



НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНИЙ
КОМПЛЕКС
навчальної дисципліни
«Основні етапи життєвого циклу
та менеджмент об'єктів авіоніки»

Шифр
документа

СМЯ НАУ
РНП 22.01.05-01-2017

Стор. 1 з 61

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ АЕРОНАВІГАЦІЇ, ЕЛЕКТРОНІКИ
ТА ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙ
КАФЕДРА АВІОНІКИ

ПРАКТИКУМ

з дисципліни «Основні етапи життєвого циклу та менеджмент
об'єктів авіоніки»
за напрямом (спеціальністю) 173 «Авіоніка»

Укладач: д.т.н., професор О.О. Писарчук

Конспект лекцій розглянутий та
схвалений на засіданні кафедри авіоніки

Протокол № ____ від «__» ____ 20__ р.

Завідувач кафедри авіоніки

_____ С.В. Павлова



Практичне заняття № 1

Тема практичного заняття:

ЗМІСТ ТА ХАРАКТЕРИСТИКА ОСНОВНИХ ЕТАПІВ ЖИТТЄВОГО ЦИКЛУ АВІАЦІЙНОЇ ТЕХНІКИ

План практичного заняття

1. Загальна характеристика основних етапів життєвого циклу авіаційної техніки.
2. Вартість життєвого циклу авіаційної техніки.

Література

1. Орлов О.В. Керування процесами технічного обслуговування авіаційної техніки: навч. Посібник. – К.: НАУ, 2001. – 108 с.
2. Павлов В.В., Скрипець А.В. Эргономические вопросы создания и эксплуатации авиационных электрофицированных и пилотажно-навигационных комплексов воздушных судов: учебное пособие. – К.: КМУГА, 2000. – 460с.
3. Тамаргазін О.А. Системи технічного обслуговування пасажирських літаків.: Монографія. – К.: КМУЦА, 2000. – 268с.
4. Писарчук О.О. Методологічні основи наукових досліджень. Математичне моделювання та оптимізація складних систем. І.Г. Грабар, О.О. Писарчук та ін. Навчальний посібник. – Житомир: ЖВІ ДУТ, 2015. – 680 с.
5. Техническая эксплуатация авиационного оборудования: Учебник для вузов / В.Г. Воробьев, В.Д.Константинов, В.Г.Денисов и др. М.: Транспорт, 1990. – 296с.
6. Клочков В.В. CALS-технологии в авиационной промышленности: организационно-экономические аспекты. Монография. – М.: Византи . – 2005, 120 с.



Зміст практичного заняття

ПИТАННЯ 2 Загальна характеристика основних етапів життєвого циклу авіаційної техніки.

Завдання 1.

Назвати склад, провести аналіз змісту основних етапів технічних виробів.

Завдання 2.

Висвітлити часову діаграму основних етапів авіаційної техніки. Пояснити співвідношення основних етапів.

Завдання 3.

Провести аналіз відповідності основних етапів життєвого циклу технічних виробів загалом та авіаційної техніки зокрема.

ПИТАННЯ 3. Вартість життєвого циклу авіаційної техніки.

Завдання 1.

1. Створити часову економічну модель етапів життєвого циклу систем та комплексів авіоніки.
2. Сформулювати пропозиції для оптимізації тривалості та вартості етапів життєвого циклу авіоніки.
3. Провести аналіз сформованих пропозицій та зробити висновки.

Висновки.

1. Процеси проектування, розробки, виготовлення, експлуатації і обслуговування та утилізації складають комплекс етапів життєвого циклу технічних виробів. Усі вони є справедливими до систем та комплексів зокрема і для авіаційної техніки загалом.
2. Вартісні характеристики авіаційної техніки за усіма етапами її життєвих циклів формують ієрархічну багаторівневу деревовидну структуру. Конкретика ціни ЖЦ авіаційної техніки визначається типом літака і порядком його експлуатації та обслуговування.



Змістписьмового контролю.

Варіант 1

1. Дати визначення поняття: етапи життєвого циклу виробів.
2. Перелік етапів життєвого циклу технічних систем.

Варіант 2

1. Часова діаграма етапів життєвого циклу авіаційної техніки.
2. Розкрити зміст етапу «дослідження та обґрунтування розробки».

Варіант 3

1. Розкрити зміст етапу «розробка».
2. Перелік етапів життєвого циклу технічних систем.

Варіант 4

1. Розкрити зміст етапу «розробка».
2. Перелік етапів життєвого циклу технічних систем.

Варіант 5

1. Розкрити зміст етапу «експлуатація».
2. Перелік етапів життєвого циклу технічних систем.

Варіант 6

1. Часова діаграма етапів життєвого циклу авіаційної техніки.
2. Розкрити зміст етапу «капітальний ремонт».

Варіант 7

1. Часова діаграма етапів життєвого циклу авіаційної техніки.
2. Вартість ціни життєвого циклу.

Варіант 8

1. Дати визначення поняття: етапи життєвого циклу виробів.
2. Перелік етапів життєвого циклу технічних систем.



Варіант 9

1. Часова діаграма етапів життєвого циклу авіаційної техніки.
2. Розкрити зміст етапу «дослідження та обґрунтування розробки».

Варіант 10

1. Розкрити зміст етапу «розробка».
2. Перелік етапів життєвого циклу технічних систем.

Варіант 11

1. Розкрити зміст етапу «розробка».
2. Перелік етапів життєвого циклу технічних систем.

Варіант 12

1. Розкрити зміст етапу «експлуатація».
2. Перелік етапів життєвого циклу технічних систем.

Варіант 13

1. Часова діаграма етапів життєвого циклу авіаційної техніки.
2. Розкрити зміст етапу «капітальний ремонт».

Варіант 14

1. Часова діаграма етапів життєвого циклу авіаційної техніки.
2. Вартість ціни життєвого циклу.



Додатковий матеріал

Поняття життєвого циклу виробу.

Весь період часу від задуму розробки технічного виробу (зразка) до моменту зняття з експлуатації останнього екземпляра цього зразка складає **життєвий цикл**.

Життєвому циклу передуює етап планування розвитку галузі техніки, до якої належить виріб даного типу. Основою цього планування є програмно-цільовий метод, за якого реалізація планів (програм) забезпечує досягнення заздалегідь визначеної мети при виділених для цього матеріальних і фінансових ресурсах.

Життєвий цикл виробу – це сукупність взаємопов'язаних процесів подальшої зміни стану виробу конкретного типу від початку дослідження і обґрунтування розробки до закінчення експлуатації виробу.

Залежно від характеру організаційно-технічних заходів, що проводяться, і змісту процесів зміни стану виробів для типового життєвого циклу виділяють стадії (рис. 1):

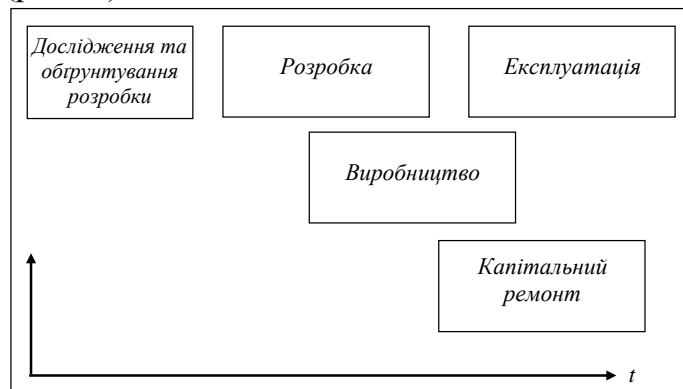


Рис. 1. Стадії життєвого циклу

дослідження й обґрунтування розробки виробу;
розробка виробу;
виробництво виробу;
експлуатація виробу;
капітальний ремонт (тільки для капітально ремонттованих виробів).

Типовий зміст процесів зміни стану виробів для різних стадій життєвого циклу може бути представлено таким чином.

1. Стадія «Дослідження і обґрунтування розробки»:

формування рівня якості виробів, що відповідає сучасним досягненням науково-технічного прогресу;

дослідження принципів і шляхів обґрунтування можливості та доцільності створення виробів.

2. Стадія «Розробка»:



розробка робочої конструкторської документації (РКД), технологічної документації (ТД) для виготовлення і випробувань дослідного (головного) зразка (дослідної партії);

виготовлення дослідного зразка виробу;

проведення попередніх і приймальних (державних, міжвідомчих) випробувань;

коректування РКД, ТД та доопрацювання дослідного зразка виробу за результатами приймальних випробувань;

затвердження РКД і ТД для організації серійного (масового) виробництва і виготовлення виробів (установочної серії).

3. Стадія «Виробництво»:

організація промислового виготовлення виробів на виробничому об'єднанні або промислового підприємстві, їх виготовлення відповідно до планових завдань і з рівнем якості, сформованим на стадії «Розробка», а також підвищення якості виробів на основі досвіду експлуатації та шляхом покращення і вдосконалення технології виробництва та конструкції виробів при дотриманні встановлених тактико-економічних показників.

4. Стадія «Експлуатація виробів»:

введення (приймання) в експлуатацію виробів, що надійшли після виготовлення або ремонту, а також виробів, які пройшли збірку та налагодження і (або) будівництво, монтаж і налагодження і пред'явницькі випробування на місці їх експлуатації;

приведення виробів у встановлений ступінь готовності до застосування за призначенням, що забезпечує переведення в стан для подальших дій;

підтримка виробів у встановленому ступені готовності до застосування за призначенням протягом встановлених термінів;

застосування виробів за призначенням відповідно до їх функціонального призначення;

зберігання виробів у заданому стані і забезпечення збереження протягом встановлених термінів;

перевезення або переміщення виробів із використанням транспортних засобів.

5. Стадія «Капітальний ремонт»:

розробка робочих конструкторських документів, призначених для підготовки ремонтного виробництва, ремонту і контролю виробів після ремонту;

організація капітального ремонтного виробництва виробів на ремонтному підприємстві замовника і (або) промисловості, відновлення рівня якості виробів, їх ТХ і параметрів, що змінюються в ході експлуатації та визначають можливість використання виробів за призначенням;



забезпечення відповідності відремонтованих виробів технічним вимогам, показникам і нормам, встановленим у ремонтних документах;
забезпечення міжремонтних термінів (ресурсів) відремонтованих виробів.

Етапи життєвого циклу авіаційної техніки.

Життєві цикли авіаційної техніки деталізуються в межах класичних етапів наступним змістом:

- фундаментальні та пошукові дослідження;
- маркетинг і зовнішнє проектування;
- робоче проектування;
- виготовлення зразків, випробування та доопрацювання;
- технологічна підготовка виробництва (ТПП);
- серійне виробництво;
- експлуатація і післяпродажне обслуговування;
- утилізація.

Ці етапи можуть частково перетинатись. Також ЖЦ одного покоління виробів може переходити в ЖЦ наступного покоління, і т.д. Схематично структура ЖЦ авіатехніки представлена на рис 2.

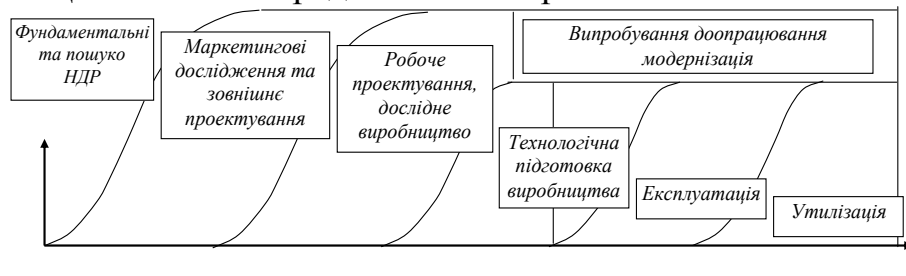


Рис. 2. Життєвий цикл авіаційної техніки

Вартість ЖЦ

У вартість життєвого циклу включають собівартість всіх учасників ЖЦ авіоніки. Також в неї входять прибуток розробників, виробників авіатехніки, а також виконавців технічного обслуговування і ремонту.

У загальному випадку ВЖЦ може бути представлена в наступному вигляді:

$$С_{ЖЦ} = С_{НДІДКР} + С_{ТПВ} + С_{вир} + П + С_{експ} + С_{утил} \quad (1)$$

де $С_{НДІДКР}$ – витрати затрат на НДІДКР (включаючи і вартість фундаментальних і пошукових НДР, результати яких необхідні для створення нових поколінь авіоніки);



$C_{ТПВ}$ – витрати на технологічну підготовку серійного виробництва виробів (ТПВ), включаючи будівництво виробничих потужностей, придбання устаткування, і т.п.;

$C_{вир}$ – витрати на серійне виробництво виробів даного типу за весь ЖЦВ;

P – прибуток розробників і виробників;

$C_{експ}$, $C_{утил}$ – витрати на експлуатацію і подальшу утилізацію усіх випущених виробів даного типу.

Розподіл витрат за ЖЦВ.

Витрати на НДРДКР несе розробник виробу, витрати на ТПВ і серійному виробництві – виробник, а експлуатаційні витрати – організація, що експлуатує авіаційну техніку.

Що стосується утилізації, то вона може відноситися до сфери відповідальності установи, що експлуатує, або виробника. Але утилізацією авіатехніки можуть займатися і незалежні підприємства, що відносяться до інших галузей, перш за все до металургії і до машинобудування. Як правило, утилізація авіатехніки, при раціональній організації процесу експлуатації не стільки вимагає витрат, скільки приносить дохід.

ПИТАННЯ 4. Специфіка витрат розробників і виробників авіаційної техніки.

Специфіка витрат розробників і виробників.

Розрахунок витрат на розробку здійснюється за виразом:

$$C_{НДДКР} + C_{ТПВ} = FC. \quad (2)$$

Витрати на НДДКР і ТПВ відносяться до *постійних витрат* розробників і виробників авіатехніки, тобто, практично не залежать від об'єму випуску тобто.

Витрати на виробництва авіоніки відносяться до змінних витрат і включає

$$C_{вир} = C_{матер} \cdot Q + \sum_{q=1}^Q C_{працq} \quad (3)$$

де $C_{матер}$, $C_{прац}$ – витрати на матеріали та оплату праці відповідно; Q – сумарний обсяг випуску зразка за увесь його життєвий цикл.

Тож сумарні витрати розробників та виробників авіоніки за увесь етап життєвого циклу авіаційної техніки становитиме:

$$TC = FC + C_{вир} = C_{НДДКР} + C_{ТПВ} C_{матер} \cdot Q + \sum_{q=1}^Q C_{працq} \cdot \quad (4)$$



Специфіка витрат на стадії експлуатації.

Витрат на етапі експлуатації визначається специфікою зразка, країни де здійснюється експлуатація і призначення повітряного судна. Узагальнено витрати на експлуатацію визначаються виразом:

$$C_{експл} = C_{ПММ} + C_{ТО} + C_{ін}. \quad (5)$$

де $C_{ПММ}$ витрати на паливно-мастильні матеріали; $C_{ТО}$ – витрати на технічне обслуговування літака та його авіоніки; $C_{ін}$ – інші витрати, що включають оплату праці, мита, обов'язкові сплати тощо.



Практичне заняття № 2

Тема практичного заняття:

РЕАЛІЗАЦІЯ ПРОЦЕСІВ ФУНДАМЕНТАЛЬНИХ ТА ПОШУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ, МАРКЕТИНГУ І ЗОВНІШНЬОГО ПРОЕКТУВАННЯ ЖЦАТ

План практичного заняття

1. Розробка ТЗ на НДР.
2. Розробка ТЗ на ДКР.

Література

1. Орлов О.В. Керування процесами технічного обслуговування авіаційної техніки: навч. Посібник. – К.: НАУ, 2001. – 108 с.
2. Павлов В.В., Скрипець А.В. Эргономические вопросы создания и эксплуатации авиационных электрофицированных и пилотажно-навигационных комплексов воздушных судов: учебное пособие. – К.: КМУГА, 2000. – 460с.
3. Тамаргазін О.А. Системи технічного обслуговування пасажирських літаків.: Монографія. – К.: КМУЦА, 2000. – 268с.
4. Писарчук О.О. Методологічні основи наукових досліджень. Математичне моделювання та оптимізація складних систем. І.Г. Грабар, О.О. Писарчук та ін. Навчальний посібник. – Житомир: ЖВІ ДУТ, 2015. – 680 с.
5. Техническая эксплуатация авиационного оборудования: Учебник для вузов / В.Г. Воробьев, В.Д.Константинов, В.Г.Денисов и др. М.: Транспорт, 1990. – 296с.
6. Клочков В.В. CALS-технологии в авиационной промышленности: организационно-экономические аспекты. Монография. – М.: Византи . – 2005, 120 с.

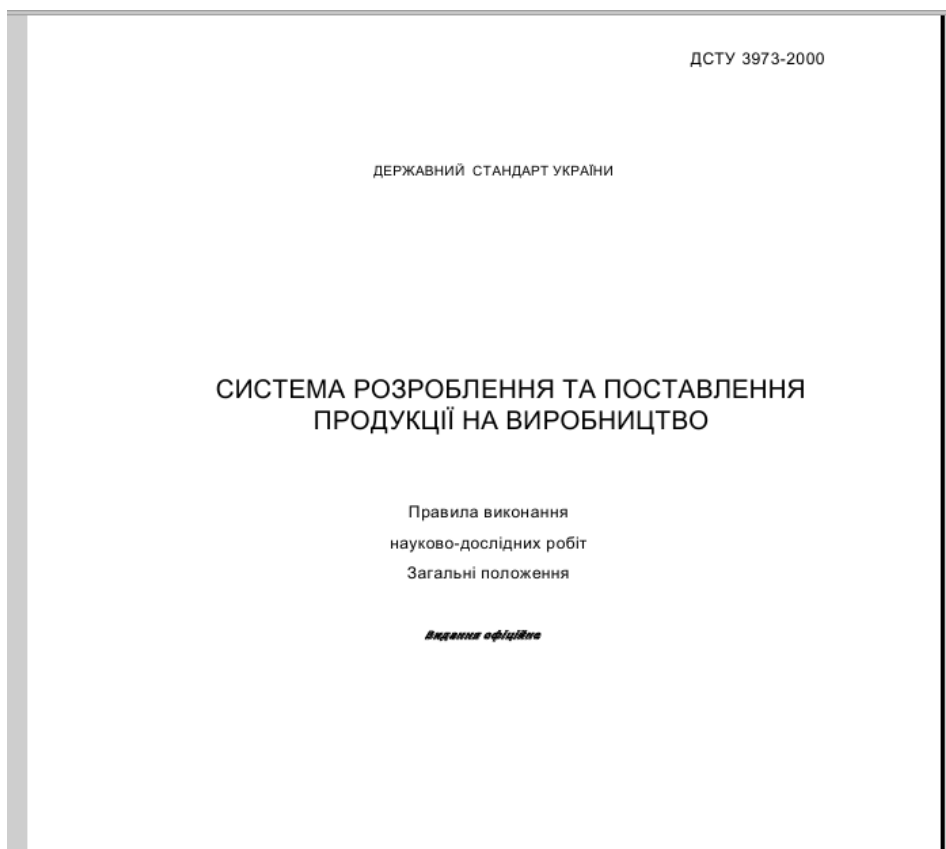


Зміст практичного заняття

ПИТАННЯ 1 Розробка ТЗ на НДР.

Завдання 1.

Розробити технічне завдання на проведення науково-дослідної роботи в межах тематики магістерської роботи.



ПИТАННЯ 2. Розробка ТЗ на ДКР.

Завдання 2.

Розробити технічне завдання на проведення дослідно-конструкторської роботи в межах тематики магістерської роботи.



НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНИЙ
КОМПЛЕКС
навчальної дисципліни
«Основні етапи життєвого циклу
та менеджмент об'єктів авіоніки»

Шифр
документа

СМЯ НАУ
РНП 22.01.05-01-2017

Стор. 13 з 61

ДСТУ 3974-2000

ДЕРЖАВНИЙ СТАНДАРТ УКРАЇНИ

**СИСТЕМА РОЗРОБЛЕННЯ ТА ПОСТАВЛЕННЯ
ПРОДУКЦІЇ НА ВИРОБНИЦТВО**

Правила виконання дослідно-конструкторських робіт

Загальні положення
Видання офіційне



Практичне заняття № 3

Тема практичного заняття:

ІНФОРМАЦІЙНА ПІДТРИМКА ЕТАПІВ ЖИТТЄВИХ ЦИКЛІВ АВІАЦІЙНОЇ ТЕХНІКИ

План практичного заняття

1. Реалізація процесу інформаційної підтримки етапів життєвих циклів авіаційної техніки.

Література

1. Орлов О.В. Керування процесами технічного обслуговування авіаційної техніки: навч. Посібник. – К.: НАУ, 2001. – 108 с.

2. Павлов В.В., Скрипечь А.В. Эргономические вопросы создания и эксплуатации авиационных электрофицированных и пилотажно-навигационных комплексов воздушных судов: учебное пособие. – К.: КМУГА, 2000. – 460с.

3. Тамаргазін О.А. Системи технічного обслуговування пасажирських літаків.: Монографія. – К.: КМУЦА, 2000. – 268с.

4. Писарчук О.О. Методологічні основи наукових досліджень. Математичне моделювання та оптимізація складних систем. І.Г. Грабар, О.О. Писарчук та ін. Навчальний посібник. – Житомир: ЖВІ ДУТ, 2015. – 680 с.

5. Техническая эксплуатация авиационного оборудования: Учебник для вузов / В.Г. Воробьев, В.Д. Константинов, В.Г. Денисов и др. М.: Транспорт, 1990. – 296с.

6. Клочков В.В. CALS-технологии в авиационной промышленности: организационно-экономические аспекты. Монография. – М.: Византи . – 2005, 120 с.



Зміст практичного заняття

ПИТАННЯ 1 Реалізація процесу інформаційної підтримки етапів життєвих циклів авіаційної техніки.

Завдання 1.

Визначити призначення, встановити функції, розробити структуру автоматизованої інформаційної системи підтримки етапів життєвих циклів авіаційної техніки для конкретного етапу.

Етап життєвого циклу, що підлягає інформаційної підтримки обрати самостійно.

Результати розробки оформити у вигляді звіту за вимогами ДСТУ 3008-95. ДОКУМЕНТАЦІЯ. ЗВІТИ У СФЕРІ НАУКИ І ТЕХНІКИ. Структура і правила оформлення (додається).

ДСТУ 3008-95
ДОКУМЕНТАЦІЯ.
ЗВІТИ У СФЕРІ НАУКИ І ТЕХНІКИ
Структура і правила оформлення



Практичне заняття № 4

Тема практичного заняття:

ВПРОВАДЖЕННЯ CALS ТЕХНОЛОГІЙ НА ЕТАПАХ ЖИТТЄВОГО ЦИКЛУ

План практичного заняття

1. Впровадження CALS технологій на етапах життєвого циклу.

Література

1. Орлов О.В. Керування процесами технічного обслуговування авіаційної техніки: навч. Посібник. – К.: НАУ, 2001. – 108 с.
2. Павлов В.В., Скрипець А.В. Эргономические вопросы создания и эксплуатации авиационных электрофицированных и пилотажно-навигационных комплексов воздушных судов: учебное пособие. – К.: КМУГА, 2000. – 460с.
3. Тамаргазін О.А. Системи технічного обслуговування пасажирських літаків.: Монографія. – К.: КМУЦА, 2000. – 268с.
4. Писарчук О.О. Методологічні основи наукових досліджень. Математичне моделювання та оптимізація складних систем. І.Г. Грабар, О.О. Писарчук та ін. Навчальний посібник. – Житомир: ЖВІ ДУТ, 2015. – 680 с.
5. Техническая эксплуатация авиационного оборудования: Учебник для вузов / В.Г. Воробьев, В.Д.Константинов, В.Г.Денисов и др. М.: Транспорт, 1990. – 296с.
6. Ключков В.В. CALS-технологии в авиационной промышленности: организационно-экономические аспекты. Монография. – М.: Византи . – 2005, 120 с.



Зміст практичного заняття

ПИТАННЯ 1 Реалізація процесу інформаційної підтримки етапів життєвих циклів авіаційної техніки.

Завдання 1.

Розробити структуру, вказати призначення елементів СППР CALS супроводження етапу експлуатації авіаційної техніки.

Для розв'язання поставленої задачі використовувати матеріал Л4 та додаткову літературу, що додається.

Результати розробки оформити у вигляді звіту за вимогами ДСТУ 3008-95. ДОКУМЕНТАЦІЯ. ЗВІТИ У СФЕРІ НАУКИ І ТЕХНІКИ. Структура і правила оформлення (додається).

ДСТУ 3008-95
ДОКУМЕНТАЦІЯ.
ЗВІТИ У СФЕРІ НАУКИ І ТЕХНІКИ
Структура і правила оформлення



Практичне заняття № 5

Тема практичного заняття:

ПРАКТИЧНИЙ ЗМІСТ ОКРЕМИХ ЕТАПІВ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ У СИСТЕМІ ДЕРЖАВНОГО РЕГУЛЮВАННЯ ПІДТРИМАННЯ ЛЬОТНОЇ ПРИДАТНОСТІ ПОВІТРЯНИХ СУДЕН

План практичного заняття

1. Практичний зміст окремих етапів технічного обслуговування ПС.
2. Призначення, задачі та основні функції інженерно-авіаційної служби цивільної авіації.

Література

1. Орлов О.В. Керування процесами технічного обслуговування авіаційної техніки: навч. Посібник. – К.: НАУ, 2001. – 108 с.
2. Павлов В.В., Скрипець А.В. Эргономические вопросы создания и эксплуатации авиационных электрофицированных и пилотажно-навигационных комплексов воздушных судов: учебное пособие. – К.: КМУГА, 2000. – 460с.
3. Тамаргазін О.А. Системи технічного обслуговування пасажирських літаків.: Монографія. – К.: КМУЦА, 2000. – 268с.
4. Писарчук О.О. Методологічні основи наукових досліджень. Математичне моделювання та оптимізація складних систем. І.Г. Грабар, О.О. Писарчук та ін. Навчальний посібник. – Житомир: ЖВІ ДУТ, 2015. – 680 с.
5. Техническая эксплуатация авиационного оборудования: Учебник для вузов / В.Г. Воробьев, В.Д.Константинов, В.Г.Денисов и др. М.: Транспорт, 1990. – 296с.
6. Клочков В.В. CALS-технологии в авиационной промышленности: организационно-экономические аспекты. Монография. – М.: Византи . – 2005, 120 с.



Зміст практичного заняття

ПИТАННЯ 1 Практичний зміст окремих етапів технічного обслуговування ПС.

Види і форми технічного обслуговування авіатехніки

Роботи з технічного обслуговування відрізняються обсягом, складністю, потрібним часом, періодичністю, місцем проведення, призначенням.

В цивільній авіації застосовують два види технічних обслуговувань: основні й особливі. До основних належать оперативне й періодичне технічне обслуговування, а до особливих - сезонне, спеціальне і технічне обслуговування при зберіганні.

Оперативне технічне обслуговування

Основне призначення оперативного ТО - підготовка повітряного судна до польоту, а у випадку виявлення несправностей - їх знаходження і усунення. Цей вид технічного обслуговування характеризується відносно малою трудомісткістю робіт, які виконуються після прильоту і перед вильотом повітряного судна.

Основні форми оперативного ТО: зустріч повітряного судна, забезпечення його стоянки, огляд і обслуговування, забезпечення вильоту.

Зразу ж після посадки повітряного судна виконуються *роботи з зустрічі*, які включають до свого складу: отримання від екіпажу інформації про стан повітряного судна та його бортових систем, їх поведінку в польоті з перевіркою запису в бортовому журналі, зовнішній огляд повітряного судна, підключення до бортмережі наземного джерела живлення.

Роботи з забезпечення стоянки повітряного судна виконуються під час стоянки при передачі повітряного судна від екіпажу до інженерно-авіаційної служби, якщо тривалість стоянки до наступного вильоту перевищує п'ять годин. Крім робіт, які виконуються з зустрічі повітряного судна, здійснюють приймання його від екіпажу, встановлюють всі вимикачі, важелі керування та реостати в положення "виключено", відключають наземне джерело електричної енергії, при низькій температурі повітря ($- 25^{\circ} \text{C}$ і нижче) знімають з борту і переносять в тепле приміщення акумуляторні батареї, зачохлюють приймачі повітряного тиску і встановлюють на них залушки, встановлюють захисні заглушки на повітрозабирачах та ін.

Роботи з огляду і обслуговування мають декілька форм. Для певних типів літаків регламентами ТО передбачено виконання форм: А1 (або А - транзитної), А2 (або А - базової), Б (базової).

Роботи за формою А1 виконують у кожному транзитному і кінцевому аеропортах зразу ж після посадки літака і виконання робіт з зустрічі; після



контрольно-випробувального польоту (обльоту); перед вильотом після проведення періодичного ТО; при чергових заправках літака паливом під час навчально-тренувальних польотів; перед вильотом, якщо літак не літав після будь-якої форми ТО більше 12...24 год (в залежності від типу літака).

Форма А1 передбачає усунення виявлених як в польоті, так і на землі відмов і несправностей, перевірку відновлених або заміненних систем, вузлів та агрегатів на працездатність, перевірку працездатності окремих вузлів і систем згідно з регламентом ТО.

Роботи з огляду і обслуговування за формою А2 виконуються в базовому аеропорту після кожної посадки рейсового літака, якщо не потрібно виконувати більш складну форму ТО; в кінці льотного дня після навчально-тренувальних польотів; перед вильотом, якщо літак не літав після будь-якої форми ТО від 12...24 год до 15 діб (в залежності від типу літака).

Призначення форми А2 те ж саме, що і форми А1, але дещо в більшому обсязі, який визначає регламент ТО.

Між трудомісткостями (в люд-год) форм А2 і А1 існує така залежність

$$T(A2) = T(A1) + AT(A2),$$

де: $T(A2)$; $T(A1)$ - трудомісткості (обсяги) робіт за формами А2 і А1 відповідно;

$AT(A2)$ - додаткова трудомісткість робіт за формою А2.

Після виконання робіт за формою А2 забезпечується готовність літака до польоту протягом 12 год.

Роботи з огляду і обслуговування за формою Б виконують в базовому аеропорту через 5-15 льотних діб (в залежності від типу повітряного судна), причому кількість діб може бути збільшена, якщо літак не літав кожної доби. Наприклад, на літаку Ту-154 роботи за формою Б виконуються через кожні 10 ± 2 діб, цей термін може бути збільшений, але не повинен перевищувати 15 діб. Роботи за формою Б виконують також в тих випадках, коли тривалість між попереднім польотом і наступним вильотом становить від 16 до 30 діб. Форма Б включає до свого складу всі роботи, які виконуються за формою А2, а також додаткові роботи, передбачені регламентом технічного обслуговування:

$T(B) = T(A2) + A T(B)$, де: $T(B)$ і $T(A2)$ - трудомісткості робіт за формами Б і А2 відповідно; $AT(B)$ - додаткова трудомісткість робіт за формою Б.

Роботи з забезпечення вильоту виконуються безпосередньо перед вильотом літака (незалежно від того, які форми з огляду і обслуговування А1, А2 або Б виконувалися), а також повторно - після затримки вильоту більше 1 год. Ці роботи включають до свого складу: підключення аеродромних джерел електроенергії до бортової електромережі літака, розчохлювання (при необхідності), видалення снігу й льоду з поверхні



літака, встановлення акумуляторних батарей, перевірку сигналізації положення замків дверей, люків та їх засувки, кондиціонування повітря в кабіні і салонах літака, відключення аеродромних джерел живлення тощо. Після зливи, курної бурі, снігопаду, а також після видалення з поверхні літака льоду й снігу перевіряють працездатність анероїдноембранних приладів від приймачів повного і статичного тиску.

Після посадки пасажирів і завантаження літака здають літак екіпажу під розписку в бортовому журналі літака і карті-наряді на оперативне технічне обслуговування. Після цього від'єднують трос заземлення, прибирають колодки з-під коліс, буксують літак на місце запуску авіадвигунів, оглядають його за встановленим маршрутом, щоб впевнитися в тому, що зняті всі заглушки і чохла, надійно зачинені двері і люки. Підключають наземне джерело живлення, встановлюють зв'язок з кабіною екіпажу (за допомогою переговорного пристрою) для контролю запуску авіаційних двигунів на землі, а після їх запуску відключають наземне джерело живлення і переговорний пристрій.

У нових регламентах технічного обслуговування деяких літаків оперативне ТО передбачає виконання робіт за такими формами: *A* - роботи з зустрічі; *B*, *B*, *Г* - роботи з огляду і обслуговування; *Д*, *Е* - роботи з забезпечення вильоту; *Ж* - роботи з забезпечення стоянки (на деяких літаках форма *Д* - з забезпечення вильоту, форма *Е* - з забезпечення стоянки, форма *Ж* - відсутня).

Роботи за формою *A* виконуються безпосередньо після кожної посадки літака.

Роботи з огляду і обслуговування виконуються за формами:

B - перед польотом, якщо не потрібно виконувати більш складну форму ТО; перед вильотом після виконання періодичного ТО; в процесі навчально-тренувальних польотів під час заправки літака паливом;

B - один раз на добу після польоту при виконанні 1...5 технічних обслуговувань за формою *B* (переважно в базовому аеропорту і в залежності від умов та специфіки експлуатації літака); після проведення спеціального ТО; при підготовці літака до польоту у випадку простою протягом 1...15 діб; в кінці кожного льотного дня при навчально-тренувальних польотах;

Г - в базовому аеропорту при навчально-тренувальних польотах після 50 ± 10 посадок; один раз за період *M* (в добах) регулярної експлуатації літака (при виконанні хоча б одного польоту за добу), якщо за часом польоту не потрібно виконувати наступне періодичне ТО.

Період

$$M = N + K,$$

де *N* - встановлена для даного типу літака періодичність виконання форми *Г* (в добах);



K - допуск на зміну періодичності виконання форми.

Час *M* на виконання форми *Г* може бути збільшений на кількість нельотних діб, але не повинен перевищувати $1,5 N$ діб [16].

Роботи з забезпечення вильоту виконуються за формами:

Д - безпосередньо перед вильотом, якщо тривалість стоянки літака не перевищує 2 год (незалежно від виконаної форми з огляду і обслуговування);

Е - безпосередньо перед вильотом, якщо тривалість стоянки літака перевищує 2 год.

Роботи по забезпеченню вильоту за формою *Ж* виконуються при передачі літака на авіаційно-технічну базу, якщо тривалість його стоянки перевищує 2 год, а також при переміщенні літака на іншу стоянку.

У тих регламентах ТО, в яких відсутня форма *Ж*, форма *Е* виконується при передачі літака на авіаційно-технічну базу на технічне обслуговування або збереження, якщо тривалість стоянки перевищує 2 год.

Таким чином, підготовка літака до польоту забезпечується шляхом виконання комплексу оперативних форм ТО (рис. 2.1).

Паралельне включення форм *Б*, *В*, *Г* і *Д* *Е* означає, що в кожному конкретному випадку виконується тільки одна з паралельних форм. Наприклад, для якогось конкретного випадку оперативне ТО може формуватися з форм *А-В-Е*. Обсяг робіт, які виконуються за формою *В*, перевищує обсяг робіт за формою *Б* і містить роботи, які виконують за формою *Б*:

$T(V) = T(B) + LT(V)$, де: $T(V)$ і $T(B)$ - трудомісткості (обсяги) виконання робіт за формами *В* і *Б* відповідно; додаткова трудомісткість робіт за формою *В*.

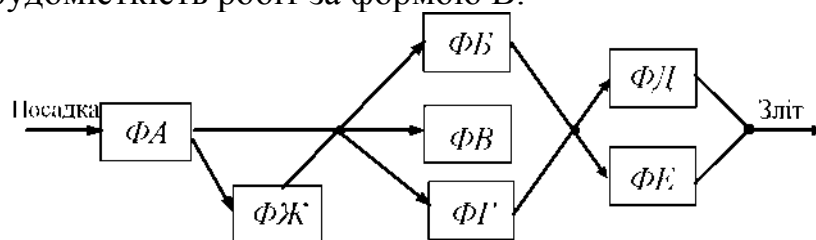


Рис. 2.1. Схема формування комплексу оперативних форм ТО
Аналогічно:

$$T(G) = T(B) + LT(G);$$

$$T(E) = T(D) + LT(E).$$

Якщо літак підготовлений до польоту, але через різні обставини затриманий на час до однієї доби, то перед вильотом повторно виконується форма *Е*. Якщо ж літак не літав 1...15 діб, то перед вильотом виконуються форми *В* і *Е*.



В 1988 році видано, а в 1990 році введено в дію новий регламент оперативних форм технічного обслуговування літака Ту -154 Б, який передбачає проведення таких оперативних форм технічного обслуговування:

A1 - після кожної посадки в транзитному, кінцевому і базовому аеропортах; після виконання періодичного ТО; повторно перед вильотом літака у випадку затримки попереднього запланованого польоту на 12 год. Після проведення робіт за формою *A1* зберігається право на виліт протягом 12 год;

A2 - у базовому аеропорту через кожні 75 ± 15 год нальоту. Після проведення робіт за цією формою право на виліт зберігається також протягом 12 год;

B - в базовому аеропорту через кожні 150 ± 30 год нальоту.

Для нових літаків АНТК ім. О.К. Антонова, наприклад, для літака АН-140, регламентом ТО передбачено проведення таких форм оперативного технічного обслуговування: транзитного, щоденного і ТО через кожні 10 днів.

Транзитне ТО виконують в транзитних і кінцевих аеропортах, воно складається з робіт, які полягають в проведенні загального огляду літака з метою виявлення явних (незахованих) ушкоджень.

Щоденне ТО через виконується один раз на добу у базовому аеропорту.

При ТО через кожні 10 днів оцінюють загальний стан літака і його бортового обладнання.

Оперативне технічне обслуговування літака Ту-204 здійснюється за двома формами: *A* і *B*. Форма *A* виконується перед повторним вильотом у транзитному і кінцевому аеропортах. Форма *B* виконується після завершення рейсу у базовому аеропорту з періодичністю до 30 год. Оперативні форми технічного обслуговування виконуються невеликим складом спеціалістів з використанням бортової системи засобів контролю без застосування контрольно-перевірочної апаратури. Після виконання оперативних форм технічного обслуговування літак переходить з несправного стану у справний.

Періодичне технічне обслуговування

Основне призначення періодичного технічного обслуговування полягає у проведенні поглибленого контролю технічного стану, виявленні і усуненні несправностей систем, агрегатів, вузлів та деталей повітряного судна, проведенні профілактичних заходів для попередження можливості виникнення несправностей і відмов.

Періодичне ТО виконується у базових аеропортах через встановлені експлуатаційною документацією значення наробітку (годин нальоту, кількості посадок) або інтервали часу (календарні терміни служби). Роботи з періодичного ТО зведені у форми. Періодичність і перелік робіт кожної форми встановлюються регламентом ТО, а технологія виконання операцій,



засоби діагностики (контролю), інструмент, пристосування та матеріали, а також обсяг робіт - технологічними вказівками.

Відлік наробітку і календарного терміну служби ведуть з початку експлуатації або від останнього ремонту повітряного судна. Допуск на наробіток (термін служби), який використаний на попередньому обслуговуванні, в подальшому не враховують. Наприклад, на літаку Іл-62 форма Ф1 періодичного ТО виконується через кожні 300 ± 30 год нальоту. Якщо ТО за формою Ф1 виконали після $T = 325$ год, то наступна форма періодичного ТО за формою Ф1 буде виконуватися не після 625 год, а після 600 ± 30 год.

Періодичне ТО за календарними термінами виконують на повітряних судах, наліт яких у годинах за відповідний календарний період менший необхідного для виконання періодичного обслуговування за наробітком. Наприклад, на літаку виконується періодичне ТО за формою Ф1 через кожні 300 ± 30 год нальоту, а форма 1К з календарною періодичністю ТО виконується через 3 міс + 15 діб. Якщо літак за 3 міс налітав, наприклад, 214 год (менше, ніж 300 ± 30 год), то в цьому випадку буде виконуватися періодичне ТО з календарною періодичністю 1 К.

На повітряних судах, які мають середню тривалість польоту, меншу встановленої для них за нормою, періодичне технічне обслуговування виконують за кількістю посадок. Наприклад, форма Ф1 періодичного ТО для даного типу літака виконується через 300 ± 30 год. нальоту або після 300 посадок. Якщо літак зробив 300 посадок, хоча наліт менший, ніж 300 ± 30 год., то в цьому випадку виконується форма Ф1 періодичного технічного обслуговування, не дивлячись на те, що наліт менший, ніж 300 ± 30 год.

Технічне обслуговування повітряного судна за календарними термінами не виключає виконання наступних форм за нальотом (кількістю посадок).

Форми періодичного ТО, на відміну від форм оперативного ТО, мають значно більшу трудомісткість і чітку періодичність.

Кількість форм періодичного ТО і періодичність їх виконання залежать від типу літака, умов і досвіду його експлуатації, рівня розвитку авіаційної техніки та засобів її обслуговування.

Для деяких типів літаків з газотурбінними двигунами прийнята стандартна періодичність через кожні 300 год нальоту. Для них встановлені такі форми періодичного ТО:

- форма 1 - через кожні (300 ± 30) год нальоту;
- форма 2 - через кожні (900 ± 30) год нальоту;
- форма 3 - через кожні (1800 ± 30) год нальоту.

Причому, для періодичних форм ТО так само, як і для форм з огляду і обслуговування (також форм, які забезпечують виліт) оперативного ТО, справедливі такі залежності:



$$T(\Phi 2) = T(\Phi 1) + ЛТ(\Phi 2);$$

$$T(\Phi 3) = T(\Phi 2) + ЛТ(\Phi 3) =$$

$$= T(\Phi 1) + ЛТ(\Phi 2) + ЛТ(\Phi 3), \text{ де: } T(\Phi 1), T(\Phi 2), T(\Phi 3) -$$

тродомісткості періодичного ТО за формами $\Phi 1$, $\Phi 2$ і $\Phi 3$ відповідно;

$ЛТ(\Phi 2)$, $ЛТ(\Phi 3)$ - трудомісткості додаткових робіт: до форми $\Phi 1$ при обслуговуванні за формою $\Phi 2$ і до форми $\Phi 2$ при обслуговуванні за формою $\Phi 3$ відповідно.

Допуск часу + 30 год означає, що, якщо цех періодичного ТО внаслідок завантаження не може розпочати обслуговування даного літака через 300 год, то його експлуатація продовжується 30 год, що дозволяє уникнути невинуватених простоїв.

Допуск часу - 30 год дозволяє виконувати роботи за даною формою ТО на 30 год раніше, якщо є відповідні умови.

Разом з тим, як зазначалось вище, з яким би допуском не виконувалися роботи за формами періодичного ТО, відлік завжди ведеться від базових цифр, кратних 300, 900 і 1800 годинам нальоту.

Для деяких літаків, наприклад Ан-24, Як-40, Ту-134, прийнята наскрізна нумерація періодичного ТО (кількість їх досягає 19) - через кожні 300 год, тобто:

$\Phi 1$ - через 300 ± 30 год;

$\Phi 2$ - через 600 ± 30 год;

$\Phi 3$ - через 900 ± 30 год;

•••

$\Phi 19$ - через 5700 ± 30 год.

Для літака Ту-154 Б новим регламентом встановлені такі форми періодичного ТО: Б (парна), $\Phi 1$, $\Phi 1$ (парна) та $\Phi 2$.

Форма Б (парна) виконується у базовому аеропорту через кожні 300 ± 30 год нальоту (тобто через кожні 150 ± 30 год міняються місцями форма Б оперативного ТО і форма Б (парна) періодичного ТО).

Форма $\Phi 1$ виконується у базовому аеропорту через кожні 600 ± 30 год нальоту.

Форма $\Phi 1$ (парна) виконується у базовому аеропорту через кожні 1200 ± 30 год нальоту.

Форма $\Phi 2$ виконується у базовому аеропорту один раз на рік з інтервалом часу, який не перевищує 12 місяців, і суміщається з плановими періодичними формами Б (парною), $\Phi 1$ або $\Phi 1$ (парною).

Для нових літаків АНТК ім. О.К. Антонова, наприклад, для літака Ан-140 періодичне теоретичне обслуговування виконується за формами:

$\Phi 1$ - через кожні 300 ± 30 год і включає до свого складу відповідні роботи з контролю і оцінювання технічного стану бортових систем літака для забезпечення його льотної придатності;



Ф2 - через кожні 900 ± 30 год і включає до свого складу більш широкий перелік робіт з технічного обслуговування літака і його бортових систем;

Ф3 - через кожні 1800 ± 30 год і включає до свого складу поглиблене цільове обстеження силових конструкцій літака і відновлювальні роботи (при необхідності) для підтримки льотної придатності літака згідно з програмою оглядів планера.

Періодичне технічне обслуговування літака Ту-204 виконується у базовому аеропорту за трьома формами. Форма 1 виконується після нальоту 300 год, Форма 2 - 3000 год (але не менше 1 разу на рік), Форма 3 – 9000 год для оцінки технічного стану літака та його бортового обладнання.

Для літаків з календарною періодичністю виконання ТО можуть бути встановлені такі форми періодичного ТО:

- 1 К - через 3 міс + 15 діб;
- 2 К - через 9 міс + 30 діб;
- 3 К - через 19 міс + 30 діб.

Наприклад, для літака Ту-154 форма 1К виконується через 4 міс \pm 15 діб, 2К - через 12 ± 1 міс, 3К - через 24 ± 1 міс.

Кожна форма періодичного технічного обслуговування складається з окремих блоків робіт: попередніх, оглядових, стандартних та заключних.

Попередні роботи - це приймання літака, підготовка необхідного обладнання, інструменту, матеріалів та інвентарю для обслуговування, вивчення завдання на технічне обслуговування, робота з регламентом і технологічними вказівками.

До оглядових робіт належить дефекація літака і його бортового обладнання по кожній системі, а також контрольні огляди вузлів, блоків та систем.

Демонтаж агрегатів і вузлів, контроль їх стану в лабораторіях, виконання регулювальних робіт і поточного ремонту, монтаж агрегатів і блоків на борт, перевірка працездатності бортових систем і їх відповідності нормам технічних параметрів тощо складають наступний блок - стандартні роботи.

Заключні роботи - це прибирання робочого місця, закриття люків, відсіків, щитків, контроль наявності інструменту і пристосувань, оформлення документації, передача ПС в цех оперативного технічного обслуговування для підготовки до польоту або виконання робіт з забезпечення його стоянки.

Сезонне технічне обслуговування

Умови експлуатації повітряних суден значною мірою визначаються порами року. Особливо це стосується так званих перехідних періодів: весняно-літнього і осінньо-зимового.



Весняно-літній період характеризується такими сезонними особливостями:

- різкими перепадами температури на початку і в кінці сезону;
- великою кількістю дощових опадів;
- великою кількістю ділянок грозової діяльності;
- штормових вітрів;
- високою температурою навколишнього середовища;
- різким збільшенням інтенсивності польотів.

Осінь-зимовий період року характеризується складними, нестійкими й небезпечними погодними умовами і явищами: підвищенням вологості, інтенсивними опадами, обледенінням, низькими температурами і їх різкими перепадами, поганою метеовидимістю тощо.

Все це значно ускладнює роботу авіатехніки і інженерно-авіаційної служби. До експлуатації в цих умовах повинні бути належним чином підготовлені люди, авіаційна техніка та засоби технічного обслуговування.

Ранньою весною при рулюванні літака по мокрому снігу і воді на візок, стояк шасі і фюзеляж потрапляє вода, яка замерзає. Обмерзання кінцевих вимикачів призводить до їх відмов. Обмерзання антен призводить до погіршення радіозв'язку. В цей період можливі відмови через попадання вологи, конденсату в електромеханізми з подальшим замерзанням і, як наслідок, - заклинюванням редукторів. Усунення подібних дефектів шляхом обігрівання забороняється, оскільки після нього відмова електромеханізму може виникнути в польоті.

В цей період можуть також виникати відмови комутаційної апаратури через утворення льоду на контактах реле, вимикачів, перемикачів і т.п.

В літній період можливе випадання великої кількості опадів, тому необхідно слідкувати за герметичністю фюзеляжу, своєчасним закриттям люків і кватирок. Потрібно вжити заходів щодо запобігання попадання вологи на агрегати авіаційного і радіоелектронного обладнання, пульти та розподільчі пристрої, оскільки волога - основне джерело відмов систем бортового обладнання.

Потрапляючи в агрегати бортового обладнання, волога виводить з ладу елементи виробів, сприяє корозії і, об'єднавши свій вплив з дією електричного струму - руйнуванню ізоляційної плати.

Попадання вологи на електропроводи викликає зниження опору ізоляції, внаслідок чого виникають дефекти систем, наприклад, автопілоту, паливоміра, тобто там, де проводи розраховані на малий струм. Попадання вологи у високочастотні кабелі, які з'єднують вихід передавачів радіоапаратури з антеною, призводить до зменшення потужності на виході, до відмов вихідних каскадів радіоапаратури.



Проникаючи у струмопровідні елементи, волога призводить до короткого замикання, хибних спрацьовувань в системах керування і запуску авіадвигунів, до збільшення перехідного опору замкнутих контактів комутаційної апаратури. Проникаючи у пори діелектриків, вода і утворені нею солі (при сполученні з різними речовинами) створюють електропровідні електричні кола, різко підвищують провідність матеріалів.

Крім того, волога викликає корозію металевих частин.

При високих температурах і великій вологості утворюється пліснява, яка руйнує органічні матеріали.

Значно погіршує умови експлуатації аварійних джерел, встановлених на літаках, висока температура навколишнього середовища. Так, згідно з регламентом технічного обслуговування літака Ан-24 напруга генераторів постійного струму повинна бути 28 В. Як свідчить досвід експлуатації акумуляторних батарей, в умовах високих температур необхідно ретельно слідкувати за величиною напруги і підтримувати її в більш жорстких межах, а саме: $28,5 + 0,5$ В. Це пов'язано з тим, що в окремі періоди при високих температурах дещо завищена напруга стартер-генератора може привести до перегрівання акумуляторних батарей, до їх закипання, що зрештою призводить до виходу їх з ладу. В свою чергу, понижена напруга спричиняє недостатню підзарядку акумуляторів, що знижує їх ємність. Крім того, в процесі підзарядки акумуляторів відбувається газовиділення. Тому необхідно регулярно контролювати чистоту поверхонь отворів в електростояку, а також пробок батарей акумуляторів. Тут доцільним буде нагадати загальні вимоги до акумуляторів:

- на поверхні акумуляторів не повинно бути пилу, бруду, слідів підтікання електроліту, що може призвести до саморозрядження батареї;
- кількість електроліту повинна бути на 5-6 мм вищою рівня пластин;
- клеми акумуляторної батареї повинні бути зачищені і акуратно змащені;
- на розетці контейнера не повинно бути слідів підгару і оплавлення;
- електрошини контейнера не повинні мати ушкоджень ізоляції;
- вилки на літаку для підключення акумуляторів повинні бути справними (не повинно бути слідів бруду, підтікань електроліту). Штири повинні бути чистими, без слідів оплавлення.

В період інтенсивних опадів зростає кількість відмов систем повного і статичного тиску. Для запобігання відмовам анероїдною мембранних приладів необхідно слідкувати за справністю заглушок і своєчасним встановленням їх на приймачі тиску.

При наявності навіть невеликої кількості вологи у вологовідстійниках приймачів повного тиску може (через замерзання або попадання вологи в трубопроводи) закупоритися статична й динамічна системи. Щоб цього не



сталось, необхідно: видалити вологу, продути систему стисненим повітрям з тиском 1-2 кг/см², ретельно перевірити наявність і використання заглушок приймачів статичної і динамічної.

Для попередження відмов анероїдно-мембранних приладів слід:

- обов'язково перевіряти герметичність систем після робіт, пов'язаних зі зняттям щитків і відкиданням приладних дошок, які знаходяться в місцях розміщення дюритів і трубопроводів статичного і динамічного тиску;
- підсилити контроль за станом і монтажем трубопроводів статичної і динамічної проводки;
- вивчити з інженерно-технічним складом параметри приладів, допустимі величини тиску і розрідження, строго дотримуватись технології перевірки приладів;
- підсилити контроль за станом відстійників систем повного і статичного тиску, згідно з вимогами до яких в них не повинно бути вологи;
- строго слідкувати за наявністю заглушок на приймачах статичної і динамічної літака під час його стоянки;
- не допускати встановлення брудних і підгорілих заглушок на приймачі тиску;
- в період опадів заглушки з приймачів статичної й динамічної систем знімати безпосередньо перед запуском двигунів. Заглушки повинні мати червоні вимпели.

Необхідно ретельно дефектувати вологовідстійники, щоб вони не мали тріщин, вм'ятин, відколів.

В період експлуатації виникають дефекти, пов'язані з негерметичністю статичної й динамічної систем. Однією з причин негерметичності є руйнування дюритових шлангів внаслідок виникнення тріщин. Тому в процесі експлуатації необхідно ретельно дефектувати дюритові шланги. Шланги, які мають тріщини, необхідно замінювати.

Під час технічного обслуговування повітряного судна, авіадвигунів і їх бортового обладнання вода часто потрапляє в пілотську кабіну через відкриті кватирки. Волога, потрапляючи в пілотську кабіну, викликає корозію приладів, які розміщені на пультах пілотів. Тому необхідно слідкувати, щоб пробки дренажних отворів в напрямних пазах кватирок були усередині. Особливо слід ретельно слідкувати за справністю перемикаючих кранів статичної й динамічної систем, розміщених на пультах лівого і правого пілотів.

При технічному обслуговуванні і експлуатації гіроскопічних приладів необхідно дотримуватися часу готовності гіроскопів після включення. Час готовності до роботи після включення авіадвигунів і основних гіроскопічних приладів при температурі повітря від + 50⁰ С до + 20⁰ С - не повинен перевищувати 3 хвилини.



У весняно-літній період - період дощів - на повітряних суднах дуже часто відмовляють паливоміри внаслідок попадання вологи у штепсельні рознімання датчиків через лючки, а також рознімання в площинах. Паливомір практично завжди завищує показання.

Якщо дефект виник в датчику, то його слід зняти для ремонту в лабораторії.

Дефекти в паливомірах виявляються таким чином:

- якщо стрілка приладу притиснута до лівого обмежувача, то це свідчить, що розімкнутий ланцюг датчика або відсутнє джерело постійного струму;

- якщо стрілка приладу знаходиться за максимумом шкали, то сталося замикання між трубами датчика;

- якщо при порожніх баках показчик показує наявність пального, то це свідчить про малий опір ізоляції між трубами датчика;

- якщо стрілка приладу переміщується, то стався обрив в електричному колі живлення змінним струмом або блока вимірювання.

Дуже уважно потрібно ставитись до протипожежного обладнання. Піромаса піропатронів повинна бути завжди сухою, в іншому випадку піропатрони слід замінити.

Необхідною умовою експлуатації протипожежної системи є відсутність вологи і корозії в кінцевих вимикачах аварійного спрацьовування, тому на це слід звертати особливу увагу.

Під час виконання періодичних форм технічного обслуговування необхідно звертати увагу на опір ізоляції проводів протипожежної системи, і при усуненні дефекту слід пам'ятати, що опір ізоляції повинен бути не меншим 20 МОм. При низькому опорі ізоляції можливе хибне спрацьовування протипожежної системи.

Літакові електродвигуни, генератори та інші агрегати, розраховані на максимальну потужність, мають велику потужність на одиницю маси. Вони працюють з примусовим обдувом. При підвищенні температури можливе перегрівання цих агрегатів, тому під час технічного обслуговування слід звертати увагу на справність системи обдуву.

Особливості експлуатації авіатехніки у весняно-літній період такі ж, як і для осінньо-зимового періоду, який характеризується нестійкістю погодних умов, різкими перепадами температури і підвищеною вологістю, яка сприяє утворенню конденсату. Слід зазначити, що, якщо всі інциденти на авіаційному транспорті, які сталися з технічних причин, взяти за 100 відсотків, то через відмови авіаційного і радіоелектронного обладнання протягом року відбувається 25...35 відсотків від загальної кількості відмов. В осінньо-зимовий період це співвідношення змінюється: через відмови



зазначеного обладнання відбувається до 50 відсотків усіх інцидентів з технічних причин, а також велика кількість затримок вильотів.

За типом бортового обладнання відмови в осінньо-зимовий період розподіляються нерівномірно. Якщо проаналізувати відмови електрообладнання, радіообладнання та приладного обладнання, то переважна кількість відмов і несправностей припадає на електро-приладне обладнання повітряного судна. Найбільшу кількість складають відмови анероїдно-мембранної групи.

В холодні періоди року значно збільшується час прогрівання апаратури. При мінусових температурах рекомендується вмикати апаратуру після прогрівання кабіни літака. Регулювальні роботи слід виконувати після прогрівання протягом 15...20 хв.

Вироби з хлорвінілу, органічного скла і гуми в зимовий період стають крихкими, тому монтаж і демонтаж електропроводів і хлорвінілових стрічок кріплення кабелів необхідно проводити обережно, після попереднього обдуву їх теплим повітрям.

В осінньо-зимовий період під час інтенсивного обслуговування літака часто використовуються підігрівачі. Порушення правил експлуатації підігрівачів, особливо завищення температури повітря, яке надходить від підігрівачів, виводить з ладу вироби авіаційного і радіоелектронного обладнання, викликають оплавлення хлорвінілової ізоляції електропроводів і високо частотних фідерів. Під час експлуатації підігрівачів не допускається перевищення температури повітря, яке подається, понад 60...80⁰ С.

В цей період потрібний особливо ретельний догляд за акумуляторними батареями, які є резервним і аварійним джерелом живлення літакової електромережі, тобто одним з найбільш відповідальних агрегатів на літаку.

Тому від акумуляторних батарей значною мірою залежить надійна робота багатьох бортових агрегатів і приладів.

Встановлено, що при зниженні температури на один градус від нормальної акумуляторні батареї втрачають 1-1,5 відсотків своєї ємності. Належним чином заряджений акумулятор при зниженні температури до - 20⁰ С втрачає 50-60 відсотків своєї ємності і тому не зможе взяти на себе значне навантаження. При такій втраті ємності акумуляторна батарея вийде з ладу, оскільки виникне глибокий розряд, який викликає підсилена сульфатацію пластин. Зниження температури призводить також до збільшення опору електроліту і погіршення дифузії його в пори пластин. В такому випадку акумулятор заряду не приймає. Тому важливою умовою збереження акумуляторної батареї зимою є надійне дотримання температурного режиму. Під час стоянки повітряного судна більше двох годин, коли температура зовнішнього повітря становить - (15...25⁰ С) і нижче, акумуляторні батареї слід знімати з повітряного судна і зберігати в теплому приміщенні, про це



обов'язково повинен бути зроблений запис в бортовому журналі повітряного судна (літака, вертольота).

Для нормальної роботи акумуляторних батарей в зимових умовах велике значення має якість і густина електроліту. В період підготовки до осінньо-зимового періоду всі акумуляторні батареї повинні бути ретельно оглянуті, відремонтовані. В місцях встановлення батарей необхідно перевірити теплову ізоляцію контейнерів. Контейнери повинні бути добре просушені, а теплоізоляційний матеріал, який втратив свої властивості, замінений.

При експлуатації комутаційної апаратури необхідно пам'ятати, що зниження температури призводить до утворення інею на реле й контакторах, які часто не вмикаються через утворення льодової корочки і потребують додаткового підігрівання.

При температурі зовнішнього середовища нижче -20°C перед включенням і регулюванням систем АБСУ-154-2, БСУ-134 (134А), АП-28-Л1, що встановлені на літаках Ту-154, Ту-134 і Ан-24 відповідно, необхідно підігріти повітря в кабіні і технічному відсіку до температури $+30^{\circ}\text{C}$.

В осінньо-зимовий період збільшується кількість випадків обліднювання повітряного судна, внаслідок чого льодом покриваються всі його зовнішні пристрої. При обліднюванні антенних пристроїв і їх обтічників іній і сніг необхідно змитати волосяною щіткою, лід видаляти теплим повітрям від підігрівачів або теплою водою, підігрітою до температури $50\text{...}60^{\circ}\text{C}$, після чого всі пристрої протерти насухо серветкою.

Знання особливостей експлуатації авіаційного обладнання в перехідні періоди, чітке і грамотне виконання своїх функціональних обов'язків і вимог нормативних документів з організації проведення технічного обслуговування повітряних суден інженерно-технічним складом дозволить забезпечити виконання виробничих планів з високим рівнем регулярності і безпеки польотів.

Технічне обслуговування авіаційної техніки, яке проводять при переході до експлуатації в осінньо-зимовий і весняно-літній періоди, отримало назву *сезонного*. Перелік робіт, які повинні виконуватися під час сезонного ТО, визначається регламентом ТО конкретного повітряного судна й переліком додаткових робіт, які визначає головний інженер авіаційно-технічної бази. Під час сезонного ТО виконуються також роботи, пов'язані з відновленням захисних покриттів, усуненням корозії, ремонтом чохлаів, заглушок тощо.

Спеціальне технічне обслуговування

Воно виконується після виникнення значних відхилень від умов нормальної експлуатації авіаційної техніки: груба посадка, посадка до ЗПС, викочування повітряного судна за межі ЗПС, політ в турбулентній атмосфері, попадання повітряного судна в зону грозової діяльності,



попадання в повітряне судно блискавки, попадання повітряного судна в курну бурю, перевищення навантажень тощо.

Мета спеціального ТО полягає в контролі стану авіаційної техніки і усуненні несправностей, які виникли у зв'язку з особливими умовами польоту.

Перелік робіт для кожного конкретного випадку визначається регламентом ТО і переліком додаткових робіт, які призначає головний інженер авіаційно-технічної бази.

Технічне обслуговування авіатехніки при зберіганні Цей вид технічного обслуговування забезпечує зниження шкідливого впливу атмосферних та інших факторів і сприяє належному зберіганню авіатехніки в даних умовах. При цьому обслуговуванні роботи на повітряному судні виконують через кожні 10 днів. Зі збільшенням часу зберігання зростає шкідливий вплив атмосферних факторів, а отже, збільшується і обсяг робіт; їх виконують через кожні 10 днів, 30 + 3 дні, 90 + 9 днів зберігання; збільшується також обсяг робіт з підготовки повітряного судна до польоту після зберігання. Перелік робіт визначається регламентом ТО.

На складах авіаційно-технічних баз і авіакомпаній постійно зберігається велика кількість різних агрегатів, приладів та систем. Їх систематично обслуговують згідно зі спеціальними інструкціями по зберіганню.

Застосовують ще такі види технічного обслуговування авіатехніки.

Базове ТО - технічне обслуговування, яке виконується в аеропорту постійного базування повітряного судна до або після польоту.

Транзитне ТО - технічне обслуговування, яке виконується в проміжному аеропорту, а також в кінцевому аеропорту перед зворотним рейсом.

Планове ТО - технічне обслуговування, яке виконується за попереднім призначенням, в раніше обумовлені терміни.

Непланове ТО - технічне обслуговування, яке виконується без попереднього призначення, у випадкові моменти часу.

Методи технічної експлуатації і стратегії технічного обслуговування і ремонту авіатехніки

Метод технічної експлуатації - це принцип (правило) визначення граничного стану авіаційної техніки, після настання якого припиняється її використання за призначенням.

В залежності від виду граничного стану розрізняють методи технічної експлуатації авіатехніки - за ресурсом (ТЕР) і за станом (ТЕС).

Метод ТЕР передбачає експлуатацію авіаційної техніки (її об'єкта) до вироблення нею призначеного ресурсу (між двома періодичними технічними обслуговуваннями, міжремонтного, призначеного), після чого вона підлягає



технічному обслуговуванню, відновленню за допомогою ремонту або списанню.

Метод ТЕС поділяється на два види:

- метод технічної експлуатації до передвідмовного стану
- метод технічної експлуатації до відмови (ТЕВ).

При застосуванні методу ТЕП в момент досягнення передвідмовного стану авіатехніка (об'єкт авіаційного обладнання) відновлюється або її знімають з експлуатації (списують).

При застосуванні методу ТЕВ авіатехніка експлуатується до відмови або до мінімально допустимого рівня надійності, після чого підлягає відновленню або списанню.

Метод ТЕП передбачає проведення планового контролю параметрів і, в залежності від його результатів, - виконання відновлювальних робіт.

Метод ТЕВ передбачає виконання планового контролю працездатності виробу до його відмови без проведення відновлювальних робіт.

При застосуванні методу ТЕС вироби авіаційної техніки експлуатують без встановлення для них ресурсів і термінів служби (до першого ремонту, міжремонтних, призначених).

Стратегія технічного обслуговування - це принцип (правило) призначення термінів і обсягів технічного обслуговування виробу авіаційної техніки.

Розрізняють стратегії технічного обслуговування за наробітком (ТОН) і за станом (ТОС).

При стратегії ТОН перелік і періодичність виконання операцій технічного обслуговування визначаються наробітком виробу з початку експлуатації або після капітального ремонту.

При стратегії ТОС перелік і періодичність виконання операцій технічного обслуговування визначаються фактичним технічним станом виробу в момент початку технічного обслуговування. Використовують також результати прогнозування і попереднього контролю технічного стану виробу.

В свою чергу, стратегія ТОС поділяється на два види:

- за станом з контролем параметрів (ТОС КП);
- за станом з контролем надійності (ТОС КН).

Стратегію ТОС КП використовують для виробів, відмови яких впливають (або не впливають) на безпеку і регулярність польотів, якщо для цих виробів заданий необхідний комплекс діагностичних параметрів, існують штатні контрольні-вимірювальні засоби і технологія вірогідного визначення функціональних характеристик і засобів працездатності.

Програма ТО і Р експлуатанта повинна визначати для виробів, технічне обслуговування яких здійснюють за станом з контролем параметрів, склад



діагностичних параметрів, їхні гранично допустимі значення, періодичність і технологію контролю стану, а також правила прийняття рішень про подальшу експлуатацію виробу за результатами контролю.

Стратегію ТОС КН використовують для виробів, відмови яких безпосередньо не впливають на безпеку і регулярність польотів. Перелік виробів, які підлягають технічному обслуговуванню за даною стратегією, дається у Програмі ТО і Р експлуатанта. Для кожного з виробів у Програмі наведені показники надійності та їх числові значення, при досягненні яких приймається рішення про проведення відповідної керуючої дії при технічному обслуговуванні.

Обсяг і періодичність контролю виробів при технічному обслуговуванні за даною стратегією також дається у Програмі ТО і Р експлуатанта. При технічному обслуговуванні виконують роботи з виявлення і усунення несправностей і відмов, а також роботи з їх попередження.

Розрізняють також такі *стратегії ремонту*:

- за наробітком (СРН);
- за технічним станом (СРС).

Стратегія ремонту за наробітком означає, що обсяг робіт з розбирання виробу і дефектації його складових частин є однаковим для парку однотипних виробів і залежить від наробітку з початку експлуатації і (або) після капітального ремонту, а перелік операцій відновлення визначається з урахуванням результатів дефектації складових частин виробу.

Особливістю стратегії ремонту за станом є те, що перелік операцій, до якого входить розбирання, визначається за результатами діагностування виробу в момент початку ремонту, а також за даними про надійність цього виробу і однотипних виробів.

Методи технічного обслуговування

Метод технічного обслуговування - це система правил керування технічним станом виробу авіаційної техніки в процесі організації і проведення технічного обслуговування.

В цивільній авіації класифікують методи технічного обслуговування за низкою ознак.

В залежності від часу, що витрачається на виконання періодичного технічного обслуговування, метод ТО може бути одноразовим або поетапним.

Якщо в основу класифікації покласти спеціалізацію інженерно-технічного складу, то метод ТО може бути посистемним і зонним.

В залежності від організації послідовності виконання робіт з технічного обслуговування на групі повітряних суден розрізняють паралельний, послідовний і потоковий методи технічного обслуговування.



В залежності від кооперування і спеціалізації авіаційно-технічних баз стосовно питань організації і проведення технічного обслуговування авіаційної техніки використовують різні варіанти кооперованого методу технічного обслуговування.

Розглянемо зазначені методи технічного обслуговування у стислій формі [9, 16].

Одноразовий метод передбачає виконання всього обсягу робіт даної форми періодичного технічного обслуговування протягом одного обслуговування. Звичайно повітряне судно не використовується для польотів до того часу, доки не буде виконано весь обсяг ТО за заданою формою періодичного обслуговування. Цей метод доцільно використовувати при малому завантаженні експлуатаційних підприємств виконанням авіаційних перевезень і робіт, а також при цілодобовій роботі цеху періодичного ТО.

З 1974 року почали застосовувати *поетапний метод*, метою якого було покращання використання повітряних суден і їх бортового обладнання, а також створення рівномірного завантаження цеху періодичного ТО при великих обсягах льотної роботи експлуатаційних підприємств. При цьому методі комплекс операцій кожної форми періодичного ТО поділяють на приблизно однакові частини, які виконуються окремими етапами зі збереженням встановленої періодичності робіт (операцій).

Розрізняють такі два види поетапного методу виконання робіт при технічному обслуговуванні:

- з розподілом обсягів робіт даної форми періодичного ТО по етапах в межах допуску за наробітком (нальотом, кількістю посадок) до базової періодичності.

- з рівномірним розподілом трудомісткості ТО за періодами виконання форми Ф1.

Посистемний метод передбачає виконання робіт з технічного обслуговування певних, закріплених за бригадою (виконавцями) функціональних систем повітряних суден. До таких систем належать електрообладнання, приладне обладнання, кисневе обладнання, бортові автоматичні системи керування і т. п. Кожна з бригад отримує поопераційні відомості для технічного обслуговування відповідних бортових систем.

ПИТАННЯ 2 Призначення, задачі та основні функції інженерно-авіаційної служби цивільної авіації.

Інженерно-авіаційна служба (ІАС) цивільної авіації призначена для організації і здійснення інженерно-авіаційного забезпечення польотів, під яким розуміють комплекс заходів, що виконується з метою виконання планів



повітряних перевезень і авіаційних робіт при забезпеченні безпеки польотів. Основними задачами інженерно-авіаційного забезпечення польотів є [7]:

- підтримка справності і забезпечення інтенсивностей використання повітряних суден не нижче встановлених нормативами;
- забезпечення безпеки і регулярності польотів;
- економне використання трудових і матеріально-технічних ресурсів при експлуатації авіаційної техніки.

Головними задачами всіх ланок ІАС є:

- забезпечення плану повітряних перевезень і авіаційних робіт справними і підготовленими до польотів повітряними суднами;
- інженерно-авіаційне забезпечення безпеки і регулярності польотів;
- виконання вимог державної, трудової і виробничої дисципліни;
- підтримка встановленого рівня льотної придатності повітряних суден, що експлуатуються;
- економне використання трудових, матеріальних і паливно-енергетичних ресурсів на технічне обслуговування і ремонт авіаційної техніки;
- проведення авіаційно-технічної підготовки з інженерно-технічним і льотним складом.

На інженерно-авіаційну службу покладаються наступні основні функції:

- планування використання повітряних суден, технічного обслуговування і ремонту авіатехніки, що забезпечують виконання планів льотної роботи, регулярність польотів, своєчасне вироблення ресурсу повітряних суден, авіаційних двигунів та їх обладнання, а також їх відхід в ремонт;
- організація і виконання технічного обслуговування і ремонту авіатехніки відповідно до вимог експлуатаційної і ремонтної документації;
- збирання, облік і обробка даних про виявлені в польоті і на землі відмови і несправності авіаційної техніки;
- аналіз фактичного рівня надійності авіатехніки за даними обліку відмов і несправностей, а також за результатами діагностування і контролю технічного стану авіатехніки, ведення рекламаційно-претензійної роботи;
- розробка і реалізація організаційно-технічних заходів з попередження авіаційних пригод і інцидентів, дострокового знімання двигунів, відмов і несправностей авіатехніки, які виникають з вини інженерно-технічного складу, низької якості ремонту авіатехніки на заводах;
- пред'явлення вимог до промислових підприємств і організацій з усунення конструктивних і виробничих недоліків авіаційної техніки;
- облік і виконання доробок авіатехніки, переобладнання повітряних суден за бюлетенями, проведення разових оглядів авіаційної техніки;
- метеорологічне забезпечення технічної експлуатації і ремонту авіаційної



техніки;

- контроль відповідності льотно-технічних характеристик повітряних суден значенням, наведених в Керівництвах з льотної експлуатації;
- забезпечення охорони повітряних суден, які знаходяться на обслуговуванні в авіаційно-технічних базах і ремонті на заводах;
- участь у розробці і впровадженні у виробництво прогресивних методів і технологій технічного обслуговування і ремонту, високоефективних засобів обслуговування, ремонту і контролю стану авіаційної техніки;
- розробка пропозицій з удосконалення експлуатаційної і ремонтної документації;
- ведення і забезпечення зберігання експлуатаційної і ремонтної документації, включаючи пономерну;
- ведення обліку і звітності з виробничої діяльності АТБ, складу, стану, використання і руху парку літаків, вертольотів і авіадвигунів;
- узагальнення і розповсюдження передового досвіду технічної експлуатації і ремонту авіаційної техніки;
- покращення умов праці працівників АТБ, забезпечення безпечних умов роботи, впровадження механізації і автоматизації виробничих процесів при технічному обслуговуванні і ремонті авіаційної техніки;
- визначення потреб і контроль за забезпеченням авіапідприємств і заводів експлуатаційною і ремонтною документацією, засобами контролю стану авіатехніки, запасними частинами і авіатехнічним майном, аварійно-рятувальним обладнанням;
- контроль за станом аварійно-рятувального обладнання повітряних суден;
- правильне використання закріплених за АТБ і заводами виробничих і службових будівель, споруд і встановленого в них технологічного обладнання, систем енергозабезпечення і пожежогасіння, засобів контролю стану і обслуговування авіатехніки загального і спеціального застосування;
- облік і звітність з витрачання запасних частин і матеріалів при експлуатації і ремонті авіатехніки, розробка і здійснення заходів щодо економії паливно-енергетичних і матеріальних ресурсів;
- удосконалення організаційної структури ІАС всіх ланок, підвищення якості обслуговування і ремонту авіатехніки, впровадження заходів з економії трудових ресурсів і підвищення продуктивності праці робітників і інженерно-технічного складу;
- впровадження у виробництво прогресивних норм і нормативів праці;
- удосконалення техніко-економічного планування в АТБ і на заводах;
- організація і проведення робіт з евакуації і відновлення пошкоджених повітряних суден;
- проведення заходів з охорони праці, охорони навколишнього



природного середовища, виконання правил пожежної безпеки при обслуговуванні і ремонті авіаційної техніки;

- організація і проведення технічної підготовки робітників і інженерно-технічних працівників АТБ і заводів, проведення занять з льотним складом, керівництво стажуванням фахівців на авіатехніці, організація і оснащення навчальної технічної бази;

- підбір і розставлення кадрів інженерно-технічного складу, проведення заходів щодо виховання особового складу, ефективного застосування правових актів з укріплення трудової, виробничої і технологічної дисципліни, особистої відповідальності за якість обслуговування і ремонту авіаційної техніки;

- організація раціоналізаторської і винахідницької роботи;

- проведення заходів з цивільної оборони АТБ і заводів, збереження державної таємниці.

Найважливіша задача ІАС - виключення випадків зниження безпеки польотів з причин, пов'язаних з технічним станом авіатехніки. Вирішення цієї задачі досягається високим рівнем організації і якості технічного обслуговування і ремонту авіатехніки, глибоким аналізом причин відмов і несправностей, розробкою і здійсненням ефективних профілактичних заходів, жорсткою системою контролю якості виконання робіт з технічного обслуговування і ремонту, високим рівнем технічних знань льотного і інженерно-технічного складу, ефективною виховною роботою з особовим складом [16].

Структура інженерно-авіаційної служби є централізованою і характеризується (рис. 3.1):

- двома рівнями управління: ДДАТУ, авіакомпанії;

- трьома рівнями управління: ДДАТУ, авіакомпанії, підприємства та організації з технічного обслуговування повітряних суден.

Інженерно-авіаційну службу очолює один із заступників директора ДДАТУ. Керівництво ІАС він здійснює через управління підтримки льотної придатності повітряних суден та сертифікації організацій з технічного обслуговування.

Основними функціями управління підтримки льотної придатності повітряних суден та сертифікації організацій з технічного обслуговування є:

- державна реєстрація повітряних суден;


- видача дозволу на користування радіостанціями;

- видача свідоцтв по шумах для повітряних суден;

- сертифікація типів повітряних суден;

- сертифікація експлуатантів повітряних суден;

- сертифікація підприємств технічного обслуговування і ремонту авіаційної техніки;

| | | | |
|---|---|-------------------|---------------------------------|
|  | <p>НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНИЙ КОМПЛЕКС</p> <p>навчальної дисципліни «Основні етапи життєвого циклу та менеджмент об'єктів авіоники»</p> | Шифр документа | СМЯ НАУ РНП 22.01.05-01-2017 |
| | | Стор. 40 з 61 | |

- сертифікація навчальних закладів з підготовки інженерно-технічного персоналу;
- нагляд за виконанням Авіаційних правил України в структурних підрозділах інженерно-авіаційної служби;
- удосконалення та видання Авіаційних правил України, видання Директив льотної придатності;
- супроводження та забезпечення експлуатації авіаційної техніки;
- введення в дію обов'язкових бюлетенів промисловості (розробника, виготовлювача);
- метрологічне забезпечення експлуатації авіаційної техніки тощо.

У випадку з двома рівнями управління інженерно-авіаційна служба на другому рівні входить безпосередньо до складу експлуатанта (авіакомпанії). Одна із можливих структурних схем ІАС на цьому рівні може бути схема, наведена на рис. 1.



Рис. 1. Структурна схема ІАС на другому рівні

Комплекс технічного обслуговування та інженерного забезпечення авіакомпанії (КТО та ІЗ) є організацією, яка виконує технічне обслуговування повітряних суден з метою підтримки їх льотної придатності і забезпечення безпеки та регулярності польотів.

Структурно КТО та ІЗ входить до складу авіакомпанії як окремий підрозділ.

Діяльність комплексу класифікується за спрямуванням на зовнішню і внутрішню.

Зовнішня діяльність - це взаємодія з авіаційними органами України та інших країн, іншими організаціями (юридичними особами).

Відношеннями комплексу з авіаційними органами керує віце-президент з ТО та ІЗ, а здійснює їх відділ гарантії якості.

Відношення комплексу з іншими організаціями (юридичними особами) регламентуються і мотивуються функціями, які виконує кожний відділ.



Практичне заняття № 6

Тема практичного заняття:

ІНТЕГРОВАНА ОЦІНКА ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ АВІАЦІЙНОЇ ТЕХНІКИ

План практичного заняття

1. Методи визначення інтегрованої оцінки об'єкту досліджень.
2. Інтегрована оцінка техніко-економічної ефективності технічної експлуатації авіаційної техніки.

Література

1. Орлов О.В. Керування процесами технічного обслуговування авіаційної техніки: навч. Посібник. – К.: НАУ, 2001. – 108 с.
2. Павлов В.В., Скрипець А.В. Эргономические вопросы создания и эксплуатации авиационных электрофицированных и пилотажно-навигационных комплексов воздушных судов: учебное пособие. – К.: КМУГА, 2000. – 460с.
3. Тамаргазін О.А. Системи технічного обслуговування пасажирських літаків.: Монографія. – К.: КМУЦА, 2000. – 268с.
4. Писарчук О.О. Методологічні основи наукових досліджень. Математичне моделювання та оптимізація складних систем. І.Г. Грабар, О.О. Писарчук та ін. Навчальний посібник. – Житомир: ЖВІ ДУТ, 2015. – 680 с.
5. Техническая эксплуатация авиационного оборудования: Учебник для вузов / В.Г. Воробьев, В.Д.Константинов, В.Г.Денисов и др. М.: Транспорт, 1990. – 296с.
6. Клочков В.В. CALS-технологии в авиационной промышленности: организационно-экономические аспекты. Монография. – М.: Византи . – 2005, 120 с.



Зміст практичного заняття

ПИТАННЯ 1 Методи визначення інтегрованої оцінки об'єкту досліджень.

Будь-яка технічна система (процес) доцільно характеризувати трьома категоріями факторів, що впливають на її (його) ефективність: технічні; ергономічні; економічні.

До категорії *технічних факторів* слід віднести ті що визначаються, перш за все, технічною компонентою системи, можливостями технічних пристроїв а також технологією і принципами її побудови та функціонування. До категорії *ергономічних факторів* належать ті, що характеризують зручність роботи користувача (оператора) системи забезпечують високу (задану) ефективність виконання покладених на нього функцій за період розв'язку завдань, що покладені на систему (поставлені оператору). Категорія *економічних факторів*, що впливають на ефективність виконуваних системою функцій, відображає вартість системи або будь-яку іншу плату (витрати) на досягнення високих показників ефективності виконання системою задач за призначенням.

Кожний фактор відображається в одному або у декількох показниках і критеріях ефективності системи (досліджуваного процесу). Отже, маємо ієрархію функцій, факторів, показників та критеріїв ефективності досліджуваної системи або процесу. Показники та критеріїв ефективності можуть бути *унітарними* або *комбінаторними*, тобто такими, що є узагальненими для певної декомпозиційної ланки і формуються з частинних показників та критеріїв. Для випадку комбінаторних показників та критеріїв за кожним з них формується ієрархія з якої встановлюється система критеріїв ефективності досліджуваної системи.

Тоді, матимемо систему критеріїв, що характеризуватимуть ефективність досліджуваної системи або процесу для унітарного випадку показників у вигляді

$$E_S = \begin{cases} F_T \Rightarrow extr; \\ F_{EGG} \Rightarrow extr; \\ S \Rightarrow extr. \end{cases} \quad (1)$$

Для випадку комбінаторних показників ефективність досліджуваного процесу характеризуватиметься розширенням системи критеріїв (1) підсистемами частинних критеріїв



$$F_T = \begin{cases} F_1 \Rightarrow extr; \\ F_2 \Rightarrow extr; \\ \dots \\ F_l \Rightarrow extr; \\ \dots \\ F_k \Rightarrow extr; \end{cases} \quad F_{ERG} = \begin{cases} F_{ERG1} \Rightarrow extr; \\ F_{ERG2} \Rightarrow extr; \\ \dots \\ F_{ERGl} \Rightarrow extr; \\ \dots \\ F_{ERGk} \Rightarrow extr; \end{cases} \quad S = \begin{cases} S_1 \Rightarrow extr; \\ S_2 \Rightarrow extr; \\ \dots \\ S_l \Rightarrow extr; \\ \dots \\ S_k \Rightarrow extr. \end{cases} \quad (2)$$

Таким чином, сформовані частинні критерії ефективності досліджуваної системи (процесу) у вигляді унітарного (1) та комбінаторного (2) типів. Частинні критерії розбиті на три категорії (технічна, ергономічна і вартісна) пов'язані із задачами та функціями, що покладаються на досліджувану систему та характеризують фактори які впливають на якість виконання нею цільових задач. Для кожної конкретної системи склад критеріїв буде унікальним, але запропонований перелік є уніфікованим і дозволяє оцінювати як окрему систему так і встановлювати порівняльну оцінку декількох аналогічних систем.

Для прийняття за системою критеріїв (1), (2) рішення про ефективність досліджуваної системи слід зазначити наступне. Встановлена система критеріїв є суперечною, тобто маємо задачу багатокритеріальної оцінки [8-10]. Суперечність частинних критеріїв обумовлена конфліктом їх технічних та ергономічних категорії по-відношенню до економічних критеріїв. Подання зміни частинних критеріїв здійснюватиметься у вигляді таблиці дискретних значень, отриманих з використанням методів моделювання, розрахунків або експертного опитування.

Надалі, за сукупністю критеріїв (1), (2) визначається інтегрована оцінки ефективності згідно нелінійною схемою компромісів для дискретно заданих величин [10] із застосуванням технології вкладених згорток [9].

$$Y(y_0) = \sum_{l=1}^k \gamma_{0l} (1 - y_{0l})^{-1} \Rightarrow \min, \quad (3)$$

де $l=1..k$ – кількість включених в згортку частинних критеріїв; γ_{0l} – нормований ваговий коефіцієнт; y_{0l} – нормативний частинний критерій. Нормування параметрів, що входять до згортки (3) здійснюється відносно суми дискретних значень, що описують їх зміну.

Оскільки згортка (3) є мінімізованою, тобто включатиме критерії з вимогою їх мінімізації, тоді частинні дискретні критерії оптимальності нормуються відносно суми поточних значень у кількості N окремо для тих, що мінімізуються

$$y_{0l}^{\min} = \frac{y_l^{\min}}{\sum_{i=1}^N y_{li}^{\min}},$$



та для тих, що максимізуються

$$y_{0i}^{\max} = \left(y_i^{\max} \cdot \sum_{i=1}^N \frac{1}{y_i^{\max}} \right)^{-1}.$$

Узагальнені критерії ефективності досліджуваної системи (2) за згорткою (3) визначатимуться згідно виразів для технічної, ергономічної та економічної категорій

$$\begin{aligned} F_T &= \gamma_{T10} (1 - F_{10})^{-1} + \gamma_{T20} (1 - F_{20})^{-1} + \dots + \\ &\quad + \gamma_{Tl0} (1 - F_{l0})^{-1} + \dots + \gamma_{Tk0} (1 - F_{k0})^{-1} \Rightarrow \min, \\ F_{ERG} &= \gamma_{ERG10} (1 - F_{ERG10})^{-1} + \gamma_{ERG20} (1 - F_{ERG20})^{-1} + \dots + \\ &\quad + \gamma_{ERGl0} (1 - F_{ERGl0})^{-1} + \dots + \gamma_{ERK0} (1 - F_{ERK0})^{-1} \Rightarrow \min, \\ S &= \gamma_{s10} (1 - S_{10})^{-1} + \gamma_{s20} (1 - S_{20})^{-1} + \dots + \\ &\quad + \gamma_{s10} (1 - S_{10})^{-1} + \dots + \gamma_{sk0} (1 - S_{k0})^{-1} \Rightarrow \min. \end{aligned} \quad (4)$$

В певних практичних випадках формування узагальнених критеріїв з частинних може здійснюватись і за мультиплікативними та адитивними схемами. Так, наприклад, якщо критерій економічної категорії характеризує лише вартість системи, то його узагальнення здійснюється за виразом

$$S = S_1 + S_{20} + \dots + S_{l0} + \dots + S_{k0} \Rightarrow \min. \quad (5)$$

Для визначення інтегрованої оцінки ефективності досліджуваної системи (процесу) за дискретною згорткою (3) із унітарних (1) або узагальнених критеріїв (4) здійснюється їх нормування відносно найгіршої оцінки (максимального значення показника, що характеризує частинний критерій) за виразами

$$F_0 = \frac{F}{\max F}, \quad \max F = \sum_{l=1}^k \gamma_{l0} (1 - [\max F_l - \Delta])^{-1}, \quad (6)$$

де F – позначає узагальнені критерії F_T, F_{ERG}, S ; $\max F_l$ – найгірше з можливих значення частинного показника; Δ – коефіцієнт запасу, що забезпечує уникнення некоректних операцій при нормуванні.

З урахуванням зазначеного інтегрована оцінка ефективності досліджуваної системи формується за виразом

$$E_S = \gamma_{T0} (1 - F_{T0})^{-1} + \gamma_{ERG0} (1 - F_{ERG0})^{-1} + \gamma_{s0} (1 - S_0)^{-1} \Rightarrow \min. \quad (7)$$

У даному випадку вагові коефіцієнти забезпечують гнучкість реагування на вимоги щодо домінування критеріїв певної групи.

Для спрощення процесу аналізу ефективності досліджуваної системи за інтегрованою оцінкою (7) слід провести її нормування відповідно до виразу



$$E_{S_0} = 1 - \frac{E_S}{\max E_S},$$
$$\max F = \gamma_{T_0}(1 - [\max F_{T_0} - \Delta])^{-1} + \gamma_{ERG_0}(1 - [\max F_{ERG_0} - \Delta])^{-1} + \gamma_{S_0}(1 - [\max S_0 - \Delta])^{-1}. \quad (8)$$

Тобто, нормування інтегрованої оцінки здійснюється відносно найгіршого варіанту ефективності системи загалом. Саме реалізація такого нормування надає можливість вироблення рішень про ефективність як окремої системи так і встановлення порівняльної оцінки низки досліджуваних систем (процесів). Після нормування інтегрованої оцінки матимемо його зміну у межах від нуля до одиниці з найкращою оцінкою – наближеною до одиниці, а найгіршою – наближеною до нуля. В інтегрованій оцінці враховані задачі і функції системи, фактори, що впливають на ефективність виконуваних функцій, показники (критерії) трьох категорій – технічні, ергономічні, економічні. Надалі можливо здійснювати оцінювання системи у лінгвістичній формі за фундаментальною шкалою поданою у [10].

Виходячи із зазначеного можливо сформулювати *методику багатокритеріальної оцінки ефективності процесів функціонування та використання технічних засобів і складних інформаційної систем.*

1. Формування ієрархії функцій, задач, факторів, показників та критеріїв ефективності досліджуваної систем у вигляді критеріїв трьох категорій: технічної, ергономічної і економічної.

2. Визначення значень, що характеризують зміну критеріїв ефективності досліджуваної системи з використанням методів моделювання, розрахунків або експертного опитування.

3. Вироблення рішень про ефективність досліджуваної системи.

3.1. Нормування частинних критеріїв ефективності.

3.2. Формування узагальнених критеріїв ефективності системи за технічною, ергономічною та економічною категоріями за виразами (4).

3.3. Нормування узагальнених критеріїв ефективності (6).

3.4. Формування інтегрованої оцінки ефективності досліджуваної системи (7) та визначення (за необхідності) лінгвістичної категорії ефективності.



ПИТАННЯ 2 Інтегрована оцінка техніко-економічної ефективності технічної експлуатації авіаційної техніки.

Задача 1

Визначити інтегровану оцінку ефективності ТО авіоники повітряного судна з різними строками експлуатації. За мінімальним значенням інтегрованої оцінки здійснити висновок про доцільність застосування ТО до конкретного літака. Вишикувати ієрархію доцільності. Вихідні дані для розрахунку наведені в табл.1.

| Показники ефективності ТО | Обліковий номер літака (час напрацювання, год.) | | | | | | | |
|---|---|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| | 3578 (35000) | 4456 (48006) | 5567 (26007) | 3456 (68008) | 4568 (34567) | 3400 (87657) | 7777 (84667) | 5555 (89567) |
| Ймовірність виконання ТО P_{TO} | 0,8 | 0,9 | 0,7 | 0,7 | 0,9 | 0,5 | 0,4 | 0,5 |
| Середній час виконання ТО T_{TOsr} , год. | 678 | 568 | 736 | 897 | 567 | 876 | 845 | 986 |
| Середня тривалість ТО T_{ITO} , год. | 2100 | 3450 | 6700 | 4500 | 2307 | 4578 | 3200 | 5239 |
| Середня сумарна тривалість ТО T_{ITO} , год. | 4567 | 4980 | 4561 | 5648 | 3589 | 5346 | 4500 | 6780 |
| Періодичність ТО T_{TOopt} , год. | 100000 | 100000 | 100000 | 100000 | 100000 | 100000 | 100000 | 100000 |
| Сумарна вартість ТО C_{Σ} , мл.грн. | 4,780 | 5,689 | 4,500 | 3,800 | 6,900 | 5,476 | 6,980 | 7,098 |

Нормування часткових показників здійснити відносно суми усіх N значень за виразом для тих, що мінімізуються

$$y_{0i}^{\min} = \frac{y_i^{\min}}{\sum_{i=1}^N y_i^{\min}},$$

та для тих, що максимізуються




$$y_{0l}^{\max} = \left(y_l^{\max} \cdot \sum_{i=1}^N \frac{1}{y_{li}^{\max}} \right)^{-1}.$$

Інтегровану оцінку ефективності ТО авіоники повітряного судна розрахувати за згорткою:

$$Y(y_0) = \sum_{l=1}^k \gamma_{0l} (1 - y_{0l})^{-1} \Rightarrow \min ,$$

де $l=1...k$ – кількість включених в згортку частинних критеріїв; γ_{0l} – нормований ваговий коефіцієнт; y_{0l} – нормативний частинний критерій. Нормування параметрів, що входять до згортки (3) здійснюється відносно суми дискретних значень, що описують їх зміну.

Для розрахунків використати будь-яке спеціалізоване програмне середовище.

| | | | |
|---|---|-------------------|---------------------------------|
|  | НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНИЙ КОМПЛЕКС навчальної дисципліни «Основні етапи життєвого циклу та менеджмент об'єктів авіоніки» | Шифр документа | СМЯ НАУ РНП 22.01.05-01-2017 |
| | | Стор. 48 з 61 | |

Практичне заняття № 7

Тема практичного заняття:


ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДІВ ТЕОРІЇ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ДЛЯ ЕФЕКТИВНОГО УПРАВЛІННЯ ТЕХНІЧНИМ ОБСЛУГОВУВАННЯМ ОБ'ЄКТІВ АВІОНІКИ

План практичного заняття

1. Застосування методів теорії прийняття рішень для реалізації процесів ефективного управління технічним обслуговуванням об'єктів авіоніки.

Література

1. Орлов О.В. Керування процесами технічного обслуговування авіаційної техніки: навч. Посібник. – К.: НАУ, 2001. – 108 с.
2. Павлов В.В., Скрипець А.В. Эргономические вопросы создания и эксплуатации авиационных электрофицированных и пилотажно-навигационных комплексов воздушных судов: учебное пособие. – К.: КМУГА, 2000. – 460с.
3. Тамаргазін О.А. Системи технічного обслуговування пасажирських літаків.: Монографія. – К.: КМУЦА, 2000. – 268с.
4. Писарчук О.О. Методологічні основи наукових досліджень. Математичне моделювання та оптимізація складних систем. І.Г. Грабар, О.О. Писарчук та ін. Навчальний посібник. – Житомир: ЖВІ ДУТ, 2015. – 680 с.
5. Техническая эксплуатация авиационного оборудования: Учебник для вузов / В.Г. Воробьев, В.Д.Константинов, В.Г.Денисов и др. М.: Транспорт, 1990. – 296с.
6. Клочков В.В. CALS-технологии в авиационной промышленности: организационно-экономические аспекты. Монография. – М.: Византи . – 2005, 120 с.

| | | | |
|---|---|----------------|---------------------------------|
|  | НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНИЙ КОМПЛЕКС навчальної дисципліни «Основні етапи життєвого циклу та менеджмент об'єктів авіоніки» | Шифр документа | СМЯ НАУ РНП 22.01.05-01-2017 |
| | | Стор. 49 з 61 | |

Зміст практичного заняття

ПИТАННЯ 1 Застосування методів теорії прийняття рішень для реалізації процесів ефективного управління технічним обслуговуванням об'єктів авіоніки.

Визначення відповідності технічних засобів (ТЗ) вимогам установлених стандартів. Організація та удосконалення процесів навігації та керування рухом потребують визначення відповідності складових авіоніки ПС або системи в цілому вимогам певних стандартів, що регламентовано, наприклад, вимогами ІСАО для організації повітряного руху. Ці вимоги можуть стосуватись як технічні характеристики (ТХ), так і похідних від них – показників надійності, електромагнітної сумісності, безпеки польотів ПС, надійності керування тощо. У зв'язку із цим розглянуто розв'язок задачі визначення відповідності ТЗ вимогам установлених стандартів із застосуванням розробленої методики багатокритеріальної ідентифікації. Приклад стосуватиметься переліку ознак у вигляді показників ТХ виробів.

Розв'язок задачі проводиться за схемою рис.1.

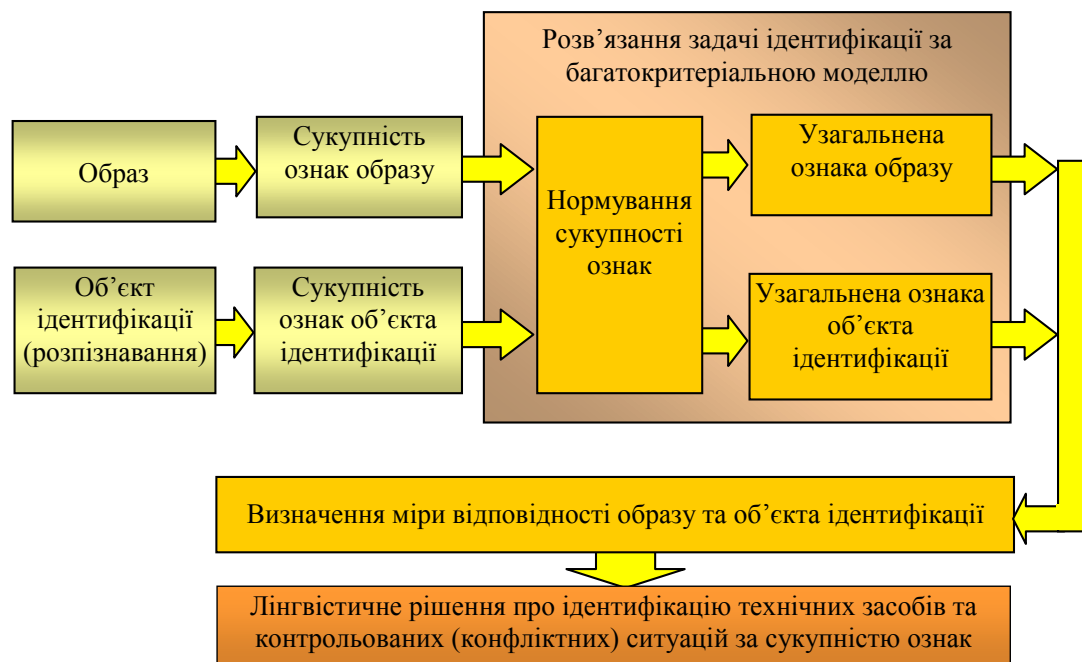


Рис. 1. Структурна схема багатокритеріальної методики ідентифікації технічних засобів та контрольованих (конфліктних) ситуацій

Завдання, що розв'язується.

Завдання визначення відповідності ТЗ (виробу) встановленим стандартам формалізується у такий спосіб. Для еталонного (що має



контрольовані параметри відповідно до встановлених стандартів) і декількох порівнюваних ТЗ відома сукупність ТХ. Як технічні засоби, що підлягають оцінюванню на відповідність стандартам, розглядатиметься об'єкт ідентифікації – радіопередавальні станції (засоби зв'язку, передачі команд керування тощо) чотирьох типів ($m=4$). Необхідно оцінити ступінь відповідності порівнюваних ТЗ еталону (стандарту) за такими параметрами: ТХ виробу – частотний діапазон роботи, потужність випромінювання, час, що витрачається на введення в експлуатацію; ЕМС виробу з аналогічними зразками; технічна реалізація (ТР) виробу – відповідність елементної бази встановленим стандартам, взаємозамінюваність елементних блоків різних фірм-виробників та ін. Еталоном слугуватиме радіопередавальна станція з ТХ, що відповідають вимогам стандартів, або безпосередньо вимоги стандартів.

З урахуванням установленого переліку порівнювальних параметрів можна уточнити ознаки образу (ТЗ із параметрами, що відповідають стандартам – еталон) та об'єкта ідентифікації: T_1 – частотний діапазон роботи станції (МГц); T_2 – потужність випромінювання (Вт); T_3 – час сканування (с); T_4 – кількість частотних каналів (шт.); T_5 – узагальнений показник ЕМС роботи станції; T_6 – узагальнений показник технічної реалізації ТЗ, з чого випливає $N = N_1 = N_2 = \dots = N_{k=4} = 6$. Отже, матимемо множину ознак еталона

$$E = \{T_1, T_2, T_3, T_4, T_5, T_6\} \quad (1)$$

та множину ознак для кожного з 4 об'єктів ідентифікації

$$\begin{aligned} S_1 &= \{T_{11}, T_{12}, T_{13}, T_{14}, T_{15}, T_{16}\}; \\ S_2 &= \{T_{21}, T_{22}, T_{23}, T_{24}, T_{25}, T_{26}\}; \\ S_3 &= \{T_{31}, T_{32}, T_{33}, T_{34}, T_{35}, T_{36}\}; \\ S_4 &= \{T_{41}, T_{42}, T_{43}, T_{44}, T_{45}, T_{46}\}. \end{aligned} \quad (2)$$

Таблиця порівняльних ознак матиме вигляд, як табл. 1

Таблиця 1

Порівняльні ознаки радіопередавальних станцій

| № з/п | Належність ознак | ТХ | | | | ЕМС | ТР |
|-------|------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| | | T_1 | T_2 | T_3 | T_4 | T_5 | T_6 |
| 1 | E | T_1 | T_2 | T_3 | T_4 | T_5 | T_6 |
| 2 | S_1 | T_{11} | T_{12} | T_{13} | T_{14} | T_{15} | T_{16} |
| 3 | S_2 | T_{21} | T_{22} | T_{23} | T_{24} | T_{25} | T_{26} |
| 4 | S_3 | T_{31} | T_{32} | T_{33} | T_{34} | T_{35} | T_{36} |
| 5 | S_4 | T_{41} | T_{42} | T_{43} | T_{44} | T_{45} | T_{46} |



Відповідно до згортки за нелінійною схемою компромісів та переліку ознак (1), (2) і даних табл.1 узагальнені ознаки образу й об'єктів ідентифікації визначаються за виразами:

$$P_l = \sum_{j=1}^{N, N_1, N_2, \dots, N_k} \gamma_{0lj} [1 - T_{0lj}]^{-1}, l = 1 \dots m$$

$$E = \gamma_{01} [1 - T_{01}]^{-1} + \gamma_{02} [1 - T_{02}]^{-1} + \gamma_{03} [1 - T_{03}]^{-1} + \gamma_{04} [1 - T_{04}]^{-1} + \gamma_{05} [1 - T_{05}]^{-1} + \gamma_{06} [1 - T_{06}]^{-1}; \quad (3)$$

$$S_l = \gamma_{0l1} [1 - T_{0l1}]^{-1} + \gamma_{0l2} [1 - T_{0l2}]^{-1} + \gamma_{0l3} [1 - T_{0l3}]^{-1} + \gamma_{0l4} [1 - T_{0l4}]^{-1} + \gamma_{0l5} [1 - T_{0l5}]^{-1} + \gamma_{0l6} [1 - T_{0l6}]^{-1}, l = 1 \dots 4. \quad (4)$$

Для подальшої реалізації етапів розробленої методики ідентифікації і вироблення рішення про відповідність об'єкта ідентифікації встановленим стандартам вважатимемо відомими числові значення ТХ про абстрактні радіопередавальні пристрої, які формуватимуть таблицю ознак – табл.2.

Таблиця 2

Значення порівняльних ознак радіопередавальних станцій

| № з/п | Належність ознак | ТХ | | | | ЕМС | ТР |
|-------|------------------|----------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | T_1 | T_2 | T_3 | T_4 | T_5 | T_6 |
| 1 | E | 1,5-20 | 2 | 1,5 | 1 | 1 | 100 |
| 2 | S_1 | 1,5-25,5 | 0,8-1 | 6 | 4 | 0,5 | 25 |
| 3 | S_2 | 1,5-30 | 1 | 6 | 4 | 0,5 | 27 |
| 4 | S_3 | 1,5-25,5 | 2,5 | 6 | 4 | 0,5 | 30 |
| 5 | S_4 | 1,5-30 | 5 | 6 | 4 | 0,5 | 27 |

Нормованих значень, що характеризують ознаки образу та об'єкта ідентифікації, набудемо шляхом застосування до даних табл.2 виразу нормування відносно суми усіх значень. Результати розрахунків подано в табл.3.

Таблиця 3

Нормовані значення порівняльних ознак радіопередавальних станцій

| № з/п | Належність ознак | T_1 | T_2 | T_3 | T_4 | T_5 | T_6 |
|-------|------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1 | E | 0,150 | 0,170 | 0,500 | 0,060 | 0,330 | 0,500 |
| 2 | S_1 | 0,190 | 0,080 | 0,125 | 0,230 | 0,160 | 0,120 |
| 3 | S_2 | 0,220 | 0,080 | 0,125 | 0,230 | 0,160 | 0,130 |
| 4 | S_3 | 0,190 | 0,210 | 0,125 | 0,230 | 0,160 | 0,140 |
| 5 | S_4 | 0,220 | 0,430 | 0,125 | 0,230 | 0,160 | 0,130 |



Значення, що характеризуватимуть узагальнені ознаки для об'єкта ідентифікації і образу розраховуються за даними табл.3 згідно з виразами (3), (4).

Розраховуючи за виразами

$$W_1 = \frac{P_1}{P_E}, W_2 = \frac{P_2}{P_E}, \dots, W_m = \frac{P_m}{P_E} .$$

значення, що характеризуватимуть міру відповідності об'єкта ідентифікації образу, а фактично визначають ступінь відповідності радіопередавальної станції стандартам, викладеними у вигляді еталона. Порівнюючи отримані значення із лінгвістичною шкалою відповідності, отримуємо результати, подані у вигляді табл.4.

Таблиця 4

Відповідність технічних засобів установленим стандартам

| № з/п | Тип технічного засобу | Значення $W_l, l=1..4$ | Лінгвістична категорія відповідності |
|-------|-----------------------|------------------------|--------------------------------------|
| 1 | S_1 | 0,79 | Частково відповідає |
| 2 | S_2 | 0,80 | Частково відповідає |
| 3 | S_3 | 0,81 | Частково відповідає |
| 4 | S_4 | 0,87 | Відповідає |


Таким чином, наведені результати розрахунків з оцінювання рівня відповідності радіопередавальних станцій встановленим стандартам за переліком показників ТХ доводять дієвість розробленої методики багатокритеріальної ідентифікації. Розглянутий приклад демонструє можливості методів теорії прийняття рішень, які виявляються у формуванні рішення про ідентифікацію як в однозначному вигляді, так і у формі альтернативних суджень залежно від узагальненого значення, що характеризує міру відповідності об'єкта ідентифікації образу.

Завдання.1.

Ознайомитись з матеріалом прикладу, та провести аналіз отриманих результатів. Занотувати матеріали прикладу у зошиті.

Завдання 2.

Відповідно до розглянутого прикладу сформуванню таблицю порівняльних ознак радіопередавальних станцій вигляду табл. 1 та записати моделі ідентифікації вигляду (3) і (4) у випадку, якщо задано 3 об'єкти ідентифікації і 4 порівняльні параметри.

| | | | |
|---|---|-------------------|---------------------------------|
|  | НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНИЙ КОМПЛЕКС навчальної дисципліни «Основні етапи життєвого циклу та менеджмент об'єктів авіоніки» | Шифр документа | СМЯ НАУ РНП 22.01.05-01-2017 |
| | | Стор. 53 з 61 | |

Практичне заняття № 8

Тема практичного заняття:


ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДІВ ТЕОРІЇ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ДЛЯ ЕФЕКТИВНОГО УПРАВЛІННЯ РЕСУРСАМИ ПІД ЧАС ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ ОБ'ЄКТІВ АВІОНІКИ.

План практичного заняття

1. Застосування методів теорії прийняття рішень для ефективного управління ресурсами під час технічного обслуговування об'єктів авіоніки.

Література

1. Орлов О.В. Керування процесами технічного обслуговування авіаційної техніки: навч. Посібник. – К.: НАУ, 2001. – 108 с.
2. Павлов В.В., Скрипець А.В. Эргономические вопросы создания и эксплуатации авиационных электрофицированных и пилотажно-навигационных комплексов воздушных судов: учебное пособие. – К.: КМУГА, 2000. – 460с.
3. Тамаргазін О.А. Системи технічного обслуговування пасажирських літаків.: Монографія. – К.: КМУЦА, 2000. – 268с.
4. Писарчук О.О. Методологічні основи наукових досліджень. Математичне моделювання та оптимізація складних систем. І.Г. Грабар, О.О. Писарчук та ін. Навчальний посібник. – Житомир: ЖВІ ДУТ, 2015. – 680 с.
5. Техническая эксплуатация авиационного оборудования: Учебник для вузов / В.Г. Воробьев, В.Д.Константинов, В.Г.Денисов и др. М.: Транспорт, 1990. – 296с.
6. Клочков В.В. CALS-технологии в авиационной промышленности: организационно-экономические аспекты. Монография. – М.: Византи . – 2005, 120 с.

| | | | |
|---|---|-------------------|---------------------------------|
|  | НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНИЙ КОМПЛЕКС навчальної дисципліни «Основні етапи життєвого циклу та менеджмент об'єктів авіоніки» | Шифр документа | СМЯ НАУ РНП 22.01.05-01-2017 |
| | | Стор. 54 з 61 | |

Зміст практичного заняття

ПИТАННЯ 1 Застосування методів теорії прийняття рішень для ефективного управління ресурсами під час технічного обслуговуванням об'єктів авіоніки.

В практиці реалізації процесів управління ресурсами з огляду на обслуговування об'єктів авіоніки можна виділити задачі доставки обладнання та спостереження за станом. Ці задачі можна звести до транспортних задач оптимізації. Розв'язання транспортних задач розподілу ресурсів можливо реалізувати методами теорії операцій – лінійні однокритеріальні підходи, або альтернативними методами. До альтернативних методів слід віднести багатокритеріальну методику розподілу обмежених ресурсів.

Суть підходу розглянуто на лекції і пояснюється структурною схемою рис.1.

Приклад реалізації методики наведемо для розв'язку задачі класу «спостереження за станом». У цьому сенсі розглянуто задача радіомоніторингу для контролю радіоелектронної обстановки в зоні дії засобів визначення координат повітряного судна (ПС), систем радіонавігації літальних апаратів і наземних об'єктів. Нехай в заданому районі зосереджена сукупність об'єктів спостереження (ОС) з прогнозованою їх кількістю. На кожному ОС розміщено декілька джерел радіовипромінювання (ДРВ), кількість яких теж прогнозується. Для ОС можна задати їх пріоритетність в обслуговуванні з метою ідентифікації (розпізнавання за типом) і ймовірність визначення типу ОС шляхом ідентифікації (розпізнавання) ДРВ (визначення типів і режимів функціонування працюючих радіотехнічних засобів). Для ідентифікації ОС шляхом спостереження за ДРВ виділяється обмежена кількість технічних засобів контролю радіовипромінювання (станцій радіоспостереження – постів). Необхідно розподілити обмежену кількість станцій за ДРВ на ОС, забезпечивши максимальну ймовірність ідентифікації за типом, режимами функціонування ОС з урахуванням їх пріоритету. Споживачами у прикладі є ОС з потребами – ДРВ, а постачальниками – станції радіоспостереження з обмеженим технічним ресурсом (завантаження частотного діапазону, каналів приймачів, часовий ресурс спостереження за ДРВ тощо) для спостереження ДРВ за кількістю і частотними діапазонами роботи.

Таблиця ранжування формується за трьома категоріями значущості з погляду на черговість обслуговування. Вважаються заданими кількісні та якісні характеристики ідентифікації ОС кожної групи (табл.1).



У кожній виділеній групі значущості здійснюється ранжування за пріоритетом ДРВ для всіх ОС. Для кожного ДРВ поставлено у відповідність імовірності ідентифікації ОС через джерело P_{DRV}^{id} .

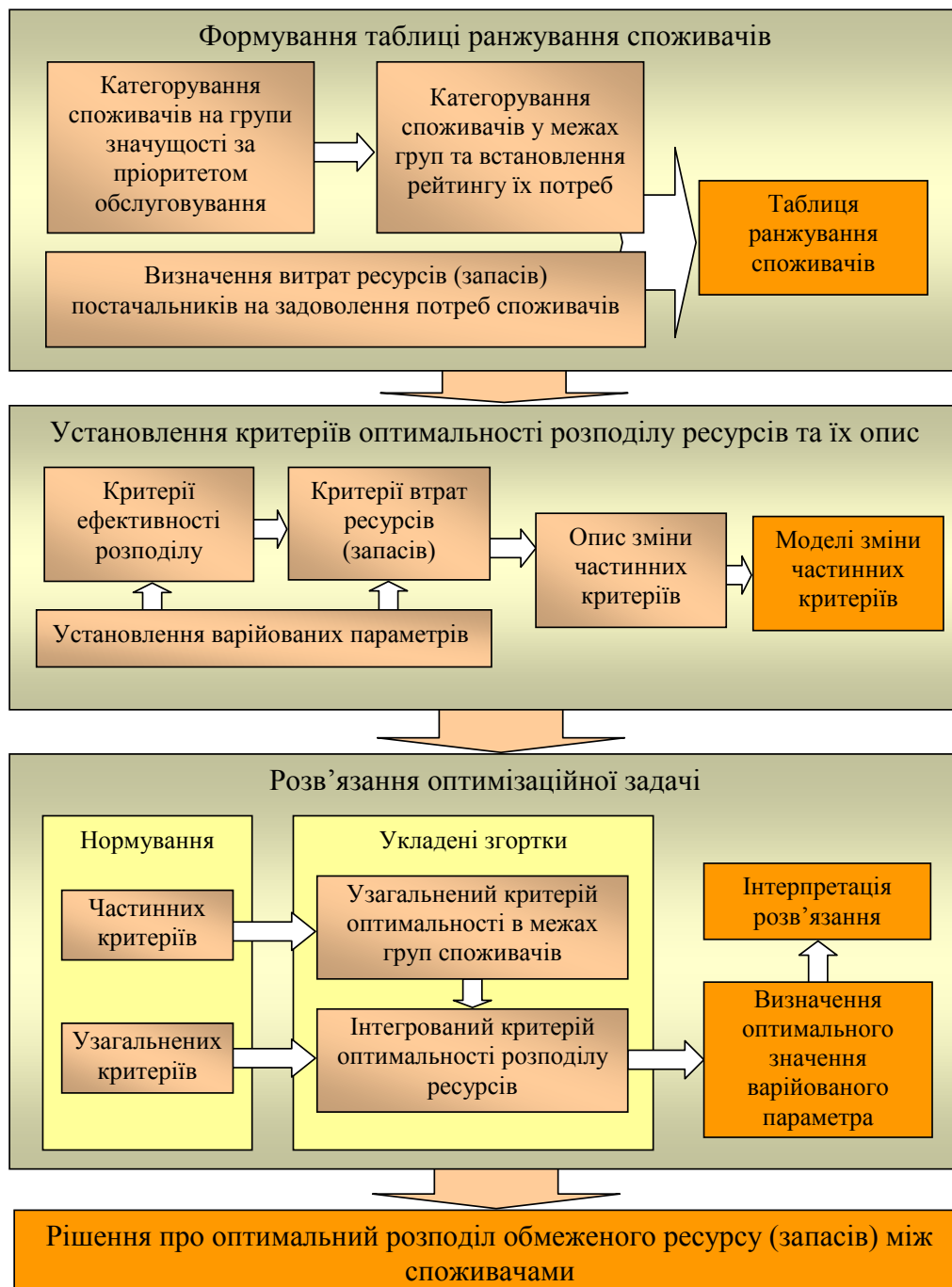


Рис.1. Структурно-логічна схема багатокритеріальної методики оптимального розподілу обмежених ресурсів



Таблиця 1

Вимоги до розподілу ресурсів постів за групами ОС

| Номер групи ОС | Частка розпізнаних ОС, % | Імовірність розпізнавання ОС |
|----------------|--------------------------|------------------------------|
| 1 | 90 | 0,9 |
| 2 | 70 | 0,7 |
| 3 | 50 | 0,5 |

Надалі визначається витратний ресурс засобів радіоспостереження для ідентифікації ДРВ, наприклад, через порівняння частотних діапазонів поста та ДРВ у смузі їх перекриття. У результаті отримано таблицю ранжування (табл.2).

Таблиця 2

Таблиця ранжування об'єктів спостереження

| Номер групи ОС/ Номер ОС у групі | Пріоритет ДРВ | Тип ДРВ | P_{DRV}^{id} | Діапазон роботи ДРВ | Тип, діапазон роботи поста | Ресурс поста |
|-------------------------------------|---------------|-----------|--------------------|----------------------|----------------------------|--------------|
| Об'єкт спостереження групи 1 | | | | | | |
| 1/1 | Тип ОС-1 | | | | | |
| | 1 | ДРВ1 | P_{DRV1}^{id} | Δf_{DRV1} | $T_1, \Delta f_{p1}$ | R_1 |
| | 2 | ДРВ2 | P_{DRV2}^{id} | Δf_{DRV2} | $T_2, \Delta f_{p2}$ | R_2 |
| | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| | J_1 | ДРВ J_1 | $P_{DRV1J_1}^{id}$ | Δf_{DRV1J_1} | $T_K, \Delta f_{pK}$ | R_K |
| 1/2 | Тип ОС-2 | | | | | |
| | 1 | ДРВ1 | P_{DRV21}^{id} | Δf_{DRV21} | $T_1, \Delta f_{p1}$ | R_1 |
| | 2 | ДРВ2 | P_{DRV22}^{id} | Δf_{DRV22} | $T_2, \Delta f_{p2}$ | R_1 |
| | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| | J_2 | ДРВ J_2 | $P_{DRV2J_2}^{id}$ | Δf_{DRV2J_2} | $T_K, \Delta f_{pK}$ | R_K |
| ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| Об'єкт спостереження групи 2 | | | | | | |
| 2/1 | Тип ОС-1 | | | | | |
| | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| Об'єкт спостереження групи 3 | | | | | | |
| 3/1 | Тип ОС-1 | | | | | |
| | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| | ... | ... | ... | ... | ... | ... |



Оптимізованими параметрами (вони ж варійовані параметри) взято кількість станцій радіоспостереження, що виділяються для ідентифікації обраного ОС через ДРВ n_i . Частинними критеріями ефективності розподілу ресурсів прийнята ймовірність ідентифікації ОС, а критерієм вартості – витрати ресурсу постів

$$P_{OS}^{id}(n) \rightarrow \max, S(n) \rightarrow \min. \quad (1)$$

З урахуванням уведених позначень матимемо критерії (1) для ОС однієї групи значущості

$$\begin{cases} P_{OS1}^{id}(n_1) \rightarrow \max, S_1(n_1) \rightarrow \min; \\ P_{OS2}^{id}(n_2) \rightarrow \max, S_2(n_2) \rightarrow \min, \dots; \\ P_{OSi}^{id}(n_i) \rightarrow \max, S_i(n_i) \rightarrow \min, \dots; \\ P_{OSI}^{id}(n_I) \rightarrow \max, S_I(n_I) \rightarrow \min. \end{cases} \quad (2)$$

Зміну частинних критеріїв оптимальності описуємо таким чином:

$$P_{OSi}^{id}(n_i) = 1 - \prod_{j=1}^{J=N_j} (1 - P_{DRVj}^{id}), \quad S_i(n_i) = \sum_{j=1}^{J=N_j} R_j. \quad (3)$$

Вирази (3) дозволяють отримати дискретні дані, що описують зміну частинних критеріїв оптимальності (2) за якими формуються поліноміальні моделі частинних критеріїв вигляду (3), (4).

Після нормувань частинних критеріїв (2) за технологією вкладених згорток за нелінійною схемою компромісів для трьох груп важливості, отримаємо уточнену систему частинних критеріїв

$$\begin{cases} \delta_1(n_{11}, n_{12}, \dots, n_{1i}, \dots, n_{1I_1}) \rightarrow \min; \\ \delta_2(n_{21}, n_{22}, \dots, n_{2i}, \dots, n_{2I_2}) \rightarrow \min; \\ \delta_3(n_{31}, n_{32}, \dots, n_{3i}, \dots, n_{3I_3}) \rightarrow \min; \\ S(n_{11}, n_{12}, \dots, n_{1i}, \dots, n_{1I_1}, n_{21}, n_{22}, \dots, n_{2i}, \dots, n_{2I_2}, n_{31}, n_{32}, \dots, n_{3i}, \dots, n_{3I_3}) \rightarrow \min. \end{cases} \quad (4)$$

де

$$\begin{aligned} \delta_1(n_{11}, n_{12}, \dots, n_{1i}, \dots, n_{1I_1}) &= \gamma_{011}(1 - \varphi_{011}(n_{11}))^{-1} + \gamma_{012}(1 - \varphi_{012}(n_{12}))^{-1} + \dots + \\ &\quad + \gamma_{01i}(1 - \varphi_{01i}(n_{1i}))^{-1} + \dots + \gamma_{01I_1}(1 - \varphi_{01I_1}(n_{1I_1}))^{-1}, \\ \delta_2(n_{21}, n_{22}, \dots, n_{2i}, \dots, n_{2I_2}) &= \gamma_{021}(1 - \varphi_{021}(n_{21}))^{-1} + \gamma_{022}(1 - \varphi_{022}(n_{22}))^{-1} + \dots + \\ &\quad + \gamma_{02i}(1 - \varphi_{02i}(n_{2i}))^{-1} + \dots + \gamma_{02I_2}(1 - \varphi_{02I_2}(n_{2I_2}))^{-1}, \\ \delta_3(n_{31}, n_{32}, \dots, n_{3i}, \dots, n_{3I_3}) &= \gamma_{031}(1 - \varphi_{031}(n_{31}))^{-1} + \gamma_{032}(1 - \varphi_{032}(n_{32}))^{-1} + \dots + \\ &\quad + \gamma_{03i}(1 - \varphi_{03i}(n_{3i}))^{-1} + \dots + \gamma_{03I_3}(1 - \varphi_{03I_3}(n_{3I_3}))^{-1}, \end{aligned}$$



$$\begin{aligned} S(n_{11}, n_{12}, \dots, n_{1i}, \dots, n_{21}, n_{22}, \dots, n_{2i}, \dots, n_{2I_2}, \dots, \\ n_{31}, n_{32}, \dots, n_{3i}, \dots, n_{3I_3}) = \\ = \gamma_{0S11}(1 - \varphi_{0S11}(n_{11}))^{-1} + \gamma_{0S12}(1 - \varphi_{0S12}(n_{12}))^{-1} + \dots + \\ + \gamma_{0Si}(1 - \varphi_{0Si}(n_{1i}))^{-1} \dots + \gamma_{0S1I_1}(1 - \varphi_{0S1I_1}(n_{1I_1}))^{-1} + \\ + \gamma_{0S21}(1 - \varphi_{0S21}(n_{21}))^{-1} + \gamma_{0S22}(1 - \varphi_{0S22}(n_{22}))^{-1} + \dots + \\ + \gamma_{0S2i}(1 - \varphi_{0S2i}(n_{2i}))^{-1} \dots + \gamma_{0S2I_2}(1 - \varphi_{0S2I_2}(n_{2I_2}))^{-1} + \dots \\ + \gamma_{0S31}(1 - \varphi_{0S31}(n_{31}))^{-1} + \gamma_{0S32}(1 - \varphi_{0S32}(n_{32}))^{-1} + \dots + \\ + \gamma_{0S3i}(1 - \varphi_{0S3i}(n_{3i}))^{-1} \dots + \gamma_{0S3I_3}(1 - \varphi_{0S3I_3}(n_{3I_3}))^{-1} \end{aligned}$$

Інтегрований критерій оптимального розподілу ресурсів станцій радіоспостереження (оптимізаційна модель) матиме вигляд

$$\begin{aligned} \Omega(n_{11}, n_{12}, \dots, n_{1i}, \dots, n_{1I_1}, n_{21}, n_{22}, \dots, n_{2i}, \dots, n_{2I_2}, n_{31}, n_{32}, \dots, n_{3i}, \dots, n_{3I_3}) = \\ = G_{01}(1 - \delta_{01}(n_{11}, n_{12}, \dots, n_{1i}, \dots, n_{1I_1}))^{-1} + G_{02}(1 - \delta_{02}(n_{21}, n_{22}, \dots, n_{2i}, \dots, n_{2I_2}))^{-1} + \\ + G_{03}(1 - \delta_{03}(n_{31}, n_{32}, \dots, n_{3i}, \dots, n_{3I_3}))^{-1} + F_{0p}(1 - S(n_{11}, n_{12}, \dots, n_{1i}, \dots, n_{1I_1}, \\ n_{21}, n_{22}, \dots, n_{2i}, \dots, n_{2I_2}, n_{31}, n_{32}, \dots, n_{3i}, \dots, n_{3I_3}))^{-1} \rightarrow \min. \end{aligned} \quad (5)$$

Вагові коефіцієнти у виразі (5) нормуємо з урахуванням вимог, поданих у табл.1, таким чином

$$G_{01} = 0,9 / (0,9 + 0,7 + 0,5 + F_p), \quad G_{02} = 0,7 / (0,9 + 0,7 + 0,5 + F_p);$$

$$G_{03} = 0,5 / (0,9 + 0,7 + 0,5 + F_p), \quad F_{0p} = F_p / (0,9 + 0,7 + 0,5 + F_p),$$

де F_p – ненормована вага критеріальної функції вартості.

Розрахунки згідно з методикою оптимального розподілу обмежених ресурсів виконувалися за такими даними. У заданому районі перебувають три ОС, для яких відомі ДРВ. Загалом маємо шість різних типів ДРВ. Так, перший ОС містить 3 джерела першого, другого і третього типів, другий ОС – 4 ДРВ першого, другого, четвертого та п'ятого типів, а третій ОС складається з 5 ДРВ першого, другого, четвертого, п'ятого, шостого типів. Тобто загалом маємо для спостереження 12 ДРВ для ідентифікації трьох ОС. Для ідентифікації ОС шляхом спостереження за ДРВ виділяються 9 станцій радіоспостереження, причому спостереження за ДРВ першого типу може здійснюватись однією станцією, другого типу – трьома станціями, третього типу – однією станцією, четвертого типу – двома станціями, п'ятого та шостого типів по одній станції (табл.3).

Необхідно розподілити обмежену кількість станцій радіоспостереження за ДРВ на ОС із забезпеченням максимальної ймовірності ідентифікації за типами і режимами функціонування ОС. Вважається визначеною таблиця ранжування ОС у вигляді табл.3.



Таблиця 3

Початкові дані задачі розподілу ресурсів

| Характеристики ОС та ДРВ | | Характеристика станцій | |
|--------------------------|----------------|------------------------|-------------------|
| Типи ОС | Типи ДРВ на ОС | Типи ДРВ | Кількість станцій |
| ОС1 | 1, 2, 3 | 1 | 1 |
| | | 2 | 3 |
| ОС2 | 1, 2, 4, 5 | 3 | 1 |
| | | 4 | 2 |
| ОС3 | 1, 2, 4, 5, 6 | 5 | 1 |
| | | 6 | 1 |
| Загалом 3 ОС | Загалом 12 ДРВ | Загалом 9 станцій | |

Таблиця 4

Таблиця ранжування ОС

| Номер ОС | Пріоритет ДРВ | Тип ДРВ | P_{DRV}^{id} | Ресурс станції |
|----------|---------------|---------|----------------|----------------|
| 1 | Тип ОС-1 | | | |
| | 1 | ДРВ3 | 0,6 | 4 |
| | 2 | ДРВ2 | 0,7 | 5 |
| | 3 | ДРВ1 | 0,4 | 2 |
| 2 | Тип ОС-2 | | | |
| | 1 | ДРВ4 | 0,5 | 3 |
| | 2 | ДРВ5 | 0,6 | 2,5 |
| | 3 | ДРВ2 | 0,7 | 5 |
| | 4 | ДРВ1 | 0,3 | 2 |
| 3 | Тип ОС-3 | | | |
| | 1 | ДРВ4 | 0,5 | 3 |
| | 2 | ДРВ5 | 0,6 | 2,5 |
| | 3 | ДРВ6 | 0,7 | 2,5 |
| | 4 | ДРВ2 | 0,3 | 5 |
| | 5 | ДРВ1 | 0,3 | 2 |

Для умови задачі маємо три варійовані параметри n_1, n_2, n_3 – кількість станцій радіоспостереження, що виділяються для ідентифікації трьох ОС шляхом спостереження за ДРВ. Тоді система частинних критеріїв набуде вигляду

$$\begin{cases} P_{OS1}^{id}(n_1) \rightarrow \max, P_{OS2}^{id}(n_2) \rightarrow \max, P_{OS3}^{id}(n_3) \rightarrow \max; \\ S_1(n_1) \rightarrow \min. \end{cases} \quad (6)$$

Для опису зміни частинних критеріїв (6) здійснюється апроксимація даних табл.4 за методом найменших квадратів (МНК). Результатом є аналітичні моделі критеріальних функцій частинних критеріїв оптимальності розподілу обмежених ресурсів станцій радіоспостереження за ДРВ на ОС:



$$\begin{cases} P_{OS1}^{id}(n_1) = 0,088 + 0,628 \cdot n_1 - 0,116 \cdot n_1^2 \rightarrow \max, \\ P_{OS2}^{id}(n_2) = 0,0685 + 0,5039 \cdot n_2 - 0,0705 \cdot n_2^2 \rightarrow \max, \\ P_{OS3}^{id}(n_3) = -0,0609 + 0,7125 \cdot n_3 - 0,1657 \cdot n_3^2 + 0,0129 \cdot n_3^3 \rightarrow \max, \\ S(n_1, n_2, n_3) = 11 \cdot n_1 + 12,5 \cdot n_2 + 15 \cdot n_3 \rightarrow \min. \end{cases} \quad (7)$$

З урахуванням (4), (7), даних табл.4, відповідно до нормувань частинних критеріїв і згідно моделі (5) матимемо інтегрований критерій оптимального розподілу обмежених ресурсів станцій радіоспостереження для умов задачі, що розв'язується у вигляді

$$\begin{aligned} \Omega(n_1, n_2, n_3) = & \frac{G_{01}}{1 - \frac{\min P_{OS1}^{id}(n_1=1)}{P_{OS1}^{id}}} + \frac{G_{02}}{1 - \frac{\min P_{OS2}^{id}(n_2=1)}{P_{OS2}^{id}}} + \\ & + \frac{G_{03}}{1 - \frac{\min P_{OS3}^{id}(n_3=1)}{P_{OS3}^{id}}} - \frac{F_{0p}}{1 - \frac{S(n_1, n_2, n_3)}{\max S(n_1=3, n_2=3, n_3=3)}} \rightarrow \min. \end{aligned} \quad (8)$$

Оптимальні значення варійованих параметрів за інтегрованим критерієм оптимальності (8) визначаємо у припущенні що вагові коефіцієнти частинних критеріїв оптимальності $G_{01}, G_{02}, G_{03}, F_{0p}$ рівні одиниці:

$$\left\{ \frac{\partial \Omega(n_1, n_2, n_3)}{\partial n_1} = 0, \frac{\partial \Omega(n_1, n_2, n_3)}{\partial n_2} = 0, \frac{\partial \Omega(n_1, n_2, n_3)}{\partial n_3} = 0. \right. \quad (9)$$

Розв'язком системи рівнянь (9) є значення варійованих параметрів $n_1^* = 2,6; n_2^* = 3,1; n_3^* = 4,0$, які після зведення до натуральних чисел набуватимуть остаточного значення $n_1^{opt} = 2; n_2^{opt} = 3; n_3^{opt} = 4$. Інтерпретація отриманого розв'язку потребує поєднання табл.4 та результатів розв'язання оптимізаційної задачі. Для ідентифікації першого ОС виділено дві станції для спостереження за ДРВ першого та другого типів. Для ідентифікації другого ОС виділено три станції радіоспостереження для обслуговування ДРВ четвертого, п'ятого і другого типів. Для ідентифікації третього ОС виділено чотири станції для спостереження за ДРВ четвертого, п'ятого, шостого і третього типів. Отже, використано ресурс дев'яти станцій радіоспостереження, при цьому ідентифіковано всі ОС та поставлено на спостереження дев'ять ДРВ. Особливістю розглянутого прикладу є рівноправність усіх ОС (без виділення груп значущості), але він є ілюстративним для демонстрації порядку застосування розробленого підходу.

Таким чином, розглянуто приклад застосування багатокритеріальної методики оптимального розподілу обмежених ресурсів, яка ґрунтується на поданні задачі в багатокритеріальній формі за ефективно-вартісною моделлю із застосуванням нелінійної схеми компромісів і відзначається



НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНИЙ
КОМПЛЕКС
навчальної дисципліни
«Основні етапи життєвого циклу
та менеджмент об'єктів авіоніки»

Шифр
документа

СМЯ НАУ
РНП 22.01.05-01-2017

Стор. 61 з 61

аналоговим описом частинних критеріїв, що дозволяє уникнути необхідності перебирання усіх можливих варіантів розподілу ресурсів і зменшити кількість розрахункових операцій. Урахування в розрахунках суперечливих частинних критеріїв забезпечує підвищення достовірності кінцевих рішень.