | | |
| 5E | Чи буде утилізація застосовним і ефективним методом зменшення потоку відмов? | Так | Розподіл Вейбула дає досить точний ресурс роботи диска КВД. Таким чином, призначається термін утилізації | 72-33-01-001 | DS |
| 5F | Чи буде комбінація з декількох методів ТО застосовною та ефективною? | Так | Зверніться до пункту 5E для відповіді на запитання | | |

3.3 Вимоги до ТО під час сертифікації (ТТС)

Додатково до робіт із ТО та інтервалів, установлюваних у процесі аналізу MSG-3, роботи з планового ТО можуть виникнути в процесі сертифікації за вимогами **14 CFR 25.1309 " Equipment, systems, and installations."**

ТТС - це необхідна періодична робота з ТО, що встановлюється в період сертифікації конструкції літака як експлуатаційне обмеження сертифіката типу. ТТС - підгрупа (множина) робіт з ТО, що визначаються в період типової сертифікації. Вимоги зазвичай з'являються в результаті номінальних множинних аналізів, що проводяться для підтвердження відповідності умовам катастрофічних і небезпечних відмов. ТТС призначені для виявлення (виявлення) прихованих відмов, що значно впливають на безпеку, унаслідок яких у поєднанні з однією або кількома іншими визначеними відмовами або випадками (подіями) виникають небезпечні або катастрофічні відмови.

Важливо зазначити, що ТТС не пов'язані з логічним аналізом MSG-3. Процес координації робіт з ТО, що встановлюються на основі MSG-3, і вимог до ТО з сертифікації докладно представлений в AC25-19 за участю комітету з координації робіт з ТО і вимог до ТО з сертифікації. Це може вплинути на вибір інтервалів робочими групами.

3.4 Формування поопераційної відомості на виконання роботи

Для того щоб робота з ТО була виконана на ПС, авіакомпанії-оператору необхідно сформувавши карту-наряд, в якій будуть всі необхідні інструкції з виконання, опис інструменту та обладнання, що застосовується під час виконання роботи, посилання на документи, що підтверджують необхідність виконання роботи.

Карту-наряд, іменовану Job card, видають виконавцю (сертифікованому фахівцю з ТОiP) безпосередньо перед виконанням робіт. Спеціаліст повинен виконати роботу відповідно до вимог керівництв з ТОiP, карти-наряду і супровідної документації, і поставити підписи персональної відповідальності в спеціально передбачених для цього місцях.

Розглянемо формування поопераційної відомості на прикладі літака A320 (рис. 10).

Зараз ми розглянемо запис в документі з планування технічного обслуговування для літаків серії Airbus A320. На рисунку 1 показані

інструкції з технічного обслуговування для огляду обшивки пасажирських дверей.

A318/A319/A320/A321

MAINTENANCE PLANNING DOCUMENT

| TASK NUMBER | ZONE | DESCRIPTION | THRESHOLD INTERVAL | SOURCE | REFERENCE | MEN | MH | APPLICABILITY |
|-------------|------------|--|--------------------|----------|--|--------|--------------|---|
| 531163-01-1 | 221 222 | FWD PAX/CREW DOOR SURROUND AF DI DETAILED INSPECTION OF INTERNAL STRUCTURE AROUND FORWARD PASSENGER/CREW DOOR, ABOVE CABIN FLOOR LEVEL, BETWEEN FR 15 AND FR 21 AND BETWEEN STRINGER 8 AND STRINGER 23, LH/RH, EXCLUDING THE LOWER CORNERS OF THE DOOR ENTRANCE AREA AT FR 16 AND FR 20, BETWEEN STRINGER 22 AND 23, LH/RH NOTE: EXCLUDED AREA COVERED BY TASKS 531166-01-1 AND 531166-01-2 TPS : APPLICATION OF TPS TYPE 1 GRADE 2 OR GRADE 3 PREP. : CEILING PANELS REMOVED; LINING REMOVED; INSULATION REMOVED; ACCESS: 831 841 ***** TASK DELETED ***** | T: 6 YE I: 6 YE | MRB CPCP | 531100-210-019 MRB REFERENCE : 531163-01-1 | 1 1 | 0.80 0.80 | ALL |
| 531163-01-2 | | ***** TASK DELETED ***** | | | | | | |
| 531164-01-1 | 125 126 | FUSELAGE FR 15-21 AF DI DETAILED INSPECTION OF FUSELAGE INTERNAL STRUCTURE, BELOW FORWARD PASSENGER/CREW DOOR AND CABIN FLOOR LEVEL, FROM FR 15 TO FR 21 AND BETWEEN STRINGER 28 LH AND STRINGER 28 RH TPS : APPLICATION OF TPS TYPE 1 GRADE 2 OR GRADE 3 PREP. : INSULATION REMOVED; | T: 6 YE I: 6 YE | MRB CPCP | 531100-210-801 MRB REFERENCE : 531164-01-1 | 1 1 | 0.50 0.50 | A318 OR A319 PRE 23288 OR A320 PRE 20062 OR A321 PRE 23288 |

<https://leehamnews.com/2017/05/19/bjorns-corner-keeping-airliners-operational-part-5/>

Рис. 10. Приклад сторінки звіту MRB.

Опис завдання складається з декількох пунктів:

Номер завдання. Кожне завдання має унікальний номер завдання, де перші шість позицій формують ідентифікаційний номер АТА (Air Transport Association of America), який вказує на те, яка частина повітряного судна задіяна.

Зона повітряного судна, в якій буде виконуватися завдання. Про Зони та Зональні завдання ми поговоримо в наступному Куточку.

Опис того, що потрібно зробити. Далі, які навички необхідні (AF=Airframe knowledge (Знання планера літака)), тип дій (DI=Detailed Inspection (Детальний огляд)) і яка підготовка та доступ необхідні (цифри - це двері/панелі, які необхідно відкрити/зняти). TPS означає Тимчасова система захисту, яка повинна бути застосована після виконання завдання (антикорозійна обробка).

У колонці "Поріг/Інтервал" описані критерії запуску дії з технічного обслуговування. Тут першим критерієм (Т для Threshold - виконавчий старт) є шість років, а інтервал (І) також становить шість років.

Джерело описує, звідки було отримано це завдання. MRB - Рада з огляду технічного обслуговування, CPCP - (Corrosion Prevention and Control Program) Програма запобігання і контролю корозії.

Посилання на завдання в Керівництві з технічного обслуговування літаків та на звіт MRB.

Чоловіки - кількість осіб, необхідних для виконання завдання.

М/Н означає кількість людино-годин, необхідних для виконання завдання.

Застосовність вказує, чи може бути застосоване завдання до всіх моделей літаків серії A320 або тільки до декількох варіантів, як у наступному завданні.

За завданням слідує вилучене завдання для цієї редакції MPD та завдання з огляду фюзеляжу.

3.5. Зміст розроблюваної програми ТО

Програма ТОiP є основою для вироблення авіакомпаніями своєї початкової політики в галузі технічного обслуговування. Умови експлуатації та зовнішнього середовища для різних експлуатантів можуть значно відрізнятися, тому існує необхідність розроблення індивідуальної та найефективнішої програми ТО.

Під час розроблення програми ТО її можна розділити на дві групи:

- планові роботи, що виконуються з певною періодичністю (метою є запобігання зниженню рівнів надійності та безпеки обладнання, закладених під час проектування);

- непланові роботи, які є результатом авіаційних подій, повідомлень про несправності (як правило, від льотних екіпажів), аналізу інформації. Метою непланових робіт є відновлення льотної придатності ПС і стану обладнання.

Документ MSG-3 описує методику розроблення програми планового ТО. Непланове ТО є результатом планових робіт, нормальної експлуатації або аналізу інформації.

Вироби, які після аналізу MSG-3 не матимуть призначеної планової роботи, можуть контролюватися програмою надійності експлуатації.

Такими виробами не можуть бути вироби, критично важливі з точки зору безпеки польотів.

3.5.1 Види робіт

EXTERNAL & INTERNAL INSPECTION (GENERAL VISUAL INSPECTION) - зовнішній або внутрішній огляд. Являє собою загальний огляд зазначеної зони з відстані, достатньої для визначення великих пошкоджень і порушень. Зовнішній огляд передбачає відкриття панелей

на засувках без розбирання конструкції. Внутрішній огляд здійснюється з відкриттям панелей для забезпечення доступу до зон огляду, а також, якщо необхідно, використання спеціальних засобів - дзеркал, дрантя і підсвічування.

DETAILED INSPECTION - детальний огляд. Являє собою уважний огляд чітко визначеного місця з близької відстані для визначення відхилень у конструкції ПС неозброєним оком. Також допускається використання додаткового підсвічування, дзеркал, дрантя тощо.

SPECIAL DETAILED INSPECTION - спеціальний огляд. Являє собою огляд спеціальними засобами неруйнівного контролю NDT. Технологію виконання таких робіт описано в окремому документі Boeing 737 Non-Destructive Testing Manual, D6-37239.

SERVICE/LUBRICATION - обслуговування і змащення. Під цими термінами розуміють перевірку виробу або системи на достатність рідин і газів та їхнє дозаправлення, а також змащування робочих поверхонь. Заправка паливом, маслом, водою, хімічною рідиною, зарядка азотом, киснем тощо. Сервісній перевірці можуть бути піддані і фільтри, коли необхідно перевірити їх на засміченість і замінити. Своєчасне змащування дає змогу значно сповільнити знос механізмів.

OPERATIONAL CHECK. Перевірка роботи виробу або системи шляхом її випробування. Під час перевірки не проводяться додаткові вимірювання. Робота націлена на виявлення як явних, так і прихованих відмов.

FUNCTIONAL CHECK. Перевірка роботи виробу або системи на різних режимах, з метою встановити відповідність усіх робочих параметрів вимогам експлуатаційної документації. Параметри можуть бути найрізноманітніші: межі переміщення, витрата, температура, тиск, коливання, кути відхилення тощо.

RESTORATION. Роботи, спрямовані на відновлення експлуатаційних якостей виробу. Ці роботи можуть варіюватися від простого протирання виробу ганчіркою, до капітального ремонту.

DISCARD. Зняття і списання виробу з ВС при виробленні встановленого йому ресурсу.

3.6 Економічне обґрунтування нової програми ТО

Будь-яка зміна має бути економічно обґрунтована. Перехід до програми ТО, що базується на логіці MSG-3, дає змогу зменшити кількість робіт з ТО з 3150 до 2190. Таке значне зменшення кількості робіт дає змогу зменшити трудовитрати на виконання форм обслуговування на 35% на рік.

Крім зменшення трудомісткості форм обслуговування, з'являється можливість розширювати інтервали їх проведення. У табл. 11 описано

порівняння інтервалів виконання форм ТО на Boeing 737-800 для MSG-2 і MSG-3 аналізів.

Таблиця 11

Інтервали проведення основних форм ТО для програм ТО, заснованих на MSG-2 і MSG-3 аналізі

| | MSG-2 program | MSG-3 program |
|---------------|---------------|--------------------|
| Transit check | 7 днів | 9 днів чи 90 годин |
| A-check | 250 годин | 500 годин |
| C-check | 4000 годин | 4000 годин |
| D-check | 24000 годин | 24000 годин |

Зменшення інтервалу проведення форми ТО A-check удвічі. У середньому літак Boeing-737 в авіакомпанії Ukraine International Airlines $\bar{t} = 400$ годин на місяць, це означає, що на рік доводиться виконувати 19 форм A-check:

$$N = \frac{12\bar{t}}{T_{A-check}} = \frac{4800}{250} = 19,2 \quad (7)$$

У разі збільшення інтервалу $T_{A-check}$ вдвічі, кількість необхідних A-check форм зменшується:

$$N = \frac{12\bar{t}}{T_{A-check}} = \frac{4800}{500} = 9,6 \quad (8)$$

Одна форма A-check коштує 5.000\$, відповідно, авіакомпанія може економити 50.000\$ на рік на один літак. У разі парку в 5 літаків, сума становитиме 250.000\$.

Виграш у часі виконання A-check становить 6 годин, тому для парку з 5 літаків він становитиме 30 годин додаткового часу на місяць виконання форми.

$$t = 9n(t_{A-check,MSG-2} - t_{A-check,MSG-3}) = 9 \cdot 5 \cdot (18 - 12) = 27 \quad (9)$$

На рік літаки літатимуть на 11 днів більше, приносячи прибуток, замість того, щоб стояти на обслуговуванні.

Крім того, логіка MSG-3 дає змогу скоротити на 10-30% трудовитрати на проведення капітального ремонту D-check. Зменшення кількості робіт під час капітального ремонту дає змогу знизити його вартість (із розрахунку ставки одного кваліфікованого фахівця на годину).

Наприклад, вартість D-check у середньому становить 1.100.000\$ на один літак, тоді скорочення витрат становитиме від 110.000\$ до 385.000\$. Для флоту B737 Ukraine International Airlines, що складається з п'яти літаків, вигода становитиме від 550.000\$ до 1.950.000\$.

Крім прямої економічної вигоди у вигляді скорочення витрат, зменшення кількості робіт скорочує простої літака під час форми обслуговування.

Використання логіки MSG-3, на відміну від MSG-2, дає змогу скоротити трудовитрати форм:

- A-check на 20 людино-годин;
- C-check на 230 людино-годин;
- D-check на 500 людино-годин.

3.7 Висновки та рекомендації

У результаті проведеної роботи було проаналізовано зарубіжну систему формування планового ТО, окреслено відмінності методик аналізу конструкції і систем літака MSG-2 і MSG-3. Дослідження цих питань було необхідним для отримання повнішої картини процесу розроблення програм ТО і ухвалення зваженіших рішень під час розроблення програми ТО Boeing-737-500 авіакомпанії "Ukraine International Airlines".

Основним рішенням, ухваленим у дипломній роботі, було використання несегментованих форм ТО через те, що виробничі потужності авіакомпанії "Ukraine International Airlines" не дають змоги розподілити форми ТО рівномірно, без використання сегментів. Вік літаків (близько 20 років) вимагає значних трудовитрат і усунення несправностей, що з'являються все частіше. Тому важкі форми "C-check" виконуються сторонніми зарубіжними організаціями з ТОiP.

У перспективі, з наступними ревізіями, можливий розподіл робіт за формами "A-check" для зменшення простоїв літаків. Необхідною умовою цього є розвиток відділу планування виробництва PPCD і впровадження автоматизованого середовища контролю та обліку робіт з ТОiP AMOS.

У дипломній роботі було доведено необхідність переходу з MSG-2 програми ТО на MSG-3 програму. Економічна вигода значно перевищить витрати на перехід.

Висновки до розділу 3

1. Було розглянуто процес MSG аналізу та приклади його використання на вирішенні форм ТО агрегатів B737
2. Проаналізовано вимоги до сертифікації технічного

обслуговування згідно AC25-19 та можливість додаткових робіт з ТО згідно вимогам сертифікації

3. Розглянуто види робіт згідно змісту програми ТО
4. Досліджено економічний вплив на зміни підходу MSG2 на MSG3 з обґрунтуванням недоліків та переваг
5. Зроблено висновки та висунуто рекомендації до експлуатантів щодо переходу між MSG2 та MSG3

4. ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

5.1. Використання рідини для протиобледеніння та їх вплив на

довкілля.

У кожному аеропорті, який знаходиться в північних широтах, з ціллю гарантувати безпеки польотів під час холодного періоду застосовується сукупність заходів з очищення крижаних порід з усіх компонентів літака перед взлетом. Здебільшого для виникнення захисної плівки на літаку використовують антикригові рідини. Протиобморожувальні рідини. Відповідно до кліматичних обставин (присутності й інтенсивності опадів, вологості, тиску, температури довкілля, туманів або інших метеорологічних явищ) один літак може підлягати обробці декілька разів. Тож як результат - багаторазове висихання, котре веде до нарощування сухих залишків. Більша частина протизамерзаючої речовини стікає до ґрунту протягом обробки повітряного судна (75-80%) чи здувається завдяки вітру. Зкид залишків із поверхні повітряного судна здійснюється в процесі зльоту. Розпорошення відбувається на злітно-посадкових смугах і маршруті рейсу. Зліт супроводжується гідратацією сухих решток та їх переходом до гелеподібних залишків внаслідок взаємодії з вологою, що міститься в повітрі. Обсяги та небезпечні наслідки цієї реакції залежать від сукупності змінних факторів (кліматических, орографічних (підстильної площі), гідрологічних (близькості ґрунтових вод), технічних (кількості застосованої рідини), технічних (об'ємів спожитої рідини)). Насичені вологою рештки протизамерзаючих речовин кристалізуються по перону, а це веде до загибелі бактерій та мікроорганізмів, які знаходяться навколо летовища. Формування крижаної криги на злітно-посадкових полосах, а також на стоянках літаків робить складним чи цілком усуває процес аерації земної поверхні й приземного шару кисню, що в свою чергу спричиняє порушення його природнього газового складу. Кисень припиняє потрапляти до ґрунту, а вуглекислий газ в свою чергу перестає - у атмосферу. Під час змішування зі снігом, пилом та різними хімічними субстанціями на пероні, розчин також потрапляє в ґрунтові води, використовуючи наявну систему дренажу летовища. Слід відзначити, що частка площ стоянок і руліжних смуг складаються з плит бетону, що містять стики, в яких є пухкий ґрунт, а це можливо призведе до попадання шкідливих матеріалів у гідроносні ґрунти. Протиобморожувальні рідини розділяються на 4 типи.

- Тип I не містить загусників (на відміну від інших типів), не володіє захисною дією, застосовується тільки в гарячому вигляді і слугує лише для очищення від снігу, бруду та криги. Колір червоно-помаранчевий.
- Тип II містить загусники і не менше 50 % етиленгліколю, але здатний забезпечити захист від повторного обмерзання лише на невеликий період часу. Має відтінки жовтого кольору.
- Тип III аналогічний типу II, але загусника там ще менше. Цей тип застосовується для обробки низькошвидкісних літаків. Безбарвний.
- Тип IV містить більшу концентрацію загусника і забезпечує тривалий захист від повторного обмерзання. Має смарагдово-зелений колір

Усі літаки залежно до метеорологічних умов обробляють чи то одним типом (тип I), або двоступенево (тип I + IV). Відповідно до усталених норм SAE/AMS 1424 та ISO 11075, антизаморожувальна рідина "Octaflo EG" належить до типу 1, і має сертифікат.

Спільно з рідиною. "Maxflight 04" (тип IV) вона вважається однією з двох основних рідин, які застосовують у сучасних летовищах. Вказані види реагентів надаються в концентрованому та розчиненому стані. Наявність гліколю (етиленгліколю, діетиленгліколю, пропіленгліколю або їх сумішей) доходить до 95%. Найефективніша фізична дія засобу забезпечується сильним розігріванням (до 80 °C при виході з пульверизатора, форсунки, розпорошувача). Випаровування антизаморожувальної рідини призводить до підвищення вологості повітря. Водночас гліколі також є токсичними субстанціями. Надзвичайну загрозу вони несуть для персоналу, який працює на пероні, та орнітофауни при існуванні туманів, у которых пари гліколів можуть бути затримані внаслідок їхньої щільності. Щодо рівня негативного впливу для людського організму її відносять до субстанцій 3-го ступеня небезпеки. Решту складають наступні хімічні речовини: вода, уповільнювачі процесу корозії (до 1,3-4,1 %), зволожуючі агенти, згусники (0,4-0,85 %), гліцерин (до 3 %), водяний розчин ацетату калію (РН=9-11), антипінні присадки і деколи барвники. Слід детальніше розглянути кожен з наведених сумішей. Концентровану субстанцію такого типу слід розбавляти водою задля забезпечення відповідності температури замерзання обраної процедури відповідно до Наказу 205 Міністерства інфраструктури України. Слід відзначити, що вода, котра входить у склад протизамерзаючої рідини, повинна бути дистильованою, аби не зменшувати технічні характеристики отриманого розчину, однак за відсутності на летовищах належних обсягів процес перетворюється на не технологічний. У ролі сповільнювача корозійного процесу

використовують фосфати, натрій азотистокислий (0,01-0,06%), а також натрієву сіль бензойної кислоти (0,25-0,7%), рідке скло (0,1-0,9%), триетаноламін (0,14-0,5%). Як результат, це призводить до поліпшення екологічної безпеки та ефективності очищення від крижаних накопичень.

Фосфати внаслідок потрапляння в довкілля спричиняють евтрофікацію водойм, внаслідок чого відбувається зміна. Їх хімічного та біологічного складу.

Азотистокислий натрій - надзвичайно отруйний, у випадку потрапляння в організм людини чи тварини може викликати параліч судинорухового центру й виникнення метгемоглобіну в крові. У складі протизамерзаючої речовини присутні змочувальні агенти - тензиди. Вони повільно перетворюються в довкіллі і є токсичними для жителів водяних екосистем.

Застосування загущувачів обумовлюється потребою підвищення в'язкості розчинів для довготривалого знаходження на корпусі ПС після обробки. Здебільшого йдеться про сульфоцел і акрилову смолу, що при влучанні у рідке середовище підвищують його в'язкість, порушуючи умови існування гідробіонтів. Що стосується водного розчину ацетату калію - він збільшує лужність оточуючого середовища (РН=9-11). Щодо найпростіших та риб розчин "Octaflo EG" становить II клас небезпеки, хоча декларований загальний V клас шкідливості. Такі висновки варто зауважити, ознайомившись з екотоксикологічними, а також токсикологічними характеристиками. Задля усунення шкідливого впливу на навколишнє середовище, а передусім на організм людини, потрібно провести комплекс запобіжних заходів.

До складу протизамерзаючої рідини потрібно додати рідкі органічні складники, котрі мали б змогу:

1. мали більшу розчинність, а також могли б цілком абсорбувати сольові суспензії, антифризні й інгібіторні складові протизамерзаючої рідини
2. Як наслідок низького рівня летючості стати не цілком висушувальними, а також і гігроскопічними;
3. Через власну природу вони можуть додатково володіти структуризуючими чи інгібуючими характеристиками.

Першочерговим завданням вбачається створення на місцевості перону окремих спеціальних площ для виконання процесів обробки повітряних суден, де буде розміщена своя окрема схема відведення використаних рідин. Вона повинна діяти в замкнутому режимі та містити інсинератори. Модулі системи обливу слід вдосконалити задля обмеженого розпилення рідин поверхнею корпусу фюзеляжу. Для реалізації перелічених вище заходів необхідно мати великий адміністративний ресурс для забезпечення

регулювання діяльності у екологічній сфері та здійсненням контролю з боку компетентних органів.

Загалом, наведена в статті проблема потребує високотехнологічного та комплексного вирішення, впровадження которого є тільки питанням часу.

4.2 Заходи із зменшення чи ліквідації екологічних загроз протягом утилізації або переробки прозамерзаючих рідин

4.2.1 Технологія застосування спеціального майданчика для збору протимерзаючих рідин за час експлуатації літаків

Обледенінням називають процес формування криги на поверхнях літальних апаратів. Відповідно до погодних умов на поверхні літака виникають певні форми шарів кригоутворення:

- льодяний наклад (іній, кристалічні відкладення);
- туман, який замерзає (крапельний, кристалічний чи змішаного типу), що веде до формування паморозі;
- опади у формі снігу, замерзаючої моросі, замерзаючого дощу, які створюють залишки снігу, а також льоду й суміші снігу із водою та снігу з льодом;
- замерзаючий дощ і замерзаюча мряка (рівномірні опади, які містять виключно невеликі краплини води, які розміщені поруч одна до одної).

Отже, безпечна експлуатація повітряних суден у всіх погодних умовах залишається головною турботою усіх адміністрацій аеропортів, авіаперевізників, служб керування повітряним рухом, а також споживачів послуг повітряного транспорту. Досвід останніх авіаційних інцидентів засвідчує велику кількість ситуацій, пов'язаних з експлуатацією літаків в зимову пору року.

Використовуються такі способи протидії обмерзанню повітряних суден: - механічний (ручна обробка) використовуючи ручний інструмент (скребки, щітки, віники, ратиці, ганчір'я і т.д.). Цей метод дозволяє видалити утворення, проте не забезпечує убезпечення проти їхньої вторинної появи, також цей метод є небажаним, тому що існує ймовірність ушкодження корпусу літака (подряпини, щілини, тріщини тощо), також повне очищення від наледі лише власноруч є абсолютно неприпустимим; - термічний (тепловий обдув, підігріта вода), під час виконання якого застосовується підігрів поверхні, яка захищається, відповідно, до температури розчинення льоду, використовується при обробці компонентів, там, де застосування антиобледеніння заборонено, наприклад, датчики, приймачі тиску повітря, повітрязабірники тощо, при його використанні необхідно ретельно контролювати температуру і тиск повітряного струменя, щоб уникнути пошкоджень; - інфрачервоні системи

обігріву, що монтуються на даху, з обох боків ангароподібної форми. Видалення льоду здійснюється шляхом подачі тепла в інфрачервоному випромінюванні, в результаті чого відбувається інтенсивне танення і випаровування води, але цей метод не може використовуватися самостійно, так як після інфрачервоного видалення необхідно наносити протижелезний реагент; - фізико-хімічний (рідинно-хімічний), при якому використовуються спеціальні протижелезні реагенти, кваліфікація яких є альтернативним методом забезпечення безпеки та регулярності польотів в умовах наземного обмерзання і спрямована на забезпечення такого стану оброблюваних поверхонь Концепція чистого повітряного судна передбачає, що перед польотом критичні поверхні повітряного судна повинні бути вільні від усіх видів відкладень (іній, сніг, переохолоджений дощ, паморозь, ожеледь і "паливний лід"). На сьогоднішній день в аеропортах цивільної авіації відсутні спеціальні місця для протикригової обробки повітряних суден.

Обробка літаків смуг здійснюється при вході на руліжні доріжки та стоянки. Під час обробки повітряних суден протизамерзаюча рідина потрапляє на штучне покриття, та при умові існування ухилу стікає поза межі рульових смуг та місць стоянок, де надходить до ґрунту та підземні вод. З урахуванням відсутності спеціального майданчика відведенням для протикригової обробки, в наслідок стікання талої рідини відбувається руйнування асфальтобетонного настилу та покриття руліжної доріжки літаками. Також протягом снігопадів формується снігова каша (сукупність снігу та протижелезних речовин), яка розноситься за допомогою коліс спецтехніки по летовищу. Одним серед перспективних шляхів покращення екологічної безпеки щодо використання протизамерзаючої рідини в аеропортах вважається використання системи збору використаних протижелезних реагентів. Організація збору відпрацьованих протижелезних реагентів забезпечить захист довкілля від забруднення отруйними речовинами, зменшить матеріальні та економічні збитки, а також дозволить підвищити екологічність виробництва. Дієвим підходом щодо подолання проблеми збору відпрацьованої протизамерзаючої рідини є будівництво майданчика з утилізації цих речовин. Проектом заплановано виділення спеціальної зони для проведення обробки літаків протикриговими рідинами, обладнаної спеціальним пристроєм для збирання розлитої рідини з метою максимального її утилізації в аеропорту. Завдяки виділенню окремої зони для здійснення обробки буде досягнуто безперешкодний рух літаків порульованих та злітно-посадковій смугах. Оптимальний варіант розташування ділянки обробки літаків, виходячи з розміщення місць паркування, наведених на рисунку 5.1:

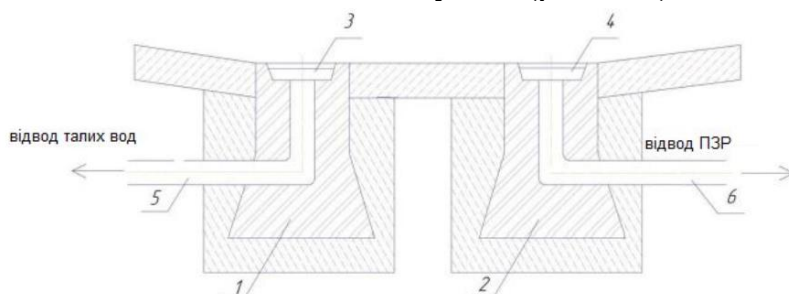


Рисунок 5.1 - Схема ділянки збору протизаморожувальної рідини

Система водовідведення ділянки протизаморожувальної рідини має бути спроектована з урахуванням наведених нижче основних вимог:

- забезпечення дотримання безпеки пересування літаків, що забезпечується правильним плануванням водовідвідних систем в плані та потрібною надійністю їх конструкції;
- досягнення необхідної економічної ефективності розроблених заходів, що досягається впровадженням найбільш дешевих та ефективних заходів з водовідведення майданчика;
- проектування системи водовідведення найкоротшої довжини, із забезпеченням мінімального перетину поверхонь аеродрому;
- гарантування можливості майбутнього розвитку аеродрому без значної реконструкції системи водовідведення

Задля збирання відпрацьованих розлитих рідин з ділянки, проектом передбачено встановлення свердловин із відведенням використаних рідин та талих вод в підземні накопичувачі (рис. 5.2):



1, 2 - колодязь; 3, 4 - затвор; 5 - труба для зливу талих вод; 6 - труба для зливу відпрацьованої ПЗР

Рисунок 5.2– Схема дренажної системи майданчики для обробки ПС ПЗР

Збір відпрацьованих протизамерзаючих рідин при обробці повітряних суден виконується за допомогою конструкції майданчика, зробленої під

кутом ухилу 0,05*, який запобігає розтіканню відпрацьованих протизамерзаючих рідин по перону та передбачає перетікання рідини до центральної частини майданчика, де змонтовані колодязі 1,2 з затвором 3,4, в який встановлена труба 5,6, з'єднана з підземним резервуаром для збору відпрацьованих рідин, а також всіх стічних вод. Отже, проектування та будівництво ділянки з переробки протизамерзаючих рідин є максимально ефективним підходом до реалізації таких завдань: - блокування літаків на смугах для руління; - мінімізація рівня забруднення довкілля та шкідливого впливу на організм тварин, а також людей; - зменшення рівня матеріальних й фінансових втрат; - поліпшення рівня культури виробництва.

Висновки до розділу

Провівши аналіз аспектів обслуговування, що впливають на стан довкілля, можна стверджувати, що застосування спеціальних хімічних рідин, таких як протизаморожувальні рідини, може нанести значну шкоду навколишньому середовищу, а також негативно вплинути на ґрунт та всі корисні речовини, що знаходяться в ньому. Наслідком є забруднення стічних та ґрунтових вод, що спричиняє в свою чергу загрозу забруднення масштабних водних об'єктів, тощо. В результаті застосування пестицидів спостерігається отруєння повітря, що може спричинити погіршення якості кисню в атмосфері, токсичні викиди в повітря, а також негативно відобразитися на здоров'ї працівників аеропорту та його пасажирів

Для уникнення негативних наслідків процесу боротьби з льодоутворенням запропоновано проведення наступних заходів:

1. Облаштування спеціальних майданчиків, а також дренажних мереж, які будуть забезпечувати відведення шкідливих рідин до спеціальних накопичувальних ємностей, які не допускають забруднення токсинами ґрунту та води.
2. Застосування рідин з меншим вмістом шкідливих речовин, які входять до складу сучасних протикригових рідин. Вживання таких протизамерзаючих рідин дозволить звести до мінімуму емісію газів та парів під час протикригової обробки літаків.
3. Перехід від традиційних методів протикригової обробки літаків з використанням протизамерзаючих рідин на впровадження технологій теплового обігріву, які за рахунок ІЧ-випромінювання нагрівають елементи літака

5. ОХОРОНА ПРАЦІ

Вступ

Заходи безпеки при технічному обслуговуванні та ремонті повітряних суден регламентуються: національними та галузевими стандартами Системи стандартів безпеки праці; керівництвами з льотної, технічної експлуатації та ремонту авіаційної техніки; регламентами технічного обслуговування; технологією ремонту; посібниками та інструкціями з охорони праці тощо.

Характерною особливістю експлуатації та ремонту авіаційної техніки є те, що ряд технологічних процесів є спільними для цих технологій (мийка та фарбування деталей, вантажні операції, експлуатація посудин, що працюють під тиском, зварювання, експлуатація електроустановок тощо). Тому класифікація небезпечних і шкідливих виробничих факторів при експлуатації підстанцій є доцільною і для процесів ремонту підстанцій.

5.1. Перелік шкідливих та небезпечних виробничих чинників.

- Літальні апарати, спеціальні транспортні засоби та самохідні механізми, що рухаються;
- вироби, напівфабрикати та матеріали, що рухаються; незахищені рухомі елементи літальних апаратів (елерони, закрилки, спойлери, тримери, шасі, повітряні гвинти, що обертаються, турбіни, спускні трапи тощо), спеціальних транспортних засобів (кабіни для підйому та спуску, люльки, корпуси, сходи, поворотні платформи), механізмів (лебідки для завантаження та розвантаження літальних апаратів, крани) та виробничого обладнання;
- фрагменти, елементи, частини виробничого обладнання, які розкидані;
- авіаційні вироби, інструменти та матеріали, що потрапляють під час технічного обслуговування повітряних суден на літаки, стабілізатори, фюзеляжі при виконанні висотних робіт з використанням механічних підйомників;
- Ударна хвиля (вибух посудин, що працюють під тиском, парів легкозаймистих рідин);

- вихлопні потоки авіаційних двигунів та предмети, що потрапили в них;
- газоподібні та рідкі струмені з посудин і трубопроводів, що працюють під тиском;
- повітрязабірні потоки, що рухаються з великою швидкістю (зона соплового апарату авіаційних двигунів);
- повітряне судно, яке руйнується (від ліфтів або через несправне втягування шасі);
- зруйновані конструкції (сходишки, драбини та інше виробниче обладнання);
- високо розташовані частини літака;
- Підвищене ковзання через обмерзання, намокання і замаслення поверхонь літаків, трапів, драбин і покриттів стоянок, по яких пересуваються працівники;
- підвищена запиленість та забрудненість повітря в зоні обслуговування повітряних суден;
- Підвищення або зниження температури поверхонь, обладнання та матеріалів повітряного судна;
- підвищення або зниження температури, вологості та рухливості повітря в зоні обслуговування повітряного судна;
- підвищений рівень шуму, вібрації, ультра- та інфразвуку;
- підвищений рівень напруги в електричному ланцюзі, який може бути замкнений тілом людини;
- підвищений рівень статичної електрики;
- підвищений рівень лазерного випромінювання в робочій зоні;
- розташування робочого місця на значній висоті відносно поверхні землі (підлоги);

- гострі кромки, задирки та нерівності на поверхні літальних апаратів, обладнання та інструментів;
- відсутність або нестача природного освітлення;
- недостатнє штучне освітлення робочого місця;
- зменшений контраст відмітних об'єктів із фоном;
- підвищена яскравість світла;
- прямі відблиски (освітлення стоянок, фар літаків і спецтехніки) і відбиті відблиски (від пролітої води та інших рідин на поверхню стоянок і зон реєстрації);
- підвищена пульсація світлового потоку;
- підвищений рівень ультрафіолетового та інфрачервоного випромінювання;
- хімічні речовини (токсичні, подразнювальні, сенсibiliзуючі, канцерогенні, мутагенні, речовини, що впливають на репродуктивну функцію), що входять до складу використовуваних матеріалів;
- паливно-мастильні матеріали, спеціальні рідини та отрутохімікати, що потрапляють в організм людини через органи дихання, травний тракт, шкіру і слизові оболонки;
- патогенні мікроорганізми та продукти їхньої життєдіяльності;
- фізичні (статичні та динамічні) і нервово-психічні перевантаження (емоційні, аналізаторні перевантаження).

5.2 Охорона праці при розбиранні-збиранні та механічній обробці

Демонтажні роботи під час ремонту літаків вельми об'ємні і містять у собі більшу частину згаданих вище небезпечних і шкідливих виробничих факторів. Розбиранню літака передують низка дій, які багато в чому гарантують додаткову безпеку робіт: ретельне миття всього літака, очищення паливних баків і систем від залишків пального; установлення

запобіжних пристроїв під відповідними елементами літака для гарантування безпеки під час розбирання шасі тощо.

Демонтаж здійснюється за допомогою різних пристосувань, кваліфіковане використання яких зазвичай гарантує безпечну роботу. Однак травми все ж трапляються через порушення технології розбирання, нехтування правилами техніки безпеки.

Під час розбирання літальних апаратів використовується підйомно-транспортне устаткування, тому персонал, який виконує роботи за їх допомогою, має бути відповідним чином навчений. Під час розбирання повітряних, гідравлічних та інших систем літака необхідно дотримуватися правил безпеки поводження з посудинами і пристроями, що працюють під тиском. Різні слюсарні інструменти повинні бути в справному стані і відповідати типу виконуваних робіт. Після розбирання проводиться ретельне миття та очищення авіаційних вузлів і особливо авіадвигунів у спеціально обладнаних приміщеннях. Дуже важливо, щоб на робочих місцях були створені нормовані метеорологічні умови і щоб вони не містили (або не перевищували гранично допустимих концентрацій) парів і газів отруйних речовин, які використовуються під час цих робіт.

Радикальним методом усунення зазначених виробничих шкідливостей є герметизація мийних ванн і обладнання для очищення деталей літаків і двигунів, а також заміна мийних рідин на нешкідливі та негорючі.

Ультразвук часто використовується під час прання, тому необхідно дотримуватися вимог безпеки роботи в зоні його впливу.

Основним фактором створення безпечної роботи на робочому місці миття та прибирання нині є надійна робота вентиляційних систем. Тому необхідно приділяти постійну і систематичну увагу контролю їхньої роботи. Дотримання правил особистої гігієни працівниками даного виробничого підприємства також відіграє важливу роль у комплексі заходів, що створюють охорону праці.

Попередження аварій під час ремонту літальних апаратів здебільшого зводиться до дотримання профілактичних заходів під час ремонту їхніх конкретних елементів та агрегатів, під час яких виконуються такі роботи, як свердління отворів, шабрування, притирання, шліфування, розгортання отворів, зварювання та паяння, клепаання, механічна обробка деталей,

відновлення деталей, виконуються гальванічні та хімічні покриття, фарбування, перевірка вузлів і корпусів на герметичність та інші роботи.

Особливе місце приділено охороні праці під час роботи на металообробному обладнанні. Тут це забезпечується введенням комплексу заходів за загальноприйнятими правилами техніки безпеки і виробничої гігієни при металообробці. Ці правила регламентують загальні положення, загальні та спеціальні вимоги до металообробного устаткування, ручного інструменту, організації робочого місця і розміщення обладнання.

Основні з них такі:

- машини, преси та інше устаткування повинні бути встановлені на міцних основах або фундаментах, ретельно вирівняні і надійно закріплені;
- робочі місця слюсарів з ремонту обладнуються відповідними шафами, верстатами, стелажми, а також вантажопідйомними пристроями для переміщення важких деталей і агрегатів;
- частини машин і механізмів, що рухаються і здатні завдати травму робітникам, огорожуються відповідними надійними огороженнями;
- працівникам, які працюють на верстатах, що з конструктивних або інших причин не можуть бути оснащені засобами захисту, адміністрація зобов'язана видавати зручні захисні окуляри, що не заважають роботі, і постійно перевіряти їх використання під час роботи на верстатах;
- монтаж і демонтаж деталей, устаткування та інструменту масою понад 16 кг від верстатів, пресів і транспортного устаткування здійснюється за допомогою вантажопідйомних пристроїв і механізмів;
- конструкція всіх пристосувань для кріплення оброблюваних деталей та інструментів повинна забезпечувати їх надійне кріплення і виключати можливість відгвинчування пристосування в процесі роботи;
- особи, які працюють на машинах, що використовують охолодження деталей емульсіями, маслами, скипидаром, гасом, отримують профілактичні мазі, пасти для змащування рук; за рекомендацією медичної установи для цієї категорії працівників обладнується пристрій для попереднього миття рук спеціальними рідинами;

- Машини, що переробляють крихкі матеріали (чавун, латунь, бронза, а також неметалеві матеріали), обладнуються пило- і стружкоуловлювачами, сполученими з груповими або окремими пристроями (сепараторами) для видалення пилу і стружки з місць їх виникнення;
- електричні пристрої та деталі, що перебувають під струмом, повинні бути надійно ізольовані і захищені в корпусі машини або в інших місцях, обладнаних блокувальним пристроєм; сама машина надійно заземлена і оснащена кнопкою аварійної зупинки;
- під час роботи ручним інструментом (зубило, стамеска, керн тощо) робітникам видають захисні окуляри, ручний інструмент повинен бути в справному стані;
- складання матеріалів і деталей (виробів) на робочих місцях здійснюється у спосіб, що забезпечує їх стійкість і зручність для підвішування під час використання вантажопідійомних механізмів;
- застосування стисненого повітря для обдування виробів на робочому місці зазвичай забороняється (допускається в спеціально обладнаних шафах або камерах з місцевою витяжкою);
- для захисту робітників від металевих частинок, що летять (наприклад, під час різання), на металообробних верстатах установлюють суцільні сітки-щити заввишки не менш як 1 м; самі машини повинні мати міцну та міцну конструкцію і бути достатньо стійкими.

5.3 Безпека праці під час ремонту гідросистеми та випробувань планера

Безпека праці під час ремонту та випробувань гідросистем залежить насамперед від суворого дотримання технології ремонту. Слід зазначити, що номінальний тиск мастила в гідросистемах сучасних літаків досягає декількох сотень атмосфер.

Тому перед проведенням будь-яких монтажних-демонтажних робіт з агрегатами системи необхідно знеструмити літак, скинути тиск у гідросистемі та унеможливити витік мастила під час зливу.

Під час розбирання вузлів гідросистеми (наприклад, гідроаккумулятора) необхідно скинути тиск за допомогою спеціального пристрою. Його застосування також необхідне під час демонтажу вузлів системи, окремі елементи яких перебувають під дією пружин у стислому стані, тобто запобігається можливість "вистрілювання" цих елементів (редукційних і запобіжних клапанів тощо).

Випробування цих систем на герметичність і міцність є важливою технологічною операцією, яку проводять у повній відповідності з чинними нормами випробувань посудин, що працюють під тиском. Шум, що виникає під час їхньої роботи, належить до так званого переривчастого шуму, що посилює його подразнювальну дію на працюючих. Наразі на авіаційних підприємствах випробувальні стенди гідроагрегатів і агрегатів систем змащення та палива або обладнуються спеціальними шумозахисними боксами, або ізолюються джерела їх живлення, що значно покращує умови роботи на цих виробничих майданчиках.

Заправка систем SAR стиснутими газами здійснюється з дотриманням особливих заходів безпеки. Переважно це пов'язано з тим, що системи зазвичай працюють під високим тиском із вибухонебезпечними газами, такими як кисень. Суміші деяких газів і речовин, таких як кисень, масло тощо, також є вибухонебезпечними. Основні вимоги безпеки під час заправки авіаційних систем стиснутими газами такі:

- забороняється викручувати зливні пробки або заливні крани з глушників шасі, якщо в них знаходиться азот під тиском;
- під час заправлення коліс, стояків шасі та балонів високого тиску стисненими газами слід використовувати штатне обладнання зі шлангом, манометром і редуктором; заряджання мають здійснювати двоє техніків: один біля клапана балона або зарядного пристрою, а другий - біля заправного порту (клапан балона або зарядного пристрою повинен відчинятися плавно);
- розбирання і складання бандажів коліс шасі проводиться без тиску повітря в колісних камерах з використанням відповідних пристроїв, що забезпечують безпеку цих операцій;

- усі агрегати і машини кисневого і газового господарства оснащені справними і перевіреними контрольно-вимірвальними приладами і запобіжними пристроями;
- усе кисневе і газове обладнання має утримуватися у зразковій чистоті та справності;
- перед заправленням літака повітрям із центральної системи заправлення (ЦЗС) необхідно переконатися в наявності тиску в трубопроводі ЦЗС (тиск не повинен перевищувати робочого тиску, встановленого для системи літака даного типу);
- після заряджання забороняється від'єднувати заправний шланг від автомобіля доти, доки не буде закрито кран на роздавальній стійці системи СКС і не буде скинуто тиск у шлангу;
- перед кожним приєднанням заправних шлангів повітрязаправного пристрою або кисневої станції до транспортного засобу необхідно продути їх струменем газу;
- під час роботи з рідким киснем не допускається потрапляння на тіло людини (температура рідкого кисню за нормального атмосферного тиску - мінус 183 °С), робочі повинні працювати в захисному одязі та захисних окулярах;
- усі роботи з вогнегасними речовинами типу "3,5", "7" або "Хладон 114м" необхідно проводити в протигазі та бавовняному комбінезоні. У разі впливу цих речовин працівник повинен вимитися під гарячим душем і змінити пролитий комбінезон на чистий, у разі появи симптомів отруєння (запаморочення, нудота, головний біль) слід звернутися до лікаря;
- вогнегасники, як правило, повинні викидатися назовні (відкритий простір);
- категорично забороняється випускати вогнегасник з вогнегасника в атмосферу без попереднього надійного закріплення балона в спеціальному пристрої, бо це може призвести до нещасних випадків (під час розряджання вогнегасників, які містять вогнегасники "3.5", "7" або "Хладон 114", під високим тиском виникає реактивна сила, і сил людини не вистачить утримати такий балон у руках).

Під час випробувань планера на герметичність ці вимоги безпеки робіт повинні виконуватися суворо відповідно до регламенту; живлення повинно бути відключено від літака перед випробуванням; пристрої, що реагують на підвищений тиск у кабіні та можуть унаслідок цього вийти з ладу, мають бути вилучені; відповідні елементи системи висоти повинні бути встановлені у потрібному положенні; через перехід та пристрій перевірки герметичності кабіни під'єднати компресор або стаціонарну мережу з тиском 294-490 до 11а до спеціальної арматури висот; через перехід і пристрій перевірки герметичності кабіни під'єднати компресор або стаціонарну мережу з тиском 294-490 к11а до спеціальної арматури висот

З метою безпеки навколо літака зазвичай розміщують спеціальні прапорці, які визначають зону безпеки на випадок аварії. Перебувати в цій зоні під час тесту стороннім особам категорично забороняється. Випробування проводить один з інженерно-технічних працівників, уповноважений на цей вид робіт. Після випробувань тиск у фюзеляжі літака слід довести до норми за допомогою спеціального пристрою, і тільки після цього проводити подальші роботи на літаку.

5.4 Розрахунок системи освітлення робочого приміщення

Рівень освітленості впливає на працездатність та самопочуття. Державні норми це враховують та визначають, яким має бути освітлення приміщень, залежно від їх призначення, а також робочих місць. Відштовхуючись від цих норм, планують освітлення об'єктів, а значить, від них безпосередньо залежить і те, які світильники та скільки лампочок необхідно купити.

З 2019 року діють державні правила природного та штучного освітлення – ГСН В.2.5-28:2018, які позначають вимоги до використання всіх освітлювальних приладів, в т.ч. світлодіодних. У ДБН вказані конкретні показники яскравості:

| Приміщення | Норма, лк |
|---|-----------|
| Вітальня, спальня (підлога); кухня (стіл) | 150 |
| Дитяча кімната (підлога) | 200 |
| Кабінет, бібліотека (стіл) | 300 |
| Коридор, ванна кімната (підлога) | 50 |
| Офіс (стіл) | 300 |
| Класна кімната школи, аудиторія (стіл) | 500 |

Формула наступна:

$$\text{Світловий потік} = \text{Норма освітлення} \cdot \text{Площа} \cdot \text{Коефіцієнт висоти стелі}$$

Коефіцієнт висоти стелі становить:

при висоті від 2,5 м до 2,7 м – 1;

від 2,7 до 3 м – 1,2;

від 3 до 3,5 м – 1,5;

від 3,5 до 4,5 м – 2.

Знайдемо, яка величина світлового потоку необхідна для робочого приміщення площею 300 кв.м з висотою стель 2,5 м: $150 * 300 * 1 = 45000(\text{ЛМ})$

В нашому випадку на будуть застосовані світлодіодні лампочки. Їх потужність = 10 Вт, світловий потік = 750. Отже нам знадобиться 60 світлодіодних лампочок для нормального освітлення робочого приміщення

5.5 Пожежна безпека

Пожежна безпека відділу управління ризиками забезпечується системою протипожежного захисту, системою протипожежного захисту та системою організаційно-технічних заходів.

Несправності та перевантаження електрообладнання;

Основними причинами пожеж і вибухів у відділенні є:

- 1) необережний доступ до вогню (куріння, використання відкритого вогню в заборонених місцях, залишення без нагляду електрообладнання);
- 2) порушення правил пожежної безпеки.

Згідно з НАПБ А.01.001-2014 "Правила пожежної безпеки в Україні", для усунення цих причин необхідне підвищення виробничої дисципліни. У приміщеннях встановлено надійні засоби попередження про небезпеку пожежі та розміщено схеми евакуації. На стелі приміщення встановлюється певна кількість детекторів диму.

У цьому приміщенні в разі пожежі евакуація здійснюється через двері, розташовані в лівій частині коридору, сходами до евакуаційного виходу (рис. 5.1). Як правило, є один головний вихід і кілька аварійних виходів.

Необхідно вибрати найближчий і безпечний вихід



Рис. 5.2 План евакуації з приміщення у випадку пожежі

Висновок до розділу

В цьому розділі розглянуто основні питання охорони праці під час обслуговування авіаційної техніки на актуальному рівні. Зокрема, були виділені й описані основні професійні шкідливі фактори під час обслуговування літаків, а також розроблені заходи щодо зменшення шкідливих факторів на експлуатаційних підприємствах. Протягом написання розділу було наведено варіанти вирішення проблем з охорони та безпеки праці на підприємстві. Аналізуючи питання охорони праці на сучасних авіаційних підприємствах було описано актуальні засоби пожежної безпеки під час роботи з технічного обслуговування, заходи та правила безпеки безпосередньо під час роботи з авіаційною технікою

СПИСОК БІБЛІОГРАФІЧНИХ ПОСИЛАНЬ ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Aeronautics Bulletin No. 7-E: Air commerce regulations covering scheduled operation of interstate passenger air transport services. – Washington, Department of commerce. Aeronautics branch. May 15, 1930.
2. Розподіл Вейбула (електронне джерело)
https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A0%D0%BE%D0%B7%D0%BF%D0%BE%D0%B4%D1%96%D0%BB_%D0%92%D0%B5%D0%B9%D0%B1%D1%83%D0%BB%D0%B0
3. Про затвердження Положення про використання повітряного простору України: Постанова від 29 березня 2002 р. №401. Дата оновлення: 30.07.2012 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/401-2002-%D0%BF/ed20120730/find?text=%C0%E2%B3%E0%F6%B3%FF#Text>;
4. Aviation Maintenance. Understanding MSG-3 , by Charlotte Adams
5. Boeing 737-300/400/500 maintenance planning data, D6-38278. Rev 25.03.2009
6. EASA AMC. Part-M. ED Decision No 2003/19/RM, от 28.11.2003 г.
7. EmpowerMX. “Why Transition to a MSG-3 Based Maintenance Schedule?” by Dave Nakata, VP Consulting Services.
8. Jack Hessburg. Air carrier MRO handbook: maintenance, repair, and overhaul. – 2001.
9. Mohamed Ben-Daya, Salih O.Duffua. Handbook of Maintenance Management and Engineering.
10. Propulsion groups Boeing Service Engineering. Fuel System, Last review 13 July 2009.
11. Special Federal Aviation Regulation. Docket No. FAA-1999-6411, SFAR 88

12. US Department of Transportation. Federal Aviation Administration. Advisory Circular NO: 120-17A, MAINTENANCE CONTROL BY RELIABILITY METHODS, date 27.03.78
13. US Department of Transportation. Federal Aviation Administration. Advisory Circular NO: 121-22A, MAINTENANCE REVIEW BOARD PROCEDURES, date 3.7.97
14. Електронне джерело https://traxxall.com/quick-quote/?campaignid=718343470&adgroupid=37055354306&network=g&creative=575889105733&keyword=aircraft%20maintenance%20program&utm_term=aircraft%20maintenance%20program&utm_campaign=2022+Search_CAPTURE&utm_source=adwords&utm_medium=ppc&hsa_acc=3452569022&hsa_cam=718343470&hsa_grp=37055354306&hsa_ad=575889105733&hsa_src=g&hsa_tgt=kwd296495941170&hsa_kw=aircraft%20maintenance%20program&hsa_mt=b&hsa_net=adwords&hsa_ver=3&gclid=Cj0KCQiAmaibBhCAARIsAKUIaKS8OkZrtoWQ0iVWPkObqoXE5ng6KAYqheq0d7S7IB-V0Gbni8866hsaAkUAEALw_wcB
15. Електронне джерело https://www.researchgate.net/publication/322880317_Development_of_maintenance_program_with_Markov-Simulation_method_in_aviation_industry
16. Електронне джерело <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:990771/FULLTEXT01.pdf>
17. Електронне джерело <https://www.icao.int/MID/Documents/2019/ACAO-ICAO%20Airworthiness/Session%206%20Part%2021%20maintenance%20program%20%20final.pdf>
18. Електронне джерело http://aircraftmonitor.com/uploads/1/5/9/9/15993320/basics_of_aircraft_maintenance_programs_for_financiers_v1.pdf

19. Електронне джерело
https://www.easa.europa.eu/sites/default/files/dfu/EASA%20CM-MRB-001%20Issue%2002%206_Nov_2019.pdf
20. Електронне джерело <https://www.skybrary.aero/articles/maintenance-programme>
21. Електронне джерело <https://www.semanticscholar.org/paper/An-overview-of-trends-in-aircraft-maintenance-%3A-and-Ahmadi-Söderholm/50226b6e7576abc42bfabc498a753fd99e1094e2>
22. Електронне джерело
https://www.carc.gov.jo/images/AWS/Guidance_ProcedureAWS_32.pdf
23. ІКАО Додаток 19 "Управління безпекою польотів", 2013;
24. ДЕРЖАВНИЙ КОМІТЕТ УКРАЇНИ ПО НАГЛЯДУ ЗА ОХОРОНОЮ ПРАЦІ <https://zakon.isu.net.ua/>
25. ГОСТ 12.1.007-76 і 12.1.005-88. згідно з постановою Кабінету Міністрів України від 21.09.2011 р. N 990)
<https://ips.ligazakon.net/document/КР020956?an=71>
26. ДЕРЖАВНА АВІАЦІЙНА СЛУЖБА УКРАЇНИ НАКАЗ 29.10.2013 № 817 'Про затвердження контрольних переліків питань щодо здійснення перевірок авіаційних підприємств цивільної авіації України'
контрольний перелік питань щодо антикригового оброблення повітряних суден
27. P&W. Piper, Yest superoxide dismutase mutants revel apro-oxidant action of weak organic acid food Free Radic 1999year
28. 24. Закон України "Про охорону праці". Затверджено Постановою Верховної Ради України від 14.10.92 № 2695-ХІІ.