

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
АЕРОКОСМІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ  
КАФЕДРА АЕРОДИНАМІКИ ТА БЕЗПЕКИ ПОЛЬОТІВ  
ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ

ДОПУСТИТИ ДО ЗАХИСТУ  
Завідувач кафедри канд. військ.  
наук, доц.

О.С. Бондік

“ “ \_\_\_\_\_ 2023 р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА  
(ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА)**

ВИПУСКНИКА ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТРА ЗА НАПРЯМОМ  
\_\_27\_\_ «АВІАЦІЙНИЙ ТРАНСПОРТ»

Тема: ”Методика організації та управління транспортною авіаційною системою  
(комплексом) в ході спеціалізованої повітряної експлуатації”

Виконавець: \_\_\_\_\_  
(студент, група, прізвище, ім'я, по батькові)

Керівник: \_\_\_\_\_  
\_ (науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ім'я, по батькові)

Нормоконтролер: \_\_\_\_\_  
(підпис) (П.І.Б.)

КИЇВ 2023

НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
Аерокосмічний факультет  
Кафедра аеродинаміки та безпеки польотів ЛА  
Освітній ступень «Магістр»  
Спеціальність 272 «Авіаційний транспорт»  
Освітньо-професійна програма «Управління авіаційними транспортними  
системами та комплексами»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри канд. військ. наук,  
доц.

О.С. Бондік

« \_\_\_\_\_ » 2023 р.

ЗАВДАННЯ

на виконання дипломної роботи Георгію Георгійовичу КУДРІНУ

Тема роботи: "Методика організації та управління транспортною авіаційною системою (комплексом) в ході спеціалізованої повітряної експлуатації", затверджено наказом ректора від "\_\_\_\_" жовтня 2023 року № \_\_\_\_.

Термін виконання роботи:

з "\_\_\_\_" \_\_\_\_\_ 2023 р.

по "\_\_\_\_" \_\_\_\_\_ 2023 р.

Вихідні дані до роботи: нормативно-правова база документації зі спеціалізованої експлуатації повітряних суден, вимоги та умови виконання робіт з технічного обслуговування виробів авіаційної техніки, порядок освоєння ремонту виробів авіаційної техніки державної авіації, методи досліджень АТС.

Зміст пояснювальної записки: системний підхід до підвищення ефективності управління експлуатацією транспортної авіаційної системи (комплексу); особливості спеціалізованої експлуатації авіатransпортних систем (комплексів); правові засади спеціалізованої повітряної експлуатації аналіз методів дослідження закономірностей функціонування авіатransпортних систем; формалізація процесів спеціалізованої експлуатації та зміни технічного стану об'єкта; структура показників ефективності процесу спеціалізованої експлуатації АТС(К); методика статистичного аналізу процесу спеціалізованої експлуатації; методика аналізу ефективності процесу спеціалізованої експлуатації ЛА; методика аналізу впливу організаційних і технічних чинників на ефективність процесу спеціалізованої експлуатації ЛА; застосування методики для визначення механізмів управління процесом спеціалізованої експлуатації літаків; інформаційне забезпечення процесу управління спеціалізованою експлуатацією; рекомендації підприємствам-виробникам щодо участі в організації спеціалізованої експлуатації; рекомендації з організації дослідницьких та експериментальних робіт; організація робіт із забезпечення

експлуатаційної технологічності; шляхи удосконалення механізмів спеціалізованої експлуатації; шляхи удосконалення виробничої бази підприємств.

Перелік обов'язкового графічного (ілюстративного) матеріалу: структурна схема АТС, схема процесу експлуатації ЛА, схема управління процесом спеціалізованої експлуатації і технічним станом об'єкта, графічне представлення принципу отримання оптимальної стратегії управління, граф станів і переходів процесу спеціалізованої експлуатації літака, схеми процесу спеціалізованої експлуатації ЛА, схеми процесу спеціалізованої експлуатації об'єкта за можливих стратегій технічного обслуговування і ремонту, графі станів і переходів процесу спеціалізованої експлуатації літаків, блок-схема алгоритму управління ефективністю процесу спеціалізованої експлуатації

Графічний (ілюстративний) матеріал виконано із застосуванням Google Docs, Google Slides та надано у вигляді листів.

### Календарний план-графік

Завдання	Термін виконання	Відмітка про виконання
Системний підхід до підвищення ефективності управління експлуатацією транспортної авіаційної системи (комплексу)		
Особливості спеціалізованої експлуатації авіатранспортних систем (комплексів). Правові засади спеціалізованої повітряної експлуатації.		
Аналіз методів дослідження закономірностей функціонування авіатранспортних систем.		
Формалізація процесів спеціалізованої експлуатації та зміни технічного стану об'єкта. Постановка завдання дослідження.		
Структура показників ефективності процесу спеціалізованої експлуатації АТС(К)		
Методика статистичного аналізу процесу спеціалізованої експлуатації		
Методика аналізу ефективності процесу спеціалізованої експлуатації ЛА Структура процесу спеціалізованої експлуатації літаків Розрахунок показників ефективності		

процесу спеціалізованої експлуатації		
Методика аналізу впливу організаційних і технічних чинників на ефективність процесу спеціалізованої експлуатації ЛА		
Визначення механізмів управління процесом спеціалізованої експлуатації літаків		
Розробка рекомендацій щодо визначення організаційних і технічних заходів для підвищення ефективності процесу управління спеціалізованою експлуатацією АТС		
Оформлення пояснювальної записки та ілюстративного матеріалу		
Попередній захист роботи		
Консультанти по окремим розділам		
Розділ	Консультант	Дата, підпис

Дата видачі завдання: « \_\_\_\_ » жовтня \_\_ 2023 року.

Керівник дипломної роботи \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ Завдання прийняв до виконання \_\_\_\_\_

## ЗМІСТ

РОЗДІЛ 1. СУТНІСТЬ ЗАВДАННЯ УПРАВЛІННЯ АВІАЦІЙНОЮ ТРАНСПОРТНОЮ СИСТЕМОЮ (КОМПЛЕКСОМ) В ХОДІ СПЕЦІАЛІЗОВАНОЇ ПОВІТРЯНОЇ ЕКСПЛУАТАЦІЇ.....	
1.1. Системний підхід до підвищення ефективності управління експлуатацією транспортної авіаційної системи (комплексу).....	
1.2 Особливості спеціалізованої експлуатації авіатранспортних систем (комплексів). Правові засади спеціалізованої повітряної експлуатації.....	
1.3 Аналіз методів дослідження закономірностей функціонування авіатранспортних систем.....	
1.4. Формалізація процесів спеціалізованої експлуатації та зміни технічного стану об'єкта. Постановка завдання дослідження.....	
Висновки до розділу.....	
РОЗДІЛ 2. РОЗРОБКА МЕТОДИЧНОГО АПАРАТУ УПРАВЛІННЯ АВІАЦІЙНОЮ ТРАНСПОРТНОЮ СИСТЕМОЮ (КОМПЛЕКСОМ) В ХОДІ СПЕЦІАЛІЗОВАНОЇ ПОВІТРЯНОЇ ЕКСПЛУАТАЦІЇ.....	
2.1. Структура показників ефективності процесу спеціалізованої експлуатації АТС(К).....	
2.2. Методика статистичного аналізу процесу спеціалізованої експлуатації.	
2.3. Методика аналізу ефективності процесу спеціалізованої експлуатації ЛА.....	
2.3.1. Структура процесу спеціалізованої експлуатації літаків.....	
2.3.2. Розрахунок показників ефективності процесу спеціалізованої експлуатації.....	
2.4. Методика аналізу впливу організаційних і технічних чинників на ефективність процесу спеціалізованої експлуатації ЛА.....	
2.5. Застосування методики для визначення механізмів управління процесом спеціалізованої експлуатації літаків.....	
Висновки до розділу.....	
РОЗДІЛ 3. РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ВИЗНАЧЕННЯ ОРГАНІЗАЦІЙНИХ І ТЕХНІЧНИХ ЗАХОДІВ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРОЦЕСУ УПРАВЛІННЯ СПЕЦІАЛІЗОВАНОЮ ЕКСПЛУАТАЦІЄЮ АТС.....	
3.1 Інформаційне забезпечення процесу управління спеціалізованою експлуатацією.....	
3.2 Рекомендації підприємствам-виробникам щодо участі в організації спеціалізованої експлуатації.....	
3.3. Рекомендації з організації дослідницьких та експериментальних робіт	
3.4. Організація робіт із забезпечення експлуатаційної технологічності.....	
3.5 Шляхи удосконалення механізмів спеціалізованої експлуатації.....	
3.6. Шляхи удосконалення виробничої бази підприємств.....	
Висновки до розділу.....	
ВИСНОВКИ ЗАГАЛЬНІ.....	
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	

## **ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ ТА СКОРОЧЕНЬ**

ICAO - International Civil Aviation Organization (Міжнародна організація цивільної авіації)

ЕСАС - Європейська конференція цивільної авіації

EASA - Європейська організація з безпеки авіації

АТС(К) - авіаційна транспортна система (комплекс)

ПС - повітряне судно

ЦА - цивільна авіація

ОрПР - Організація повітряного руху

ТО - технічне обслуговування

ТОіР - технічне обслуговування і ремонт

ЛА - літальний апарат

АТ - авіаційна техніка

БП - бізнес процеси

ЖЦ - життєвий цикл

ВЖЦ - вартість життєвого циклу

НДІДКР - Науково-дослідні і дослідно-конструкторські роботи

НДР - Науково-дослідні роботи

ПММ - паливно-мастильні матеріали

ДДАТУ - Державний департамент авіаційного транспорту України

## РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до дипломної роботи: "Методика організації та управління транспортною авіаційною системою (комплексом) в ході спеціалізованої повітряної експлуатації":

\_\_\_\_\_ с., \_\_\_\_\_ рис., \_\_\_\_\_ табл., 57 джерел

Об'єкт дослідження – спеціалізована повітряна експлуатація авіаційної транспортної системи.

Предмет дослідження – ефективність процесу управління спеціалізованою повітряною експлуатацією авіаційної транспортної системи.

Мета дипломної роботи - розробка методичного апарату організації та управління авіаційною транспортною системою (комплексом) в ході спеціалізованої повітряної експлуатації.

Методи досліджень – метод системного аналізу, елементи теорії матриць, елементи теорії множин, методи аналізу ієрархій, нечітких множин, статистичного прогнозування, експертного оцінювання та логіко-евристичний метод.

Практичне значення результатів дипломної роботи: висновки й пропозиції можуть бути використані для розробки нормативних документів, що регламентують роботу суб'єктів авіатранспортної системи в умовах спеціалізованої експлуатації, а також програм технічної експлуатації повітряних суден.

Розроблено методичний апарат для оцінювання ефективності процесу спеціалізованої повітряної експлуатації АТС(К) з урахуванням особливостей їх програми технічного обслуговування. Також обґрунтовано механізми вибору організаційних і технічних чинників для підвищення ефективності процесу спеціалізованої експлуатації ЛА.

**СПЕЦІАЛІЗОВАНА ЕКСПЛУАТАЦІЯ, ЕФЕКТИВНІСТЬ, УПРАВЛІННЯ СТАНОМ , НАПВМАРКОВСЬКИЙ ПРОЦЕС, ТЕХНІЧНЕ ОБСЛУГОВУВАННЯ І РЕМОНТ, ГРАФ ПЕРЕХОДІВ ТА СТАНІВ, ТЕХНІЧНИЙ СТАН**

# **РОЗДІЛ 1. СУТНІСТЬ ЗАВДАННЯ УПРАВЛІННЯ АВІАЦІЙНОЮ ТРАНСПОРТНОЮ СИСТЕМОЮ (КОМПЛЕКСОМ) В ХОДІ СПЕЦІАЛІЗОВАНОЇ ПОВІТРЯНОЇ ЕКСПЛУАТАЦІЇ**

## **1.1. Системний підхід до підвищення ефективності управління експлуатацією транспортної авіаційної системи (комплексу).**

Роль авіаційного транспорту серед інших видів транспорту зростає з кожним півріччям. Оскільки Україна має досить вдале геополітичне положення - розташування між країнами Європи, Азії та Близького Сходу, це дозволяє їй бути вигідним транзитним «мостом» для перевезень товарів та пасажирів; а за оцінками експертів, коефіцієнт транзитності України - один з найвищих у світі. Тож з цієї точки зору актуальною проблемою є подальше зростання ролі авіаційного транспорту у перевезенні пасажирів та вантажів, що потребує обґрунтування шляхів виходу з нинішньої кризи та завоювання міцних конкурентних позицій на ринку авіаційних перевезень.

Відносини у галузі використання повітряного простору є різноманітними. В усій своїй сукупності це різноманіття утворює не просто певну кількість елементів, а систему, що є органічною сукупністю взаємодіючих між собою компонентів, всі структурні підрозділи якої пов'язані між собою, незважаючи на те, що кожен елемент є досить самостійним, виконує тільки йому притаманні специфічні функції. Кожна сфера у свою чергу також має структурні елементи і поділяється на ланки. Проте всі елементи взаємодіють як між собою, так і з іншими системами, і на практиці ці взаємозв'язки мають актуальне значення. Усе різноманіття відносин щодо використання повітряного простору цивільною авіацією має органічну цілісність, здатну до розвитку.

Авіаційна галузь включає в себе широкий спектр діяльності з розробки, виробництва, експлуатації, обслуговування і ремонту повітряних суден. Велика кількість підприємств і компаній з безлічі секторів науки і промисловості пов'язані з авіаційною галуззю, а тому виконують її замовлення та розробки.



Авіаційна транспортна система є складною системою, яка виконує функції підготовки, забезпечення і виконання польотів сучасними повітряними суднами та являє собою багаторівневу конструкцію із взаємодіючих елементів, об'єднаних у підсистеми різних рівнів. Віднесення авіаційного транспорту до складної системи визначається наявністю основних відмінних ознак, зокрема:

- значною кількістю взаємопов'язаних і взаємодіючих між собою елементів;
- складністю досягнення завданої мети функціонування;
- можливістю поділу її на підсистеми задля ефективного досягнення загальної мети функціонування всієї системи;
- наявністю управління, що має ієрархічну структуру;
- взаємодією із зовнішнім середовищем та функціонуванням в умовах впливу випадкових чинників.

Авіаційний транспорт разом із залізничним, морським, річковим, автомобільним, міським електротранспортом, у тому числі метрополітенем, промисловим залізничним транспортом, відомчим транспортом, трубопровідним транспортом та шляхами сполучення загального користування входить до Єдиної транспортної системи України, яка згідно зі ст. 21 Закону України «Про транспорт» повинна відповідати вимогам суспільного виробництва та національної безпеки, мати розгалужену інфраструктуру для надання всього комплексу транспортних послуг, у тому числі для складування і технологічної підготовки вантажів до транспортування, забезпечувати зовнішньоекономічні зв'язки України [21].

До складу авіаційного транспорту входять підприємства повітряного транспорту, що здійснюють перевезення пасажирів, вантажів, багажу, пошти, аерофотозйомки, сільськогосподарські роботи, а також аеропорти, аеродроми, аероклуби, транспортні засоби, системи управління повітряним рухом, навчальні заклади, ремонтні заводи цивільної авіації та інші підприємства, установи та організації незалежно від форм власності, що забезпечують роботу авіаційного транспорту [19].

Повітряний кодекс України поділяє авіацію на цивільну та державну. Остання використовує повітряні судна з метою забезпечення національної безпеки і оборони держави та захисту населення, які покладаються на Збройні Сили України, інші військові формування, утворені відповідно до законів України, органи Національної поліції, спеціально уповноважений центральний орган виконавчої влади з питань цивільного захисту, органи охорони державного кордону України, органи доходів і зборів.

Не зменшуючи ролі державної авіації, яка в основному спрямована на зміцнення обороноздатності країни, реальним показником підвищення конкуренції національної економіки на світовому ринку, реалізації транспортного потенціалу країни, забезпечення прискореного товарообігу, розвитку сучасної транспортної інфраструктури, забезпечення єдності країни в цілому та окремих її регіонів, є саме цивільна авіація, яка задовольняє потреби держави і громадян у повітряних перевезеннях і авіаційних роботах та виконанні польотів у приватних цілях і поділяється на комерційну авіацію та авіацію загального призначення.

Цивільна авіація на сучасному етапі являє собою складну динамічну авіаційну транспортну систему, пов'язану з комплексним використанням авіаційної техніки, різноманітних технічних засобів (зв'язку, навігації, контролю, управління) та організацією роботи різних служб підготовки, забезпечення і виконання польотів.

Сучасна авіаційно-транспортна система є невід'ємним компонентом Єдиної транспортної системи України та складається із взаємозв'язаних між собою елементів, які в сукупності визначають її ефективність, надійність та безпечність, серед яких: а) авіаційний персонал; б) повітряні судна та їх льотна придатність; в) аеропорти, аеродроми та землі авіаційного транспорту; г) організація польотів цивільних повітряних суден; д) організація використання повітряного простору (планування та координація діяльності з використання повітряного простору України, забезпечення дозвільного порядку його використання, організація повітряного руху, контроль за дотриманням порядку

та правил використання повітряного простору України у певних районах тощо);  
е) організація роботи служб забезпечення польотів (аварійно-рятувальне та протипожежне забезпечення, забезпечення авіаційної безпеки та безпеки польотів, метеорологічне, аеронавігаційно-інформаційне, штурманське, аеродромне, електросвітлотехнічне, радіотехнічне, орнітологічне, режимно-охоронне, медичне обслуговування, забезпечення зв'язку, навігації, спостереження тощо).

Кожний елемент авіаційно-транспортної системи визначається певними показниками ефективності, серед яких:

- функціональна ефективність авіаційного персоналу залежить переважно від рівня його професійної підготовки, дисципліни і психофізіологічного стану;

- функціональна ефективність повітряного судна визначається його проектно-конструкторською та ергономічною досконалістю, живучістю і експлуатаційною технологічністю. Проектно-конструкторська та ергономічна досконалість повітряного судна формується в процесі попередніх досліджень на стадіях розробки технічних рішень, виготовлення пробних зразків і серійного виробництва авіаційної техніки. Надійність і безвідмовність в роботі є характеристиками, які формуються на етапах проектування, виготовлення, випробувань, серійного виробництва повітряного судна і в процесі його експлуатації. Ефективність льотної придатності (технічної експлуатації) повітряного судна визначається показником безпеки та регулярності польотів повітряних суден, надійності, справності та своєчасної підготовки повітряних суден до польотів, збереження льотно-технічних характеристик відповідно до вимог норм льотної придатності;

- ефективність системи організації польотів цивільних повітряних суден визначається регламентацією підготовки та виконання польотів, підготовки і експлуатації повітряного судна, а також нормуванням льотної діяльності, допуску до польотів у встановлених умовах і допуску до виконання авіаційних робіт. Система льотної експлуатації повітряного судна визначає діяльність екіпажу та інших елементів авіаційно-транспортної системи з використанням

нормативних документів, які містять відповідні рекомендації щодо підготовки та виконання польотів в очікуваних і особливих умовах польоту;

- ефективність системи організації використання повітряного простору визначається її досконалістю, надійністю і безвідмовністю технічних засобів, професійною підготовленістю диспетчерів, організацією, дисципліною і професійною підготовкою обслуговуючого персоналу. Ефективність залежить від показників якості функціонування названих складових - точності, надійності і повноти відображення інформації про стан повітряного простору, обсягу виконуваних завдань та ін.;

- ефективність функціонування служб системи забезпечення польотів визначається рівнем їх технічної оснащеності та організації, функціональною ефективністю та надійністю технічних засобів, професійним рівнем спеціалістів, а також контролем якості функціонування елементів і системи в цілому. Якість функціональної ефективності оцінюється її впливом на регулярність і безпечність польотів [20].

#### 1. Складові авіаційної транспортної системи (комплексу)

АТС включає екіпаж, ПС та взаємодіючі з ними системи управління повітряним рухом (УПР), наземного забезпечення польотів (ВП), включаючи організацію льотної роботи (ОЛР) та інженерно-технічне забезпечення (збереження льотної придатності ПС) та інші види діяльності авіакомпаній та аеродромних служб державного регулювання діяльності ГА. Технічна складність сучасної АТС, численність служб, що беруть участь в організації, підготовці, виконанні та забезпеченні польотів, що експлуатують повітряні судна в широкому діапазоні погодних та кліматичних умов, породжують різноманітність факторів, що впливають на кінцевий результат польоту.

#### Основні елементи АТС (рис. 1.1)

Система "Екіпаж-ПС" - ядро АТС, через яке відбувається прямий прояв безпеки польотів, як результат результату польоту. Вплив на безпеку польотів інших компонентів АТС опосередковано роботою цієї системи в польоті.

Результат польоту значною мірою (а часом - повністю) визначається діями екіпажу за умов впливу негативних системних і несистемних чинників.

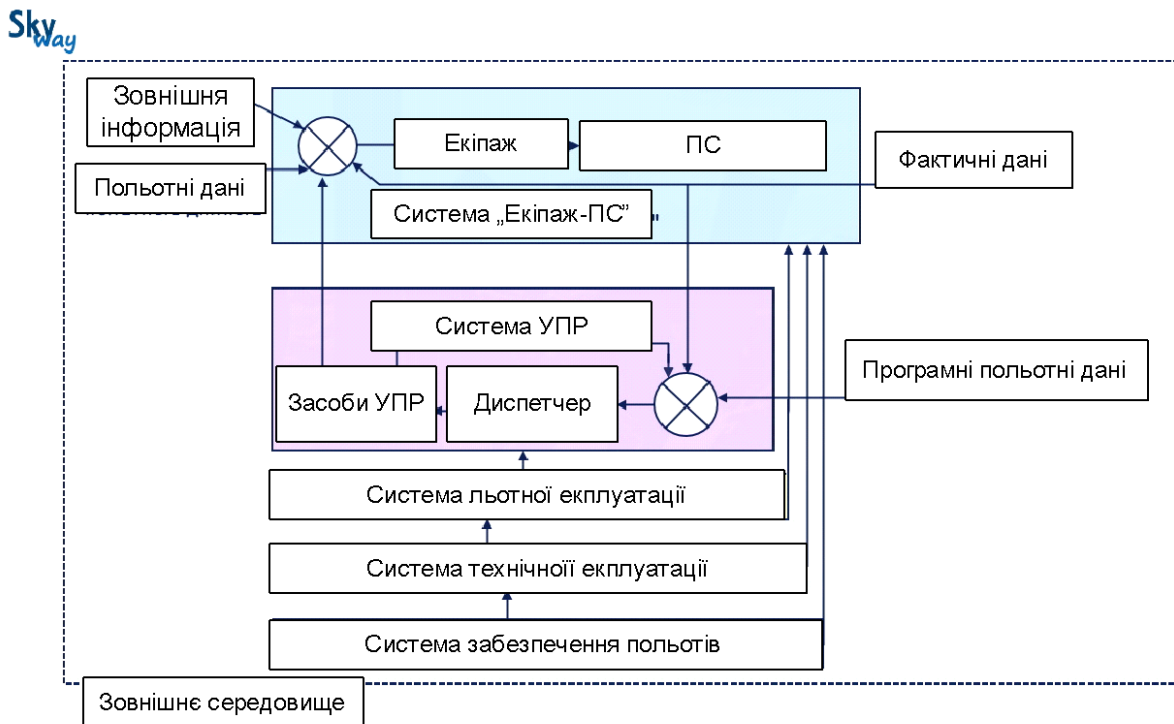


Рисунок 1.1 - Структура авіаційної транспортної системи

«Система ОрПР» у польоті тісно взаємодіє із системою «Екіпаж-ПС». Диспетчер УПР бере участь в управлінні польотом ПС (умовно може розглядатися як «наземний член екіпажу ПС», рішення якого опосередковано діями льотного екіпажу).

«Система організації льотної роботи» покликана забезпечувати організаційну підтримку якості льотної діяльності шляхом відповідної організації та планування польотів, льотно-методичної роботи, контролю та навчання льотного складу.

«Система збереження льотної придатності ПС» спрямована на забезпечення необхідного рівня надійності роботи авіаційної техніки на основі реалізації високоефективних технологій ТОіР, контролю якості робіт та навчання інженерно-технічного персоналу. Ця система відноситься до

наземного (інженерно-технічного) забезпечення польотів, на схемі виділено умовно.

Система технічного обслуговування та ремонту авіаційної техніки є комплексом організаційно-технічних заходів, спрямованих на збереження льотної придатності ПС у процесі їх експлуатації та здійснюється відповідно до положень чинних нормативних документів. До функцій цієї системи входять:

утримання ПС у справному стані відповідно до встановлених нормативів;  
аналіз причин відмов та несправностей авіаційної техніки та впровадження заходів щодо їх попередження;

авіаційно-технічна підготовка льотного складу та професійна підготовка інженерно-технічного персоналу, перевірка їх знань та практичних навичок з питань експлуатації авіаційної техніки;

планування використання ресурсів ПС, їх технічного обслуговування, ремонту, спеціальних оглядів та конструктивних доробок авіаційної техніки;

контроль за дотриманням правил технічної експлуатації ПС спеціалістами всіх служб та організацій, які беруть участь у підготовці авіаційної техніки до польотів, а також здійснюють польоти;

проведення заходів щодо збереження авіаційної техніки на землі.

До виконання польоту допускаються лише справні ПС, що мають діючий сертифікат льотної придатності примірника та пройшли підготовку та перевірку в установленому порядку.

Для виконання або завершення рейсу ПС може бути випущено в політ з базового, проміжного або кінцевого аеропорту з відмовою чи несправністю, якщо вони не впливають на безпеку польотів та передбачені спеціальним переліком.

До робіт з експлуатації ПС допускається інженерно-технічний персонал, а також інші фахівці, які мають відповідний допуск до експлуатації ПС цього типу.

Передача ПС екіпажу для виконання польоту і далі екіпажем в АТБ на технічне обслуговування, а також від одного екіпажу іншому оформляється

записом у бортовому журналі. Передача бортового майна, документації, опорних пристроїв, паливно-мастильних матеріалів здійснюється згідно з описами у бортовому журналі. Відповідальність за безпеку ПС несе особа, яка прийняла його.

"Система наземного забезпечення польоту" має прямий зв'язок із системою Е-ПС лише на етапах підготовки та окремих етапах виконання польоту. Однак від якості роботи всіх і кожного компонента системи залежить безпечна робота ядра АТС – системи Е-ПС.

«Система державного регулювання» основною метою своєї діяльності має забезпечення безпечної та ефективної експлуатації повітряного транспорту шляхом створення системи правил функціонування елементів АТС, контролю (нагляду) за їх дотриманням, сертифікації об'єктів та ліцензування діяльності на повітряному транспорті.

Цивільну авіацію як галузь народного господарства, призначену для здійснення повітряних перевезень та іншої льотної роботи, також можна представити у вигляді авіаційної транспортної системи. Мінімальною організаційною структурною одиницею цивільної авіації, що зберігає всі основні властивості та функції галузі загалом, є експлуатаційне авіапідприємство, яке розглядають у взаємодії з авіаремонтним заводом (АРЗ).

З огляду вирішення завдання управління ефективність функціонування авіаційна транспортна система може бути представлена як сукупність літальних апаратів (ЛА), які спільно діють, комплексу наземних засобів із підготовки та забезпечення польотів, особового складу, зайнятого експлуатацією та ремонтом літальних апаратів і наземних засобів, і системи управління процесом експлуатації. Вона має всі особливості, властиві складним технічним системам, а саме: наявність єдиної мети, керованість системи, взаємозв'язок Елементів, ієрархічну структуру. Авіаційна транспортна система повинна задовольняти вимогам, які спрямовані на виконання в повному обсязі завдань, що покладаються на розглянуту систему. До цих вимог належать забезпечення

повної безпеки, високої регулярності польотів та економічної ефективності експлуатації ЛА.

Сукупність властивостей авіаційної транспортної системи, що визначають її придатність задовольняти потреби народного господарства в повітряних перевезеннях і забезпечувати виконання перерахованих вище вимог, характеризує якість системи. Вона, своєю чергою, визначається сукупністю і складним взаємозв'язком якості ЛА, наземних засобів і особового складу, зайнятого їх експлуатацією.

Авіаційну транспортну систему можна розділити на низку функціональних самостійних систем (рис. 1.2): льотної експлуатації, технічної експлуатації; управління повітряним рухом; комерційної експлуатації; аеродромної експлуатації. Кожній із них відповідає свій процес функціонування: авіаційній транспортній системі - експлуатації, системі льотної експлуатації - використання (ПВ), системі технічної експлуатації - технічної експлуатації (ПТЕ), системі комерційної експлуатації - комерційної експлуатації (ПКЕ), системі управління повітряним рухом - управління повітряним рухом (ПУПР), системі аеродромної експлуатації - аеродромної експлуатації (ПАЕ).



Рисунок 1.2 - Укрупнена структура АТС

Взаємозв'язок цих процесів визначається загальною метою і наявністю одного об'єкта експлуатації - ЛА, який у кожній із названих функціональних систем представляється певною сукупністю своїх властивостей (рис. 1.3).



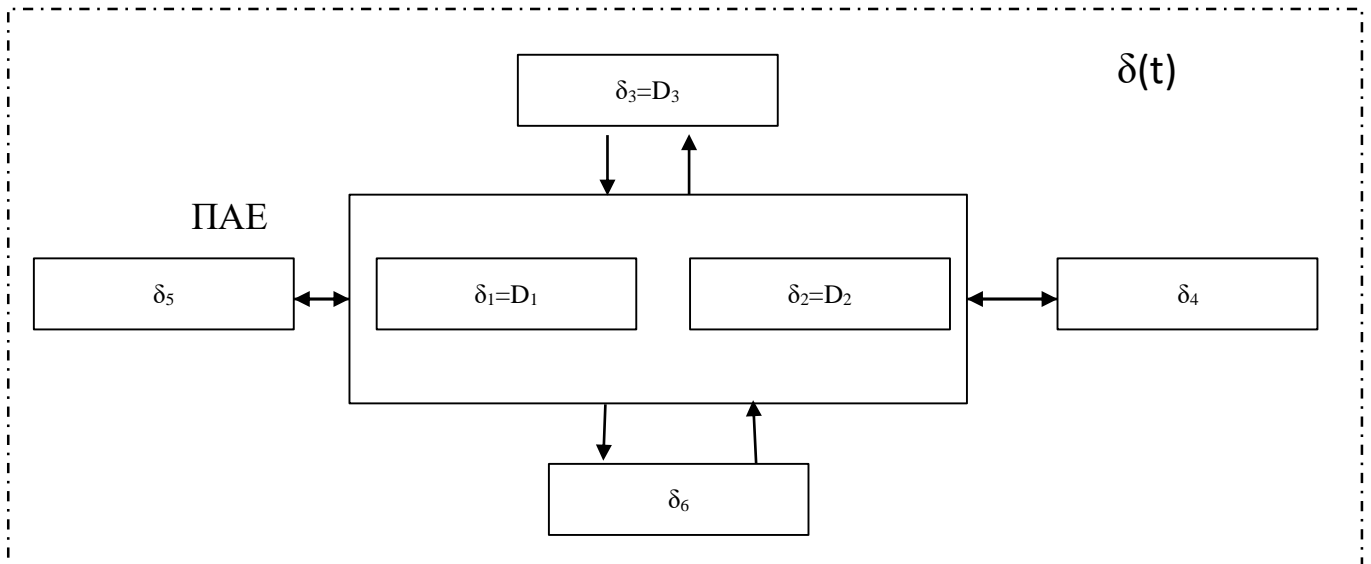


Рисунок 1.3 - Схема процесу експлуатації ЛА

Особливе місце в авіаційній транспортній системі посідає система технічної експлуатації. Вона являє собою сукупність об'єктів технічної експлуатації, льотного та інженерно-технічного складу, системи управління процесом технічної експлуатації, які взаємодіють з метою підтримання і відновлення справності або працездатності та забезпечення льотної придатності літаків. Система технічної експлуатації включає системи льотно-технічної експлуатації та технічного обслуговування і ремонту (рис. 1.3).

Якість системи технічної експлуатації проявляється під час її функціонування, тобто безпосередньо в процесі технічної експлуатації ЛА. Цей процес зручно уявити як послідовну в часі зміну різних станів експлуатації відповідно до прийнятої стратегії. До станів технічної експлуатації ЛА можна віднести: використання за призначенням (політ); різні види і форми технічного обслуговування і ремонту; діагностування; транспортування; зберігання та очікування вступу в кожен із виділених станів експлуатації.

Структура і характер процесу технічної експлуатації визначаються прийнятою стратегією технічної експлуатації, яка в загальному вигляді являє собою сукупність принципів і правил, що забезпечують задане управління процесом технічної експлуатації шляхом підтримання найвигідніших режимів

роботи авіаційної техніки і призначення робіт з обслуговування і ремонту відповідно до фактичного технічного стану ЛА. Найзагальніша характеристика процесу технічної експлуатації - ефективність. Водночас під ефективністю процесу технічної експлуатації ЛА розуміють його результативність щодо забезпечення необхідного рівня безпеки та регулярності польотів, ефективності використання та економічності технічного обслуговування і ремонту ЛА. Розгляд цивільної авіації як авіаційної транспортної системи дає змогу встановити її ієрархічну структуру, виявити сукупність процесів, що відображають функціонування її підсистем, і підготувати необхідні умови для формалізації процесу технічної експлуатації ЛА

## **1.2 Особливості спеціалізованої експлуатації авіатранспортних систем (комплексів). Правові засади спеціалізованої повітряної експлуатації.**

Перелік комерційної спеціалізованої експлуатації ПС з високим ступенем ризику визначено у GM 1 ARO.OPS.150 додатку II «Прийнятні методи відповідності (AMC) та керівний матеріал (GM) до додатка II «Вимоги до уповноваженого органу» (Part – ARO)» до АПУ № 682, затверджених наказом Державіаслужби від 13.02.20 № 256 «Про затвердження прийнятних методів відповідності (AMC) та керівного матеріалу (GM) до Авіаційних правил України «Технічні вимоги та адміністративні процедури щодо льотної експлуатації в цивільній авіації» [15]

Спеціалізована комерційна експлуатація з високим ступенем ризику виконується тільки вдень при VMC та включає такі види діяльності:

польоти вертольотів з вантажем на зовнішній підвісі;

оглядові (спостережні) польоти вертольотів, якщо передбачається політ нижче безпечних висот або польоти над населеними пунктами, або над скупченням людей;

польоти з людиною, що знаходиться зовні ПС;

польоти, пов'язані з експлуатацією парашутів та з десантуванням парашутистів;

сільськогосподарські польоти;

аерофото- та кінозйомка, якщо передбачається політ нижче безпечних висот або польоти над населеними пунктами, або над скупченням людей;

буксирування планерів;

польоти для авіаційної реклами, якщо передбачається політ нижче безпечних висот або польоти над населеними пунктами, або над скупченням людей;

польоти з метою маркування, калібрування та льотних перевірок радіосвітлотехнічних засобів, якщо передбачається політ нижче безпечних висот або польоти над населеними пунктами, або над скупченням людей;

польоти для виконання будівельних робіт, включаючи прокладення трубопроводів, ліній електропередачі, очищення просік та місць лісозаготівлі;

геодезичні польоти, включаючи авіаційне картографування та польоти по забезпеченню контролю за забрудненням, якщо передбачається політ нижче безпечних висот або польоти над населеними пунктами, або над скупченням людей;

польоти по забезпеченню потреб медіа, телебачення та шоу-бізнесу, якщо передбачається політ нижче безпечних висот або польоти над населеними пунктами, або над скупченням людей;

польоти для спеціальних заходів, включаючи змагальні польоти та льотну демонстрацію;

акробатичні польоти та польоти з фігурами вищого пілотажу;

польоти з метою керування стадами, рятування тварин та розкидання ветеринарних вакцин;

польоти з водозливними пристроями для тушіння лісових пожеж;

польоти для тушіння лісових пожеж з десантуванням парашутистів та вантажів;

польоти з виконанням екстремальних пілотажних маневрів, які здійснюються з метою отримання досвіду особам на борту відчуття великих та близьких до нульових перевантажень або подібні відчуття.

Для визначення чи підпадає діяльність до розряду спеціалізованої експлуатації ПС з високим ступенем ризику для інших видів діяльності, експлуатантам необхідно застосовувати наступні критерії:

при виконанні робіт ПС виконує політ близько до поверхні;

виконання незвичайних (не характерних для звичайного польоту) маневрів;

для виконання завдання необхідно використання спеціального обладнання, що має вплив на льотні характеристики (маневреність) ПС;

здійснення ПС під час польоту викиду речовини та ця речовина є шкідливою або викид цієї речовини впливає на маневреність (льотні характеристики) ПС;

ПС піднімає або буксирує зовнішнє завантаження або вантаж, або особа(-и) залишає(-ють) ПС або потрапляє(-ють) на борт під час польоту;

виникнення загрози безпеці третіх сторін на землі у випадку аварійної ситуації;

Спільною рисою всіх перелічених польотів є виконання їх на висотах до 200 м, які згідно [13, с. 10] відповідають гранично малим висотам. Вони виконуються у повітряному просторі класу G і не вимагають надання флайт – планів до організації повітряного руху, крім окремих випадків [12, с. 17].

Загальна особливість виконання спеціалізованих польотів з високим ступенем ризику полягає у швидкості зміни інформації стосовно просторового положення повітряного судна, що значно перевищує швидкість її усвідомлення пілотом, прийняття рішення на виправлення помилки та його реалізацію, внаслідок чого імовірність зіткнення ПС з землею зростає.

У країнах ЄС спеціалізована експлуатація відома як сукупність спеціалізованих операцій (SPO).

Спеціалізовані операції (SPO) - це будь-які операції, крім комерційних повітряних перевезень, коли повітряне судно використовується для спеціалізованих видів діяльності, таких як:

сільське господарство

будівництво

фотозйомка

топографічна зйомка

спостереження і патрулювання

повітряна реклама

Спеціалізовані операції регулюються Регламентом Комісії (ЄС) № 965/2012 про повітряні операції [21]. Вони були введені в набір гармонізованих правил ЄС Регламентом (ЄС) № 379/2014, який вносить зміни до Регламенту (ЄС) № 965/2012 про повітряні операції, доповнюючи його Частиною SPO [22].

Експлуатанти/повітряні судна, які підпадають під дію Регламенту (ЄС) № 965/2:

експлуатанти, які мають основне місце діяльності (для компаній) або проживають (для фізичних осіб) в державі-члені ЄС, незалежно від держави реєстрації їхніх повітряних суден; та

повітряні судна, що використовуються в комерційних операціях SPO, повинні мати категорію C of A відповідно до Регламенту (ЄС) № 748/2012, що означає, що повітряне судно повинно бути зареєстроване в державі-члені ЄС. Крім того, повітряне судно може бути за договором "мокрого" або "сухого" лізингу. У цих випадках повітряне судно може залишатися в реєстрі третьої країни. Однак існують певні умови, які повинні бути виконані до того, як оператор зможе взяти в лізинг повітряне судно, зареєстроване в третій країні. Для некомерційних операцій SPO немає вимоги щодо реєстрації повітряного судна.

Оператори/операції/повітряні судна, які не підпадають під дію Регламенту (ЄС) № 965/2012, але регулюються відповідно до національного законодавства держав-членів:

спеціалізовані комерційні та некомерційні операції повітряних суден, що підпадають під дію Додатку I до Регламенту (ЄС) 2018/1139 (Базовий Регламент);

військові, митні, поліцейські, пошуково-рятувальні, протипожежні, берегові служби або подібні види діяльності або послуг

оператори комерційних і некомерційних SPO з третіх країн

Операції, що підпадають під дію Частини SPO

некомерційні SPO з використанням складних літаків і вертольотів;

усі комерційні SPO з літаками та вертольотами.

Операції та повітряні судна, які не підпадають під Частину-SPO, але підпадають під Частину-NCO

некомерційні SPO нескладних літаків і вертольотів;

певні комерційні SPO нескладних літаків і вертольотів відповідно до SPO.GEN.005(c), такі як [22]:

1) змагальні польоти або пілотажні покази, за умови, що винагорода або будь-яка цінна компенсація за такі польоти обмежується відшкодуванням прямих витрат і пропорційним внеском у річні витрати, а також призами, вартість яких не перевищує встановленої компетентним органом вартості;

2) скидання парашутів, буксирування вітрильників або пілотажні польоти, що виконуються або тренувальною організацією, яка має основне місце діяльності в державі-члені і схвалена відповідно до Регламенту (ЄС) № 1178/2011, або організацією, створеною з метою популяризації повітряного спорту або авіації для відпочинку, за умови, що повітряне судно експлуатується організацією на основі права власності або сухого лізингу, що польоти не приносять прибутку, який розподіляється за межами організації, і що, якщо в них беруть участь особи, які не є членами цієї організації, ці польоти становлять лише другорядний вид діяльності цієї організації.

Частина SPO включає правила виконання (IR) для комерційних спеціалізованих повітряних операцій зі складними та нескладними літаками та вертольотами, а також для некомерційних спеціалізованих повітряних операцій зі складними літаками та вертольотами.

Відповідні Рішення, що містять Прийнятні засоби забезпечення відповідності (AMC) та Керівні матеріали (GM), опубліковані на веб-сайті EASA [21].

Комерційні та некомерційні TOP зі складними літаками та вертольотами можуть виконуватися, як тільки оператор TOP подасть декларацію до компетентного органу. Жодна з цих операцій не потребує отримання сертифіката експлуатанта.

Деякі комерційні операції з TOP, що становлять підвищений ризик, особливо для третіх осіб на землі, потребують дозволу компетентного органу. Тому експлуатант, який бере участь у таких "комерційних SPO з високим ступенем ризику", повинен подати заявку на отримання дозволу на додаток до поданої ним декларації.

Комерційна спеціалізована операція з високим ступенем ризику" означає будь-яку комерційну спеціалізовану повітряну операцію, що виконується над районом, де безпека третіх осіб на землі може бути поставлена під загрозу у разі виникнення надзвичайної ситуації, або за визначенням компетентного органу місця проведення операції, будь-яку комерційну спеціалізовану повітряну операцію, яка через її специфічний характер та місцеві умови, в яких вона проводиться, становить високий ризик, зокрема, для третіх осіб на землі.

### **1.3 Аналіз методів дослідження закономірностей функціонування авіатранспортних систем у ході спеціалізованої експлуатації**

Важливе значення має модель підготовки ПС до вильоту, яка дає можливість пов'язати в єдину систему як процеси обслуговування авіапасажирів, так і інші виробничі фактори в аеропорту. Раціональний розподіл внутрішніх ресурсів оператора наземного обслуговування в аеропортах (авіахендлінг) є одним із основних факторів ефективного функціонування аеропортів ЦА. Це завдання набуває особливого значення для великих авіахендлінгових компаній (АХК) з багатьма підрозділами (службами),

де існують також різні технологічні способи обслуговування пасажирів, вантажів і ПС, від яких залежать, зокрема, і витрати споживаних ресурсів [23].

Питання оптимізації наземного обслуговування розглянуто в роботах [24, 25, 26]. Наприклад, у [24] запропоновано: методику розрахунку потрібної кількості машин і механізмів, яка використовує фактичний розклад рейсів ПС, технологію їх наземного обслуговування; технічні характеристики засобів механізації. На основі методики розрахунку необхідної кількості машин та механізмів розроблено комп'ютерну програму, яка виконує планування технологічних операцій та розрахунок кількості засобів механізації при оперативному управлінні наземним обслуговуванням авіаційних перевезень та реконструкції аеропорту.

І. О. Козлюк розробила методику розрахунку раціональної кількості ПС українського виробництва з прикріпленням їх до базових аеропортів, математичні моделі для інформаційних технологій обслуговування функціональних систем ПС та запропонувала методику (на прикладі двигуна Д 436-148 для ПС типу Ан-148), що дає можливість проводити розрахунки для визначення оптимальної кількості запасних частин (обмінний фонд) будь-яких функціональних систем ПС на прогнозований період [27].

У роботі [28] визначено кілька можливих критеріїв оцінювання ефективності функціонування служб аеропорту. По-перше, це соціальний критерій, що враховує рівномірність завантаження різних виконавців  $s$ -ї операції, зайнятих проведенням однієї і тієї самої операції обслуговування рейсу по кожній службі аеропорту. Даний критерій ефективності, на думку автора роботи [28], можна використовувати для визначення кількості виконавців і потреби різних змін для проведення  $s$ -ої операції під час обслуговування ПС, пасажирів, вантажу. Другий критерій – мінімізація технічних засобів обслуговування, необхідних для виконання  $s$ -ї технологічної операції при функціонуванні аеропорту. Критерій ефективності використання пересувних засобів обслуговування – третій критерій – було визначено мінімальною величиною сумарного пробігу. Застосування цього критерію має



сприяти зменшенню витрат пального, зниження зносу гуми й покриття перону. Крім того, пропонуються такі критерії, як мінімальні економічні збитки, які зазнає аеропорт через затримки  $r$ -го рейсу протягом деякого часу  $t$ , і максимізація комерційного завантаження. Наведені в роботі [28] критерії є цілком обґрунтованими, але процес моделювання виконано частково, тому що не визначено обмеження моделі, засоби розв'язання побудованих моделей і оцінка адекватності.

Dorothy P. Cheung та Mehmet Hadi Gunes зазначають, що, незважаючи на те, що існують спеціальні служби, наприклад, Official Airline Guide ([www.oag.com](http://www.oag.com)) та Anna Aero ([www.anna.aero](http://www.anna.aero)), які забезпечують аналіз авіації для громадськості, функції мережі АТС США та відповідні властивості потребують додаткового вивчення [29]. Такий аналіз, на думку D. P. Cheung та M. H. Gunes, може бути вельми корисним для галузі авіаперевезень у досягненні високої ефективності, коли виникають непередбачені ситуації, які викликають затримки чи скасування рейсів. Корисним є аналіз мережі авіамаршрутів і для підвищення ефективності сезонних перевезень. Для дослідження властивостей мережі АТС США вищезгадані автори пропонують використовувати саме теорію складних мереж та відповідні показники: *середній найкоротший шлях* (average shortest path), *розподіл вузлів за кількістю зв'язків* (degree distribution), *асортативне змішування* (assortative mixing), *коефіцієнт кластеризації, або кластерний коефіцієнт* (clustering coefficient), *навантаження вузла* (betweenness centrality) та *здатність до відновлення* (resiliency). У зв'язку з тим, що застосування методів теорії складних мереж для дослідження властивостей АТС є відносно новим, ще немає однозначно встановлених термінології для кожного визначення та методик розрахунків зазначених вище показників. Але, на погляд автора даної дисертаційної роботи, ідея кількісного оцінювання властивостей авіамережі є дуже перспективним науковим напрямом.

#### **1.4 Актуальні напрямки досліджень авіатранспортних систем**

##### *Програма стратегічних досліджень АТС в Європі*

Європа визначає майбутнє розвитку авіаційного транспорту в Програмі стратегічних досліджень та інновацій (Strategic Research and Innovation Agenda) [30]. В контексті даної Програми науково-дослідні центри, які є *незалежними від будь-яких економічних інтересів*, відіграють ключову роль у забезпеченні розвитку авіації. Європейська науково-дослідна установа в галузі авіації (EREA) надала Європейській комісії та авіаційному співтовариству свій прогноз розвитку АТС до 2050 р. і розробила рекомендації відносно пріоритетних досліджень, які мають бути профінансовані [31].

Спеціалісти EREA вважають, що пріоритетними в наукових дослідженнях та розробках мають бути методи революційного підвищення пропускної спроможності й ефективності експлуатації аеропортів – як основної підсистеми АТС. При цьому основними критеріями ефективності розв'язання даного завдання є екологічність, комфорт для пасажирів і безпека.

Основна мета на 2050 р., зазначена у [31], – це швидка, надійна і зручна подорож пасажирів «від дверей до дверей», незалежно від способу перевезення. АТС має бути орієнтована на споживача (пасажирів, вантажну клієнтуру), тому наукові дослідження варто зосередити на розробці методів та технологій які дають змогу заощаджувати час за рахунок скорочення затримок і черг, а аеропортові формальності зробиють зручними і «дружніми». Актуальними, з точки зору європейських дослідників, є також проблеми оптимізації і підвищення надійності зв'язків між різними видами транспорту для значного скорочення часу пасажирів та вантажів у дорозі.

Для підвищення ефективності експлуатації аеропортів у [31] виділено «критично важливі елементи»: УПР, проблема якого пов'язана з об'єднанням аеропортів у мережу; необхідність корегування технологій у контрольованих і загальнодоступних зонах аеропорту; інтеграція авіаційного транспорту з іншими видами транспорту.

Авіапасажирів повинні мати доступ до інформації в будь-якому місці і можливість поділитися цією інформацією через соціальні мережі. Авіакомпанії і аеропорти бачать необхідність активного використання нових мобільних

технологій, щоб надавати інформацію про стан рейсу, багажу. Аеропорти, в свою чергу, зможуть передбачати потреби пасажирів і пропонувати рішення, перш ніж проблема стане серйозною.

На думку європейських учених [31], глобальна оптимізація може бути досягнута лише шляхом розширення концепції мультимодальних перевезень для всієї ТС. Мета сучасних досліджень полягає у підвищенні ефективності транспортного ланцюга шляхом вдосконалення взаємодії різних видів транспорту, підвищення екологічності процесів та ефективнішого використання існуючої інфраструктури.

Взаємозв'язок АТС з іншими видами транспорту є обов'язковим. Цей взаємозв'язок необхідно моделювати і здійснювати як на фізичному рівні, так і на рівні управління. Фізичний рівень передбачає розробку стикувальних технологій АТС з іншими транспортними системами, тимчасом як управління – розробку централізованої комплексної системи управління транспортом для забезпечення взаємозв'язку між різними суб'єктами діяльності на стратегічному, тактичному та оперативному рівнях.

Експерти зазначають, що на даний момент для оптимізації процесу доставки вантажів під час авіаційного перевезення і задоволення потреб клієнтів є дуже важливими організаційні інновації, нові форми кооперації та організації процесу транспортування, впровадження новітніх досягнень сфери ІТ [89]. Традиційно конкурентною перевагою авіаційного транспорту була швидкість перевезення. Але посилення заходів безпеки, тривалі процедури оформлення вантажів знижують позитивний ефект від технічних нововведень. Як зазначено в джерелі [41], досі процес оформлення вантажів в авіасполученні практично нічим не відрізняється від того, що застосовувався 30 років тому. Це, безсумнівно, не відповідає потребам сучасного суспільства. Оформлення понад 20 документів на одну відправку істотно збільшує вартість перевезення та час перебування вантажу в дорозі.

Для зниження витрат і підвищення якості обслуговування авіатранспортні підприємства, що об'єднуються ІАТА, здійснюють програму «спрощення

бізнесу», яка дає змогу знизити витрати шляхом ефективнішого використання технологічних досягнень і усунення зайвої складності операцій. Для авіаційної вантажної галузі найбільшу ефективність може мати система електронного оформлення вантажів *e-Freight*, приблизний аналог якої в пасажирських перевезеннях – електронний квиток – уже досить широко використовується авіакомпаніями світу. У 2007 р. IATA провела пілотні проекти електронного оформлення вантажів у Великобританії, Нідерландах, Швеції із залученням найбільших авіаційних вантажоперевізників і експедиторів [31]. Наразі тривають дослідження досвіду та можливостей впровадження стандартів *e Freight* в інших аеропортах світу.

Теоретичні та методичні дослідження щодо підвищення ефективності управління АТС в процесі спеціалізованої експлуатації спрямовані на розв'язання таких основних завдань: розроблення математичних моделей, методів оптимізації та формування комплексних програм льотної та технічної експлуатації ПС; створення методів і засобів аналізу й оцінювання технічного стану ЛА і ухвалення рішень під час їхньої експлуатації; розроблення методів аналізу й оцінювання контролепридатності, оперативного оцінювання льотної придатності виробів, оцінювання економічної ефективності.

До завдань цього напрямку досліджень належать також: вибір і обґрунтування оптимальних режимів діагностування систем і виробів; розроблення комплексної системи контролю їхнього технічного стану під час експлуатації; розроблення принципів і організаційно-технічних заходів щодо підготовки підприємств цивільної авіації до впровадження методів обслуговування і ремонту за станом.

Результати виконаних теоретичних і методичних досліджень використовують під час розроблення: різного роду методик і методичних вказівок; керівної, нормативно-технічної та експлуатаційно-ремонтної документації за типами літаків, систем і виробів (регламенти й технологічні вказівки з діагностики та замін виробів); загальних технічних вимог щодо

забезпечення експлуатаційної технологічності, контролепридатності, а також до засобів діагностування.

Відповідно до наведеної схеми на першому етапі досліджень виконують комплексний аналіз функціональної системи літака та її конкретних виробів, що містить структурний і статистичний аналіз, аналіз експлуатаційної технологічності та контролепридатності, економічний аналіз.

Структурний аналіз льотної придатності систем виконується на основі теоретичних положень алгебри логіки. При цьому проводять аналіз принципової схеми системи і розбиття її на функціональні ділянки; вивчають призначення, особливості роботи і конструкцію окремих виробів. Вироби кожної із систем поділяють на групи за виконуваними функціями і конструктивними особливостями.

Розбивка на групи дає можливість проводити дослідження обмеженого числа типових виробів з подальшим поширенням отриманих висновків на аналогічні вироби систем інших типів літаків. Під типовими розуміють конструктивно самостійні вироби, які мають однакове функціональне призначення і принцип роботи; однаковий рівень контролепридатності та можливість застосування ідентичних методів і засобів технічної діагностики.

У процесі структурного аналізу складають логічні рівняння безпечного функціонування системи та її ділянок, які визначають зв'язки між виробами з погляду забезпечення працездатності системи, і будують структурні схеми, на яких ці зв'язки виражені графічно. Аналізуючи структурні схеми, роблять висновки про ступінь впливу окремих елементів на працездатність системи.

Статистичний аналіз надійності та льотної придатності проводять на основі даних про відмови і несправності для отримання необхідних характеристик, які використовують під час розроблення класифікації досліджуваних виробів за можливими методами їхньої заміни. Під час збирання статистичних даних враховуються: напрацювання виробу до появи відмови, причини, спосіб усунення і наслідки відмови. Крім опрацювання та аналізу статистичних даних про відмови і несправності, збирають і опрацьовують

матеріали про зміну технічного стану виробів за час відпрацювання міжремонтного ресурсу.

На основі виконаного комплексного аналізу подано класифікацію виробів за можливими методами їхнього технічного обслуговування і ремонту. При цьому вибір найефективнішого методу для конкретного виробу здійснюють з урахуванням: функціональної значущості виробу як елемента функціональної системи літака; характеристик надійності виробу; наявності методів і засобів контролю технічного стану виробу; характеристик експлуатаційної технологічності та насамперед контролепридатності; технологічних можливостей експлуатаційних і ремонтних підприємств; економічної ефективності.

Перевірка відповідності конструкції новостворюваних об'єктів авіаційної техніки вимогам, що пред'являються, проводиться на стадіях макетної комісії, державних і експлуатаційних випробувань. При цьому перевіряється: відповідність конструкції об'єкта і засобів контролю та діагностування технічного стану технічним вимогам; ступінь впливу відмов виробів систем на безпеку та регулярність польотів; відповідність фактичних значень показників надійності та експлуатаційної технологічності заданим у вимогах; правильність обґрунтування вибору методів обслуговування та ремонту виробів; повнота та правильність регламенту та технологічних вказівок з технічної діагностики.

Підприємства цивільної авіації своєю чергою розробляють: організаційно-технічні заходи з підготовки підприємств до переведення об'єктів авіаційної техніки на обслуговування та ремонт за станом; робочу документацію з обслуговування та ремонту; документацію зі збирання й оброблення інформації про надійність і технічний стан; програми та методичні вказівки з проведення експлуатаційної перевірки.

Важливим напрямом досліджень є розроблення ефективних програм технічного обслуговування і ремонту новостворюваної авіаційної техніки. Актуальність і важливість цього напрямку досліджень очевидні. Багаторічна практика вдосконалення методів технічного обслуговування і ремонту серійних

літаків свідчить про те, що відчутного ефекту від цієї роботи не можна отримати, якщо її не починати з етапів створення літаків.

Розроблення вимог замовника до ефективних програм технічного обслуговування і ремонту літаків, формування самих програм та їх втілення в конструкціях і документації з експлуатації створюваних об'єктів авіаційної техніки, розроблення методичних засад формування і подальшого коригування програм - це далеко не повний перелік завдань розглянутого напряму досліджень.

Природно, що у розв'язанні цих завдань беруть участь фахівці науково-дослідних організацій, вишів, конструкторських бюро, експлуатаційних і ремонтних підприємств. Так, у розробленні програми технічного обслуговування і ремонту літака Б-747 брали участь дев'ять робочих груп, створених за різними профілями. До їхнього складу входили інженери авіакомпаній, літакобудівної та моторобудівної фірм, інспектори-фахівці Федерального авіаційного агентства (ФАА). До завдань робочих груп входило детальне вивчення основних виробів кожної функціональної системи, уточнення видів робіт з технічного обслуговування, обґрунтування призначення режимів обслуговування для кожного розглянутого виробу і системи. Робочі групи підтримували постійні контакти з розробниками готових виробів для отримання докладної інформації про ці вироби (конструкції, надійність, експлуатаційну технологічність, режими обслуговування). Паралельно з розробленням програми технічного обслуговування функціональних систем і виробу розробляли програму огляду і контролю конструкції планера.

*Актуальні проблеми АТС в Україні.* За визначенням Global Enabling Trade, інфраструктура транспорту і зв'язку входить до числа ключових факторів щодо можливості розвитку міжнародної торгівлі. Крім транспорту важливими є також питання доступу до ринку, прикордонного управління і бізнес-середовища, які у сукупності враховуються в основному індексі ефективності торгівлі – GETI. Зі 118 країн світу Україна займає 68 місце за

даним індексом [32]. Це нижчий ранг, ніж у Болгарії (60) і Румунії (57) і, значно нижчий, ніж у Польщі (45). Серед 155 країн світу, за даними Світового банку, Україна зайняла 102 місце за індексом ефективності логістики (LPI) [32]. Це найнижчий рейтинг серед країн-сусідів, так, наприклад, Польща займає 30 місце, Румунія – 59, Росія – 94. Причина цього, на думку міжнародних експертів, багато в чому полягає у відсутності уваги до перевезень і транспортної інфраструктури як продукту системи єдиного господарського комплексу.

Для транспортного комплексу з його складним, безперервним і динамічним характером роботи необхідне злагоджене функціонування різних видів транспорту, тому проблема інтеграції АТС у ТС країни та координація роботи її підсистем є актуальною для України. Підвищення транзитного потенціалу України потребує попереднього аналізу для виявлення «вузьких» місць як транспортної та логістичної інфраструктури в цілому, так і АТС зокрема.

Враховуючи проведений аналіз наведених вище наукових робіт, кардинальні зміни у функціонуванні та взаємозв'язках підсистем АТС України, конфлікти інтересів їх власників, актуальним питанням є методологічні підходи до аналізу та моделювання функціонування АТС України з позиції незалежного суб'єкта (експерта).

У більшості опублікованих прогнозів ІСАО є примітка про виключення країн СНД із статистичної вибірки [33, с. 1–33], [34, с. 13, 31, 48], що свідчить або про неякісну статистичну базу даних щодо вказаних країн, або про невідповідність загальним закономірностям функціонування. Для визначення ефективності стратегій розвитку АТС України є необхідність перегляду кількісних моделей довгострокового прогнозування авіаперевезень, та підходів до формування відповідної статистичної бази даних для можливості їх застосування.

Реалізація концепцій державних цільових програм розвитку аеропортів, наприклад [35], та конкретних завдань щодо кожного з аеропортів породжує



проблему методів визначення оптимального розподілу обмежених фінансових та інших ресурсів між функціонуючими і не функціонуючими аеропортами.

Із статистичних досліджень Світового банку [36] виходить, що на сьогодні етап інтенсивного розвитку світової авіатранспортної мережі в основному завершився. Маючи певну «консервативність», обумовлену сформованими напрямками основних пасажиропотоків, сталими центрами бізнесу, традиційними місцями туризму й відпочинку, світова авіатранспортна мережа в найближчій перспективі розвиватиметься порівняно повільними темпами і в рамках сформованої структури. Водночас цілком можливі і навіть неминучі зміни структури авіатранспортної мережі в окремих регіонах, зокрема й в Україні. У звіті про розвиток авіаційної галузі України [196] зазначено, що в 2000–2011 рр. ринок авіаційних перевезень у нашій державі розвивався досить динамічно (за винятком 2009 р.). Поступово в цілому протягом 11 років обсяги пасажирських перевезень українських авіакомпаній зросли майже в 6 разів (по відношенню до 2000 р.). Як суттєві фактори зростання у звіті [37] названі подальше розширення маршрутної мережі, збільшення інтенсивності польотів на опанованих напрямках, оновлення парку ПС.

Аналіз наукових робіт [38, 39, 40, 41] показав, що залишається актуальною проблема взаємозв'язку елементів АТС та авіабудівної галузі з питань узгодження характеристик ПС.

Оскільки вивезення і доставка вантажів з аеропортів України здійснюється автомобілями, практично всі вантажні перевезення авіаційним транспортом можна організувати як мультимодальні. Технологічна сфера взаємодії авіаційного і автомобільного видів транспорту полягає в узгодженні технологічних режимів за логістичними схемами «від дверей до дверей» та «точно в строк» за обсягами робіт у часі і просторі. Раціональна система організації роботи взаємодіючих видів транспорту у вантажному комплексі аеропортів потребує сучасних автоматизованих систем прийняття рішень, а отже й розвитку економіко-математичного апарату для оптимізації технології перевезень. Додамо також, що створення ефективного авіаційного експрес

перевізника в Україні для реалізації потенціалу «швидкої доставки», є також недостатньо дослідженою науковцями. Причинами цього можуть бути, по перше, зародковий стан розвитку авіаційних експрес-перевезень на українському ринку, а, по-друге, відсутність статистичної та експериментальної бази для проведення наукових досліджень.

Зазначимо також, що розвиток України як авіаційного транзитного вузла, логістичного центру не можливий без чітких та прозорих процедур митного очищення. Технологія оформлення міжнародного авіавантажу має відповідати міжнародній практиці. Цьому може посприяти впровадження нової технології IATA *e-Freight*. Але дана технологія потребує системного підходу, тому що в вантажних перевезеннях задіяні різні підсистеми ТС: авіакомпанії, вантажовласники, вантажовідправники, провайдери логістичних послуг, консолідатори, аеропорти, складські господарства, служби наземного сервісу, агентства з продажу, експедитори, автотранспортні компанії, митні органи і т.д. Є необхідність у серйозних змінах організації процесу вантажних перевезень і зміни нормативно-правової бази для функціонування і взаємодії багатьох зацікавлених сторін.

#### **1.4. Формалізація процесів спеціалізованої експлуатації та зміни технічного стану об'єкта. Постановка завдання дослідження.**

Експлуатація ЛА характеризується наявністю об'єктивного процесу зміни технічного стану і суб'єктивного процесу технічної експлуатації, що представляє собою послідовну в часі зміну різних станів експлуатації відповідно до схеми можливих переходів. До станів експлуатації відносяться: використання за призначенням (політ), технічне діагностування, технічне обслуговування, ремонт, готовність, очікування потрапляння в кожний із зазначених станів та ін.

Цілком природною видається така взаємодія між цими двома процесами, за якої стани процесу технічної експлуатації призначають у певній відповідності до технічних станів об'єктів, що виникають. Цей взаємозв'язок

встановлюють за допомогою стратегій експлуатації, зокрема стратегій технічного обслуговування і ремонту.

Із множини станів експлуатації можна виділити підмножину станів мети управління, наприклад використання за призначенням. Для оцінювання якості управління використовується цільова функція, екстремум якої може слугувати критерієм оптимальності стратегії. У роботах [4,38] наводиться формальний опис взаємодії цих двох процесів. Розглядають деякий досить складний об'єкт експлуатації зі скінченною або лічильною множиною  $\Omega$  технічних станів  $\omega_i$ , зміна яких у часі утворює стохастичний процес  $\omega(t)$ . Стани  $\omega_i$  отримують шляхом деякого розбиття  $A \subseteq \Omega$ , а множину індексів  $I=\{i\}$  вважають ізоморфною розбиттю  $A$ . Припускають, що об'єднання відповідних станів  $\omega_i$  утворюють підмножини справних, несправних, працездатних, непрацездатних станів.

Процес експлуатації об'єкта, що розглядається, характеризується скінченною множиною  $\Delta$  своїх станів  $\delta_j$ , утворених шляхом розбиття  $D \subseteq \Delta$ , де  $j \in I$ , а елементи з  $J$  ідентифіковані елементам розбиття  $D$ . Вважається, що відповідні  $\delta_j$  або їхні можливі об'єднання утворюють підмножини станів використання об'єкта за призначенням, технічного обслуговування, ремонту, очікувань тощо.

Передбачається, що стани  $\delta_j$  призначаються в деякій відповідності зі станами об'єкта, що виникають,  $\omega_i$ , і процес технічної експлуатації  $\delta(t)$  у даному разі утворюється завдяки послідовній зміні станів  $\delta_j$ . Інакше кажучи, припускають, що  $\delta(t)$  є деяким відображенням процесу  $\omega(t)$ , тобто

$$\delta_j(\Omega): \Omega \rightarrow \omega_i(\Delta) \quad (1.1)$$

Об'єкт, введений у той чи інший стан експлуатації, зазнає тих чи інших зовнішніх впливів у цьому стані і тому

$$\omega_i(\Delta): \Delta \rightarrow \delta_j(\Omega)$$

Таким чином передбачається, що об'єкт індукує стани експлуатації. Своєю чергою, стани об'єкта виникають за рахунок впливу на нього зовнішніх умов, які визначаються обраними станами експлуатації.

З виразу (1.1) легко одержати матрицю переходів від станів об'єкта до станів експлуатації  $\sigma = \|\sigma_{ij}\| = \|\delta_j(\omega_i)\|$  та матрицю зворотних переходів від станів експлуатації до станів об'єкта  $S = \|\sigma_{ij}\| = \|\omega_i(\delta_j)\|$

За допомогою стратегій  $\sigma$  та  $S$  можна встановити необхідні відповідності між станами об'єкта і процесом технічної експлуатації. Зокрема, стани експлуатації можуть бути виділені шляхом об'єднання тих  $\delta_j(\omega_i)$ , для яких індекс  $j$  має фіксоване значення. Події типу  $[\omega_i(\delta_k)]$  визначають переходи за станами процесу технічної експлуатації. Для практичного використання наведених міркувань введемо ймовірності переходів. Тоді процес переходів буде описуватися матрицею

$$P = \|\|P_{jk}\|\|,$$

$$\text{де } P_{jk} = P\{\delta_j[\omega_i(\delta_k)]\}$$

Для тривалих процесів експлуатації передбачається їх ергодичність. У цьому разі можуть бути встановлені фінальні ймовірності  $\pi_k$  станів. Оскільки процес експлуатації передбачається таким, що розвивається в часі, його окремі стани повинні мати випадкові тривалості.

Як попередню розглянуто таку модель процесу технічної експлуатації складного об'єкта. Відомо простір станів  $\Delta$  процесу технічної експлуатації та його розбивку  $D$ , що визначає вибір елементів  $\delta_j$  через  $\omega_i \in A \in \Omega$ . Спочатку процес перебуває в деякому стані експлуатації  $\delta_j \in D$  випадковий час, розподілений за довільним законом  $F_j(t)$ , потім з імовірністю  $P_{jk}$  миттєво переходить у стан  $\delta_k \in D$ , з якого він регенерує за щойно наведеною схемою.

Оскільки в ньому є стани використання об'єкта за прямим призначенням, то на їхній основі можуть бути встановлені деякі цільові функції з екстремумами як критерій оптимальності стратегії управління процесом. З урахуванням того, що стани експлуатації визначено через стани об'єкта експлуатації та задано своїми функціями розподілу, то вивчення законів

розподілу часу  $F_j(t)$  перебування об'єктів у станах технічного обслуговування та ремонту дає змогу оцінити ефективність режимів технічного обслуговування та ремонту об'єкта експлуатації та його експлуатаційну технологічність.

Дійсно, перший початковий момент функції  $F_j(t)$  є середній час обслуговування об'єкта, якщо  $b$ , означає стан технічного обслуговування, або середній час ремонту, якщо  $\delta_j$  – стан ремонту тощо. Нарешті, якщо врахувати, що вибір чергового стану експлуатації визначається технічним станом об'єкта експлуатації  $\delta_k$ , що виник на момент  $t$ , технічним станом об'єкта  $\omega_i$  то легко встановити, що стратегія технічної експлуатації об'єкта багато в чому визначається прийнятими режимами його технічного обслуговування та експлуатаційною технологічністю, і, зокрема, показниками контролепридатності, доступності, легкоз'ємності та взаємозамінності. Запропонована модель дає змогу прийняти статистичний аналіз станів і переходів реального процесу технічної експлуатації як метод дослідження.

Переходи за станами, що визначаються стратегією експлуатації, утворюють процес "моментів переходів", який у літературі заведено називати вкладеним процесом або вкладеним ланцюгом. Статистичний аналіз технічної експлуатації рекомендується виконувати за етапами: на першому етапі досліджуються стани процесу, а на другому - вкладений ланцюг. Якщо виявиться, що вкладений ланцюг має марковські властивості, а на станах розвиваються тимчасові процеси, близькі за структурою до процесів відновлення, то можна констатувати факт напівмарковості процесу технічної експлуатації об'єктів.

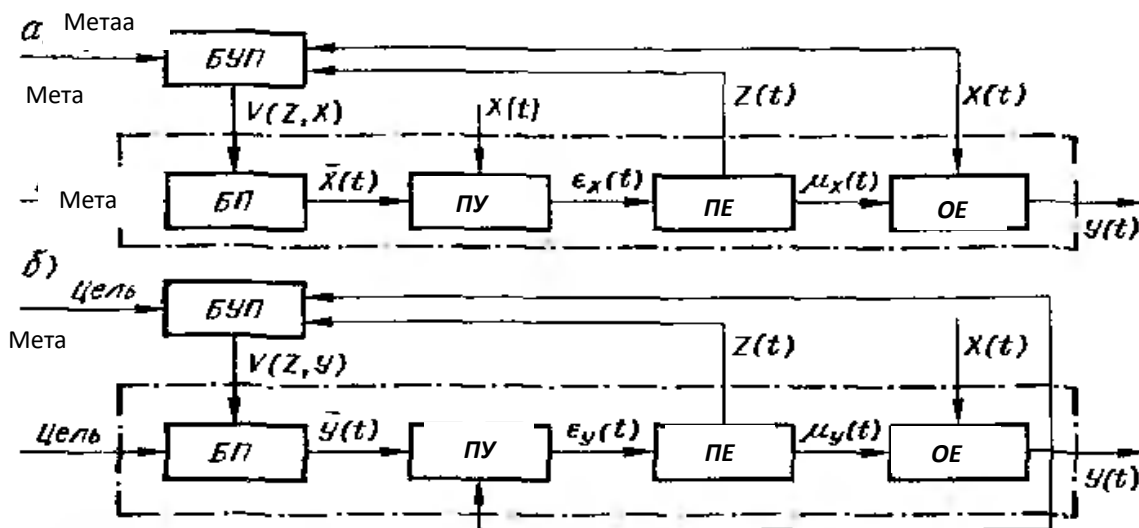


Рисунок 1.5. Схема управління процесом спеціалізованої експлуатації і технічним станом об'єкта

а) - розімкнута схема, б) - замкнута схема. ОЕ - об'єкт експлуатації. ПЕ - процес спеціалізованої експлуатації, ПУ - пристрій управління; БП - блок програми технічного обслуговування.

Систему управління може бути реалізовано за розімкнутою та замкнутою схемами (рис. 1.5). Розімкнута схема управління реалізує принцип управління за збуренням (вхідного параметра)  $X(t)$ , що виникає під впливом зовнішнього середовища. Її застосовують у тих випадках, коли зовнішні збурення можна виміряти і встановити їхній зв'язок із вихідними параметрами  $Y(t)$ , що характеризують технічний стан об'єкта. До розімкненої схеми управління можна віднести традиційне технічне обслуговування та ремонт, що ґрунтується на виконанні постійних обсягів профілактичних робіт через заздалегідь заплановані інтервали календарного часу чи напрацювання Як параметр зовнішніх впливів тут використовують календарний час чи напрацювання. Взаємодія між двома процесами здійснюється незначно.

Замкнута схема реалізує принцип керування за відхиленням регульованої величини (вихідного параметра)  $Y(t)$ , яку порівнюють із задавальним впливом  $\bar{Y}(t)$ . Залежно від спостережуваного відхилення формується відповідний керувальний вплив  $\epsilon_Y(t)$  на процес технічної експлуатації, а через нього й регульовальний  $\mu_Y(t)$  на об'єкт, який зменшує це відхилення. Як регульовану

величину можна використовувати показники надійності, наприклад параметр потоку відмов  $Y(t) = \omega(t)$ . При цьому встановлюється відчутний взаємозв'язок процесів технічної експлуатації об'єкта і зміни його технічного стану.

Найтіснішу взаємодію між ними забезпечує стратегія технічного обслуговування і ремонту за станом із контролем параметрів об'єкта, що визначають його технічний стан  $Y(t) = \eta(t)$ . Вона відповідає замкнутій схемі управління. За заданої програми управління функціює перший контур схеми, позначений штриховими лініями на рис. 1.5. Для зміни (коригування) програми використовується другий контур, який містить блок управління програмою, який за вимірюваними значеннями вихідних параметрів об'єкта  $Y(t)$  або вхідних параметрів  $X(t)$  та показників процесу технічної експлуатації  $Z(t)$  формує оператор  $V(Z, Y)$  або  $V(Z, X)$ , що забезпечує зміну алгоритмів управління, зокрема за показником  $R_{ij} = \sum_{k=1}^N P_{ik} R_{kj} + P_{ij}$ . Цей результат справедливий і для вкладених ланцюгів зі сполученими станами. Якщо процес не має станів, що поглинають, і загальне їхнє число є скінченним, то в ньому завжди можна вказати маршрут скінченної довжини, прямуючи за яким процес може перейти з одного стану в інший за скінченне число кроків.

Середнє число кроків  $m_{ij}$  до першого потрапляння зі стану  $i$  в  $j$  задовольняє рівнянню відновлення:

$$m_{ij} = \sum_{k \neq i} P_{ik} (m_{kj} + 1) + P_{ij}$$

Звідси показано, що середнє число кроків, необхідних для повернення процесу в стан  $i$ ,  $m_{ij} = 1/\pi_i$ .

Функція розподілу часу безумовного перебування процесу в стані  $i$

$$F_i(t) = \sum_{k=1}^N P_{ij} F_{ij}(t) \quad (1.3)$$

Якщо  $\mu_{ij}$  – середній час, відповідний розподілу  $F_{ij}(t)$ , то з виразу (1.3) можна одержати середній час  $\mu_i$  – безумовного перебування процесу в стані  $i$ , тобто

$$\mu_i = \sum_{k=1}^N P_{ik} \mu_{ik}$$

Якщо позначити через  $l_{ij}$  середній час до першого потрапляння процесу зі стану  $i$  у стан  $j$ , можна отримати

$$L = \|\|l_{ij}\|\| = P(L - L_{dq}) + M, \quad (1.4)$$

де  $M$  - матриця, елементами якої слугують безумовні середні  $\mu_i$ ;  $L_{dq}$  - діагональна матриця, отримана з  $L$  заміною недіагональних елементів нулями.

Вираз (1.4) можна записати у вигляді

$$l_{ij} = \sum_{k \neq i}^N P_{ik} l_{ij} + \mu_i.$$

Відповідно для середнього часу повернення в стан  $i$ :

$$l_{ii} = \frac{1}{\pi_i} \sum_{k=1}^N \pi_k \mu_k \quad (1.5)$$

Для середнього напрацювання виробу в стані  $j$  процесу технічної експлуатації між двома черговими входами в стан  $i$ :  $\varphi_{ij} = (\pi_j/\pi_i)\mu_j$ ,

де  $\pi_j/\pi_i$  - кількість потраплянь у стан  $j$ .

Звідси випливає, що  $l_{ij} = \sum_{j=1}^N \varphi_{ij}$ .

Уведемо ймовірність переходу зі стану  $i$  в  $j$  за час, що не перевищує значення  $t$ :

$$P_{ij}(t) = P_{ij}F_{ij}(t)$$

Теорема Сміта [44] для скінченних процесів зі сполученими станами стверджує, що

$$\lim_{t \rightarrow \infty} P_{ij}(t) = \frac{\mu_{ij}}{l_{ij}} \quad (1.6)$$

Для будь-яких довільних функцій  $\mu_j < \infty$  та  $F_i(t) = \sum_{k=1}^N P_{ij}(t)$ .

Вираз (1.6) являє собою коефіцієнт використання в стані  $j$ . Зокрема, якщо  $j$  цільовий стан процесу експлуатації, то  $\mu_{ij}/l_{ij}$  можна визначити як цільову



функцію процесу технічної експлуатації. Вона може розглядатися як коефіцієнт використання, а його максимум може слугувати критерієм оптимальності процесу технічної експлуатації.

Позначаючи  $K_j = \mu_j/l_{jj}$  і використовуючи вираз (1.5),

$$K_j = \frac{\mu_j}{\mu_j + \frac{1}{\pi_j} \sum_{k \neq j}^N \pi_k \mu_k}$$

Звідси слідує, що  $K_j > 0$  для всіх  $D_j$ , і  $\sum_{j=1}^N K_j = 1$ . Отже,  $K_j$  є ймовірність. Оскільки  $K_j$  – функція ймовірностей  $P_{ik}$ , то вона є характеристикою процесу технічної експлуатації і тому може слугувати його цільовою функцією, формально це означає, що максимум  $K_j$  може бути прийнято як один із критеріїв оптимальності процесу технічної експлуатації.

З виразу (1.7) шляхом нескладних алгебраїчних перетворень можна отримати серію широко поширених на практиці питомих критеріїв ефективності процесу технічної експлуатації, зокрема питомі витрати на технічну експлуатацію. З виразу (1.7) можна, наприклад, отримати

$$K_j = \frac{1}{1 - (1/\pi_j \mu_j) \sum_{k \neq j}^N \pi_k \mu_k} \quad (1.8)$$

Вираз, що стоїть у знаменнику (1.8), часто називають коефіцієнтом середніх питомих втрат і позначають

$$\tau_j = \frac{1}{\pi_j \mu_j} \sum_{k \neq j}^N \pi_k \mu_k$$

Для максимізації  $K_j$  в (1.8) достатньо виконати мінімізацію  $\tau_j$ . Зниження значення  $\tau_j$  можливе насамперед за рахунок перерозподілу ймовірностей  $\pi_j$  та  $\pi_k$ , а також скорочення  $\mu_k$ .

У тому випадку, коли замість середніх часів  $\tau_j$  введено середні вартості  $C_k$  перебування в станах  $k = 1, 2, \dots, N$ , з виразу (1.8) можна отримати економічний критерій оптимальності процесу технічної експлуатації:

$$K_{jc} = \pi_j C_j / \sum_{k \neq j}^N \pi_k C_k = 1 / \left( 1 + \frac{1}{\pi_j C_j} \sum_{k \neq j}^N \pi_k C_k \right) \quad (1.10)$$

Якщо припустити, що кожна година використання літака в цільовому стані дає середній питомий доходу, то можна вважати, що доходи в цільовому стані  $C_j = d_j \mu_j$ . Підставляючи цей вираз у (1.10),

$$K_{jc} = 1 / \left( 1 + \frac{1}{d_j} \sum_{k \neq j}^N \frac{\pi_k C_k}{\pi_j} \right)$$

Вираз, який визначається співмножником при  $1/d_j$ , має назву середніх питомих витрат  $C_j$  на технічну експлуатацію та ремонт об'єкта. Якщо  $d_j = \text{const}$ , то максимум  $K_{jc}$  досягається мінімізацією виразу:

$$C_j = \frac{1}{\pi_j \mu_j} \sum_{k \neq j}^N \pi_k C_k \quad .11$$

Отже, отримано цільові функції (1.7) або (1.9) і (1.11). Критеріями оптимальності процесу технічної експлуатації, отже, будуть:  $\max K_j$  ( $\min \tau_j$ ) і (або)  $\min C_j$ . Відповідно до цих критеріїв ведеться пошук оптимальних стратегій технічного обслуговування і ремонту стосовно конкретних виробів авіаційної техніки. Ідея отримання оптимальної стратегії полягає в такому. Для деякого вихідного процесу технічної експлуатації об'єкта припускають, що стратегія обслуговування і ремонту, яка йому відповідає, не враховує технічного стану конкретного виробу.

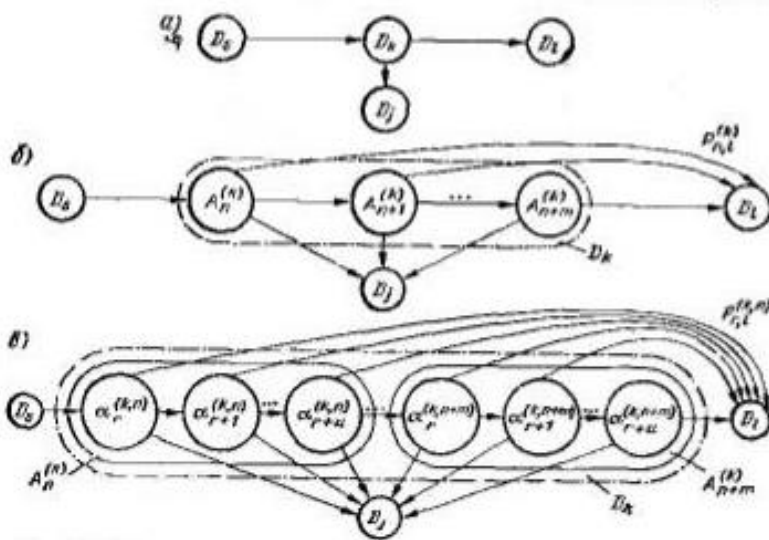


Рис. 1.6. Графічне представлення принципу отримання оптимальної стратегії управління - цільовий стан). Варіанти стратегія а- без урахування технічного стану виробу: б - з урахуванням технічного стану виробу, в - з урахуванням технічного стану виробу об'єкта.

Значення цільової функції в цьому разі визначатиме якість вихідної стратегії. Потім розглядають стратегію обслуговування і ремонту, яка частково враховує технічні стани конкретних об'єктів, і знаходять нове значення цільової функції. Якщо виявиться, що воно краще, ніж у вихідної, то можна стверджувати, що друга стратегія краща за першу. Далі, використовуючи другу стратегію як вихідну, визначається нова, яка вже повністю враховує технічні стани об'єктів, тобто кожного з його складових елементів. Якщо ця стратегія буде кращою за другу, то з трьох розглянутих стратегій вона буде оптимальною. Таким чином, видається можливим отримати впорядковану послідовність стратегій, у якій одна виявиться кращою за інші (рис. 1.6).

## **Висновки до розділу**

1. Базуючись на методології системного підходу визначено, що особливе місце в авіаційній транспортній системі посідає система технічної експлуатації. запропоновані взаємопов'язані найбільш істотні етапи дослідження АТС, які забезпечують його цілісність: окреслення меж досліджуваної АТС; описання складу та структури АТС, функцій та цілей підсистем АТС; виявлення причин, що об'єднують окремі підсистеми у АТС; зазначення надсистем та всіх можливих зв'язків АТС з зовнішнім середовищем; визначення основних характеристик та напрямків розвитку основних надсистем, яким належить АТС; розгляд досліджуваної АТС в динаміці і розвитку

2. На основі проведеного аналізу особливостей та правових засад спеціалізованої експлуатації авіатранспортних систем (комплексів) показано, що у країнах ЄС спеціалізована експлуатація відома як сукупність спеціалізованих операцій (SPO). Національне законодавство України визначає спеціалізовані операції (SPO) як будь-які операції, крім комерційних повітряних перевезень, коли повітряне судно використовується для спеціалізованих видів діяльності: сільське господарство, будівництво, фотозйомка, топографічна зйомка, спостереження і патрулювання, повітряна реклама

3. За результатами аналізу методів дослідження закономірностей функціонування авіатранспортних систем у ході спеціалізованої експлуатації встановлено, що найбільш перспективними є дослідження процесу спеціалізованої експлуатації за допомогою апарату напівмарковських випадкових процесів. Визначено, що основні показники даної теорії можуть адекватно відображати як сам процес, так і прийнятні критерії його ефективності.

4. Формалізація процесів спеціалізованої експлуатації та зміни технічного стану об'єкта дала змогу коректно поставити завдання дослідження, яке полягає у визначенні основних показників ефективності процесу експлуатації і розробку оптимальних процедур управління ним за цими показниками.

## **РОЗДІЛ 2. РОЗРОБКА МЕТОДИЧНОГО АПАРАТУ УПРАВЛІННЯ АВІАЦІЙНОЮ ТРАНСПОРТНОЮ СИСТЕМОЮ (КОМПЛЕКСОМ) В ХОДІ СПЕЦІАЛІЗОВАНОЇ ПОВІТРЯНОЇ ЕКСПЛУАТАЦІЇ**

### **2.1. Структура показників ефективності процесу спеціалізованої експлуатації АТС(К)**

Під показником ефективності процесу експлуатації ЛА розуміють кількісну характеристику властивостей, що визначає його здатність забезпечувати виконання завдань, які стоять перед авіаційною транспортною системою. Беручи до уваги складну взаємодію значної кількості елементів авіаційної транспортної системи в процесі експлуатації та вплив на нього широкого спектра випадкових чинників, ефективність процесу експлуатації характеризується значним числом показників. Тому необхідно знайти мінімум показників, що дають змогу виконати оцінку ефективності з достатньою для практики вірогідністю.

До показників ефективності висуваються вимоги простоти показників, їхньої інформаційної забезпеченості, достатньої точності та чутливості, повноти та відсутності надмірності. З огляду на ієрархічну структуру процесу експлуатації, вимоги, що висуваються до нього і показників його ефективності, розглянемо сукупність показників для кожного з рівнів процесу експлуатації. Ефективність процесу спеціалізованої експлуатації значною мірою залежить від ефективності системи технічного обслуговування. Сукупність показників, що характеризують виконання основних вимог, які висуваються на всіх рівнях авіаційної транспортної системи щодо забезпечення безпеки та регулярності польотів, використання ЛА та економічності їхньої експлуатації, наведено в табл. 2.1 [42].

Таблиця 2.1

## Сукупність показників ефективності процесу спеціалізованої експлуатації авіатранспортних комплексів

Процеси	Показники ефективності			
	Безпека польотів	Регулярність польотів	Ефективність використання	Економічність
Експлуатація (АТС)	$T_{плт}$ – напрацювання на відмову, яка призвела до льотної події (передумови до льотної події)	$P$ – коефіцієнт регулярності відправлень (враховує усі затримки)	$R$ – обсяг перевезень; $P_n$ – продуктивність польотів (т·км/ч) $W$ – наліт годин на списочний ЛА	$C_R$ – собівартість перевезень, грн/'т·км; $\rho_0$ – рентабельність, грн./грн
Спеціалізована (технічна) експлуатація (система спеціалізованої (спеціалізованої) експлуатації)	$T_n$ – напрацювання на відмову в польоті	$P_{г}$ – коефіцієнт регулярності польотів (враховує тільки затримки з причини льотно-спеціалізованої експлуатації)	$K_в$ – коефіцієнт використання $K_{мв}$ – коефіцієнт можливого використання	$C_{num}^{TOiP}$ – питома вартість системи спеціалізованої експлуатації, грн/год. нальоту
Технічне обслуговування і ремонт	$T_{TOiP}$ – напрацювання на відмову в польоті з причини технічного обслуговування і ремонту $T_{тo}$ – напрацювання на несправність, яка виявлена вході всіх видів ТОiP	$P_{TOiP}$ – коефіцієнт регулярності польотів (враховує тільки затримки з причини технічного обслуговування і ремонту)	$K_n$ – питома простоявання на технічному обслуговуванні і ремонті $K_{тв}$ – коефіцієнт технічного використання	$C_R$ – питома вартість системи технічного обслуговування і ремонту, грн/год. нальоту; $\tau_{num}$ – питома трудомісткість технічного обслуговування і ремонту, люд·год. нальоту

У табл.2.1:

$T_{n,TOiP}$  – відношення нальоту до числа відмов у польоті за розглянутий період експлуатації, що сталися через технічне обслуговування і ремонт ЛА;

$T_{TO}$  – відношення нальоту до числа несправностей, виявлених під час усіх видів технічного обслуговування за розглянутий період експлуатації;

$P_{TOiP}$  – відношення різниці загальної кількості відправлень і кількості затримок з причин технічного обслуговування і ремонту до загальної кількості регулярних відправлень;

$K_n$  – відношення тривалості технічного обслуговування і ремонту до нальоту за аналізований період;

$K_{me}$  – відношення нальоту до суми нальоту і тривалості технічного обслуговування і ремонту за розглянутий період;

$C_{num}$  – відношення вартості технічного обслуговування і ремонту до нальоту за розглянутий період.

$\tau_{num}$  – відношення трудомісткості технічного обслуговування і ремонту до нальоту за розглянутий період.

Важливими показниками, що характеризують використання і справність ЛА, є коефіцієнт використання  $K_v$ , що є відношенням нальоту до календарного фонду часу, і коефіцієнт можливого використання або погодинної справності  $K_{ви}$ , який визначається відношенням сумарного часу перебування літального апарата в польоті й в очікуванні польоту в справному стані до загального фонду часу за період експлуатації, що розглядається.

Запропонована система показників дає змогу оцінювати ефективність системи технічного обслуговування і ремонту ЛА виходячи з її впливу на показники ефективності вищих рівнів ієрархічної структури авіаційної транспортної системи.

## 2.2. Методика статистичного аналізу процесу спеціалізованої експлуатації

Основні закономірності процесу спеціалізованої експлуатації літаків можуть бути виявлені на основі статистичної інформації, зібраної в експлуатаційних підприємствах. Така інформація може бути отримана шляхом безпосередніх спостережень за літаками або з чинної обліково-звітної документації АТК (диспетчерського графіка).

Позначимо через  $t_1$  момент часу, що відповідає початку певного стану, і  $t_2$  – його кінця. Очевидно, що інтервал  $x = t_2 - t_1$  є характеристикою стану, оскільки він визначає його тривалість. Безпосередніми вимірюваннями легко переконатися в тому, що  $x$  – випадкова величина.

Уведемо показники станів або проведемо маркування станів. Як позначки будемо використовувати або словесний опис, або відповідний йому цифровий індекс. Наприклад, стан "політ" позначатимемо також індексом "1". Тепер складемо специфікацію станів, тобто визначимо їхню множину  $\{\gamma\}$ , де  $\gamma$  – порядковий номер (марка) стану.

Для літака АН-24 номери станів та їхню специфікацію наведено в табл. 2.2. Реалізації інтервалів часу перебування літаків у різних станах процесу спеціалізованої експлуатації, згруповані у відповідних стовпчиках, можуть бути введені до ПЕОМ для визначення закону розподілу випадкової величини  $x \in \{x_\gamma\}$  для кожного із станів. У нашому прикладі для транспортного літака на ПЕОМ за стандартною програмою визначено параметри емпіричних і теоретичних розподілів, а також критерії А. Н. Колмогорова і  $\chi^2$ -Пірсона для перевірки статистичної гіпотези про закон розподілу.

У результаті аналізу отримано ймовірнісні моделі станів, тип розподілів яких і математичні очікування часу перебування в станах  $M[x_\gamma]$  наведено в табл. 2.2.



Таблица 2.2 [42]

## Ймовірнісні характеристики станів процесу спеціалізованої експлуатації

№ стану (рис. 2.1)	Стан	Статистична оцінка вектора	МСП часу перебування в стані	Закон розподілу
1	Рейсовий політ	0,2936	1,64	Нормальний
2	Очікування періодичного ТО	0,0005	3,80	Лог. нормальний
3	Очікування ремонту	0,00014	54,0	Лог. нормальний
4	Періодичне ТО за формою <b>Transit Check</b>	0,0056	6,96	Лог. нормальний
5	Періодичне ТО за формою <b>Daily Check</b>	0,0025	10,10	Лог. нормальний
6	Періодичне ТО за формою <b>Weekly Check</b>	0,0034	26,5	Лог. нормальний
7	Періодичне ТО за формою <b>A-check (A1, A2)</b>	0,00042	50,8	Лог. нормальний
8	Періодичне ТО за формою <b>A-check (A4 або A8)</b>	0,0003	73,00	Лог. нормальний
9	Заміна двигунів	0,00036	60,50	Лог. нормальний
10	Оперативне ТО перед вильотом	0,04950	2,28	$\alpha$ -розподіл
11	Оперативне ТО після вильоту	0,0564	2,75	$\alpha$ -розподіл
12	Оперативне ТО (транзитне)	0,2262	0,65	$\alpha$ -розподіл
13	Забезпечення вильоту	0,2936	0,41	$\alpha$ -розподіл
14	<b>PP B-check</b>	0,00007	624,0	$\gamma$ -розподіл
15	<b>PP C-check (C1, C2, C4, C6, C8)</b>	0,00007	722,4	$\gamma$ -розподіл
16	Доробки за бюлетенями	0,0004	5,7	Немає відомостей
17	Усунення несправностей	0,0023	6,82	Немає відомостей
18	Очікування запасних частин	0,0041	9,8	Експоненціальний
19	Готовність після періодичним ТО	0,0003	8,79	$\gamma$ -розподіл
20	Готовність після оперативного ТО	0,0404	4,96	Вейбулла
21	Готовність після ремонту	0,00014	51,0	$\gamma$ -розподіл

Примітка. [43].

Транзитне ТО (Transit Check). Проводиться перед кожним рейсом безпосередньо перед вильотом. Її мета – переконатися в тому, що літак справний. Якщо ж виявлені проблеми, рейс відкладають або ж скасовують до усунення несправності.

Добове ТО (Daily Check). Здійснюється раз у 24-36 годин незалежно від часу останнього рейсу і наявності наступного вильоту. Добове обслуговування проводять тільки в нічний час. Завдяки такій перевірці робиться висновок як про загальний стан літака, так і про його готовність здійснити новий рейс.

Тижневе ТО (Weekly Check). Дана перевірка здійснюється раз на тиждень у будь-який час доби, як правило, триває дві-три години. Мета техогляду судна – усунення раніше виявлених несправностей, поточний ремонт. Для даної перевірки зовсім не обов'язкова наявність ангару або спеціального приміщення.

Регламентні роботи А-check (А1, А2, А4 або А8). Даний вид обслуговування повітряного судна проводять після кожних 500 годин льоту. Зазвичай це раз на місяць, але буває і частіше. Для проведення перевірки необхідний ангар. На тривалість огляду впливають модель літака і його технічні характеристики: дата останнього обслуговування, кількість годин, проведених у повітрі, а також кількість циклів злетів і посадок.

Регламентні роботи В-check. Це досить тривала планова перевірка працездатності літака, що проводиться в ангарі раз у три місяці.

Регламентні роботи С-check (С1, С2, С4, С6, С8). Дана повномасштабна перевірка транспортного засобу вимагає величезного простору і часу (10-14 днів як мінімум). Періодичність її проведення – раз в півтора-два роки або ж через кожні 4 тисячі годин літа. Цифри 1,2,4,6,8 вказують на різну складність робіт і тривалість перевірки: чим більше число, тим складніша і клопітна процедура.

Регламентні роботи D-check. Дане обслуговування повітряного транспорту здійснюють раз у 10-12 років. Його тривалість – як мінімум 30 днів. Мета – ретельний огляд і заміна зношених і пошкоджених деталей.

Регламентні роботи SV. Також складне обслуговування, що проводиться після нальоту 12 тисяч годин.



Проте реальний процес спеціалізованої експлуатації літака характеризується не тільки сукупністю станів  $\{\Gamma\}$  і множиною випадкових величин  $\{x\}$ . Стани процесу спеціалізованої експлуатації літака виникають у процесі, що розглядається, послідовно і безперервно, тобто моменти часу  $t_1, t_2, \dots$  "зшиваються" й утворюють процес. У цей час літак переходить з одного стану в інший. Як видно, такі переходи здійснюються миттєво, тому як кількісну характеристику переходів ми будемо розглядати не час переходу в сусідній (суміжний) стан, а відносні частоти  $p_{ik}$  переходів літака з  $i$ -го стану в  $k$ -ий, де  $i, k \in \{\Gamma\}$ . Для цього на досить великому фіксованому проміжку часу спостереження  $T_n$  за процесом спеціалізованої експлуатації визначимо число  $n_i$  потраплянь процесу в  $i$ -ий стан і підрахуємо число безпосередніх (прямих) переходів  $p_{ik}$  з  $i$ -го в  $k$ -ий стан (табл. 2.3), тоді:

$$p_{ik} = n_{ik}/n_i \quad (2.1)$$

Зазначеним чином можна підрахувати частоти  $p_{ik}$  для кожного із станів  $i \in \{\Gamma\}$  і скласти матрицю частот переходів  $\|p_{ik}\| = P$ , яка визначатиме структуру локального процесу спеціалізованої експлуатації літака. Для того щоб ця матриця визначала структуру процесу експлуатації парку літаків, необхідно показати ергодичність процесу на ділянці часу спостереження  $T_n$ .

Стохастичний процес називається стаціонарним, якщо його ймовірнісні характеристики, зокрема математичне сподівання, дисперсія та кореляційні моменти, не залежать від часу, за якого розглядається цей процес [44]. При цьому єдиною істотною умовою, якій має задовольняти стаціонарний процес, слугує умова незалежності кореляційної функції  $B(t, t + \tau) = B(\tau)$  від моменту часу  $t$ .

Ергодичним називається стохастичний процес, для якого з імовірністю одиниця середнє за часом дорівнює середньому за реалізаціями. Стаціонарний процес вважається ергодичним, якщо за  $\tau \rightarrow \infty$  нормована кореляційна функція спрямовується до нуля.

Статистичні ймовірності переходів  $p_{ik}$  визначено відповідно до матриці переходів літака (див. табл. 2.3) шляхом безпосереднього підрахунку числа переходів літака з одного стану в інший і нормування їх до одиниці за формулою (2.1). Значення цих ймовірностей зведено в матрицю ймовірнісних переходів (табл. 2.4).

За допомогою табл. 2.3 визначимо абсолютні частоти  $\pi_i$  потрапляння об'єкта в  $i$ -й стан процесу спеціалізованої експлуатації за час  $T_n$ ,  $i \in \{r\}$ :

$$\pi_i = n_i / \sum_{k=1}^N n_k \quad (2.2)$$

де  $N$  – загальне число станів, спостережуваних в інтервалі  $T_n$ .

Тепер можна скласти однорядкову таблицю частот

$$\pi = (\pi_1, \pi_2, \dots, \pi_k, \dots, \pi_N), \quad (2.3)$$

яку називатимемо вкладеним вектором-рядком частот станів. Розрахунок абсолютних частот  $\pi_i$ , тобто статистичних вкладених безумовних ймовірностей станів процесу спеціалізованої експлуатації літака, проведено за формулою (2.2). Результати розрахунку  $\pi_i$  наведено в табл. 2.2.

Сукупність матриці  $P$  і вектора  $\pi$  визначає так званий вкладений ланцюг процесу спеціалізованої експлуатації. Сукупність множин  $\{r\}$ ,  $\{x_r\}$  матриці  $\|p_{ik}\|$  і вектора  $\pi$  визначає весь процес спеціалізованої експлуатації, що розглядається. Цей процес є напівмарковським, оскільки виконуються такі умови:

матриця переходів  $P$  задовольняє умовам стохастичної або марковської матриці, а ймовірності  $p_{ik}$  залежать від станів  $i$  і не залежать від більш ранніх станів. Знайдена в нашому розглянутому випадку матриця  $P$  – квадратна, має скінченний порядок  $N \cdot N = 21 \cdot 21$ , тому що кількість станів 21, усі елементи матриці ненегативні:  $p_{ik} \geq 0$  для всіх  $i$  і  $k$ , а сума елементів кожного її рядка дорівнює одиниці  $\sum_{k=1}^N p_{ik} = 1$  Така матриця згідно з [45] задовольняє умовам стохастичної або марковської матриці;

випадкові величини  $x_r$  мають функції розподілу;

вектор  $\pi$  має тільки стаціонарні складові, оскільки процес є стаціонарним і ергодичним на відрізку  $T_n$ .

На практиці зручно мати справу з так званим графом станів і переходів  $G$ , який легко побудувати для кожного типу літака, скориставшись матрицею ймовірностей переходів  $P = \|p_{ik}\|$ . Ідея цієї побудови полягає в попередньому перетворенні матриці  $P$  у матрицю  $\bar{P}$  суміжності вершин деякого графа  $G$  шляхом заміни її ненульових елементів одиницями. Визначимо ребро графа  $G$  як елемент декартового добутку  $V \cdot V$  множини його вершин  $V$  і вважатимемо, що цей добуток задано матрицею  $P$  [46]

Позначимо на деякій площині всі елементи множини  $V$  вершин графа  $G$ , припускаючи цю множину скінченною,  $i$ -ту вершину з  $V$  з'єднаємо з  $t$ -ю вершиною тієї самої множини ребром  $E = (ik)$ , якщо елемент  $(i, k)$  у  $P$  дорівнює одиниці. Орієнтацію ребер виконаємо в напрямку від  $i$ -ї вершини до  $k$ -ї. Якщо ж елементи  $i, k$  і  $k, i$  існують одночасно, то зображуватимемо на площині два орієнтованих ребра між відповідними вершинами. У результаті такої побудови отримаємо нерозмічений граф  $G$  процесу спеціалізованої експлуатації літака. Розмітку ребер і вершин графа  $G$  можна виконати за допомогою матриці ймовірності переходів  $P = \|p_{ik}\|$  і вектора-рядка стаціонарних ймовірностей  $\pi$ .

На рис. 2.1 наведено граф станів і переходів процесу спеціалізованої експлуатації літака Ан-24, побудований за допомогою табл. 2.2 і 2.3. Цей граф не має нічого спільного з широко відомим сітковим графіком. Усі стани процесу спеціалізованої експлуатації, як впливає з графа, є сполученими, а стани, що поглинають, відсутні. Це підтверджує ще раз стаціонарність і ергодичність вкладеного процесу.

Таблиця 2.4 [42]

Матриця ймовірнісних переходів  $p_{ik}$

$r$	$r$ (табл. 9.2, рис. 9.1)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1		0,0020	0,0004	0,0191	0,0077	0,0050	0,0010	0,0008	0,0012	
2					0,3647	0,3299	0,1764	0,1294		
3										
4										1,000
5										0,9383
6										0,9375
7										0,9167
8										0,8888
9										1,0000
10										
11										0,5114
12										
13	1,0000									
14										
15										
16										
17										0,3052
18										0,6541
19										1,0000
20										
21										1,0000

	$r$ (табл. 9.2, рис. 9.1)										
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
	0,1922	0,7706									
				0,5000	0,5000						
						0,0028					0,0589
						0,0125					0,0500
											0,0833
											0,0677
						0,0445					
							0,2286	0,0724			0,4641
							0,0446				
						0,5359					
						0,1876					
						0,9554					
											1,0000
									1,0000		1,0000
											0,6948
											0,3459
										1,0000	

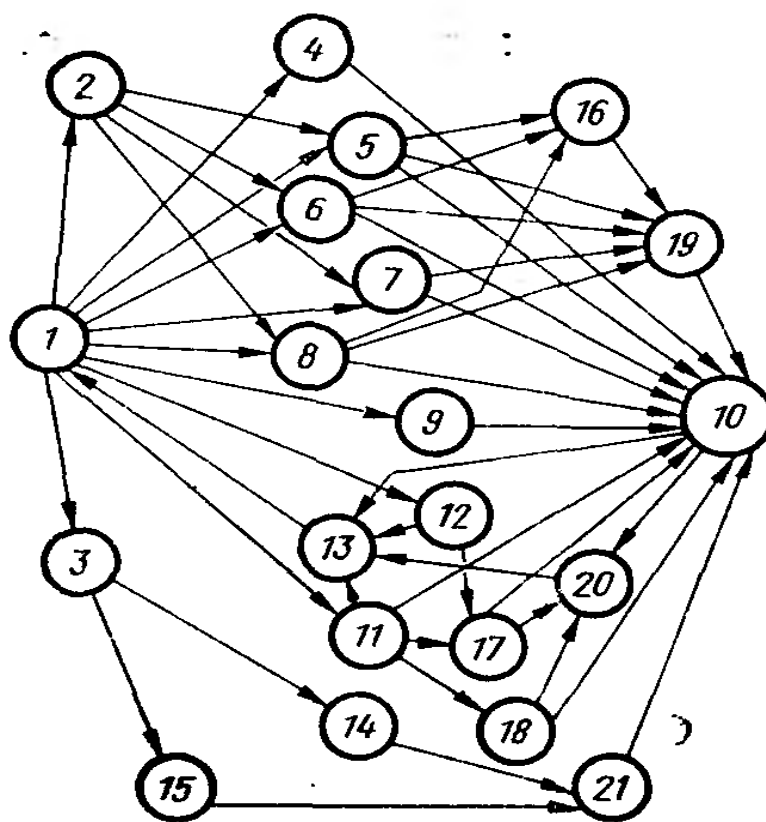


Рис. 2.1. Граф станів і переходів процесу спеціалізованої експлуатації літака (розшифровка номерів станів наведена в табл. 2.2) [42]

Виконаний статистичний аналіз станів і переходів процесу спеціалізованої експлуатації дає змогу знайти розподіл фонду часу за станами процесу (табл.2.5).

Таблиця 2.5 [42]

Коефіцієнти використання і простоїв літака матимуть такі значення:

Рейсовий політ	0,2814
Очікування технічного обслуговування та ремонту	0,0054
Оперативне технічне обслуговування ...	0,4012
Періодичне технічне обслуговування	0,1112
Ремонт	0,0539
Очікування запасних частин	0,0239
Готовність до вильоту	0,1230
<b>Разом</b>	<b>1,0000</b>

Тут у першому рядку наведено коефіцієнт використання літака в стані "політ", інші коефіцієнти спеціальних назв не мають, але за змістом – це коефіцієнти простою літака в тій чи іншій підмножині станів експлуатації. Зазначені коефіцієнти обчислені з використанням даних табл. 2.2 за формулою



$$K_r = \frac{\pi_r M[x_r]}{\sum_{k=1}^N \pi_r M[x_r]} \quad (2.4)$$

де  $M[x_r]$  – математичне сподівання часу перебування об'єкта в  $r$ -му стані.

Розподіл загального фонду часу літака за розглянутий період у відсотковому відношенні показує, що він перебуває в польоті 28,14 %, у стані готовності 12,3%, у ремонті 5,39% тощо.

### 2.3. Методика аналізу ефективності процесу спеціалізованої експлуатації ЛА

Структура та показники ефективності процесу спеціалізованої експлуатації. Структура процесу спеціалізованої експлуатації може бути представлена сукупністю станів експлуатації [42], що розрізняються залежно від можливості використання літаків і потреби їх у технічному обслуговуванні та ремонті (табл.2.6). потрапляння в зазначені стани тощо.

Таблиця 2.6

<b>Парк літаків одного типу</b>	Справні	У рейсі	В польотах	К	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>3</sub>
			На забезпеченні в рейсах				
		В очікуванні рейсу	У резерві	Г			
			Справні, не використовуються	А			
			Затримка з метеоумов та заборонах	М			
		На забезпеченні рейсів у базовому аеропорту					
	Несправні	На оперативних видах ТО	В очікуванні оперативного ТО	Об			
			На оперативному ТО	Тб			
		На усуненні несправностей		У			
		На періодичних видах ТО	В очікуванні періодичного ТО	Оп			
			На періодичних формах ТО	Тп			
			На заміні двигунів	Тзд			
			На початих і межзмінних перервах при ТО	Ш			
		З організаційних причин	За відсутності запчастин	З			
			За відсутності двигунів	Дв			
		З причин усунення КПН	За рекламаційними актами	Ж			
			На доробках	Д			
			На відновленні після АП	В			
		З причин авіаційних подій, полетів, списання	На розслідуванні АП і ПЛП	Л			
			В очікуванні списання	С			
У ремонті	В очікуванні ремонту	Ор					
	У ремонті	Р					
	На рекламаціях АРЗ	Жр					

### 2.3.1. Структура процесу спеціалізованої експлуатації літаків

До станів експлуатації ЛА належать: використання за призначенням (політ, перебування в рейсі); оперативні та періодичні форми технічного обслуговування; усунення несправностей, ремонт; очікування [42].

Під час аналізу ефективності процесу спеціалізованої експлуатації на різних рівнях доцільно розрізнити  $r$ -ті групи ЛА  $S_r$  і відповідні їм процеси  $Q_r$  ( $r = 1, 2, 3$ ).

1.  $S_1$  охоплює групу ЛА, які перебувають у рейсі К, очікуванні рейсу Г, А, М, на забезпеченні рейсів Е, а також ЛА, які перебувають на оперативному технічному обслуговуванні за формою Б ( $O_6, T_6$ ) і на усуненні несправностей У. Ефективність процесу спеціалізованої експлуатації  $Q_1$  літальних апаратів цієї групи характеризує досконалість процесу їхнього використання за призначенням і виробничої діяльності цехів оперативного технічного обслуговування АТБ (АТК) в експлуатаційному авіапідприємстві.

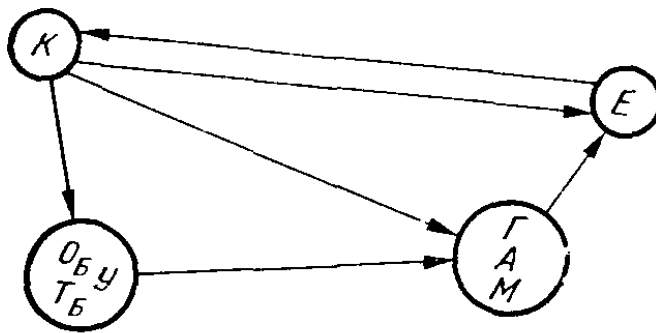


Рис. 2.2. Схема процесу спеціалізованої експлуатації  $Q$ , для групи  $S_1$  літаків

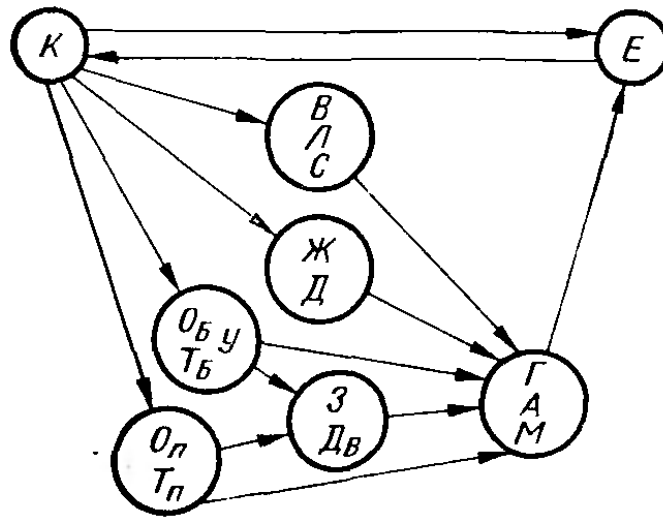


Рис. 2.3. Схема процесу спеціалізованої експлуатації Q2 для групи  $S_2$  літаків

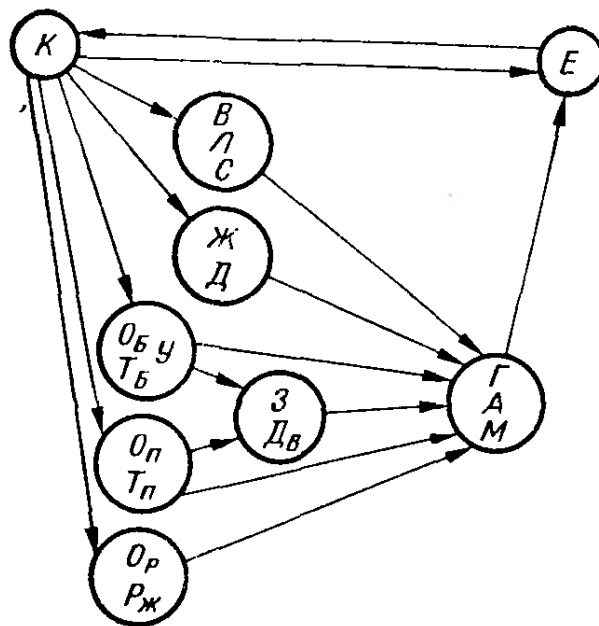


Рис. 2.4. Схема процесу спеціалізованої експлуатації Q3 для групи  $S_3$  літаків

2.  $S_2$  охоплює групу літальних апаратів  $S_1$  і літальних апаратів, які перебувають на періодичному технічному обслуговуванні Оп, Тп, Ш, у станях простоювання з організаційних причин З, Дв, усунення конструктивно-виробничих недоліків (КВН) Ж, Д, а також ЛА, які простоюють із причин авіаційних подій Л, поломок В, списання С. Ефективність процесу

спеціалізованої експлуатації  $Q_2$  ЛА цієї групи характеризує виробничу діяльність АТБ загалом.

Літальні апарати групи  $S_2$  можна назвати діючим парком АТБ.

3.  $S_3$  охоплює весь парк ЛА, тобто поряд із діючим парком АТБ  $S_2$ , охоплює ЛА, що перебувають у ремонті  $O_p$ ,  $P$ . Ефективність процесу спеціалізованої експлуатації  $Q_3$  групи  $S_3$  характеризує досконалість процесу спеціалізованої експлуатації всього приписного парку ЛА, тобто ефективність роботи АТБ і авіаремонтного заводу (АРЗ).

Принципові схеми моделей процесу спеціалізованої експлуатації розглянутих груп ЛА наведено на рис. 2.2 – 2.4. Можливі переходи за станами процесу залежать від умов експлуатації конкретного типу ЛА.

Для аналізу ефективності процесу спеціалізованої експлуатації запропоновано систему показників, що відображають виконання основних вимог, які висувають на різних рівнях організаційної структури інженерноавіаційної служби щодо забезпечення безпеки, регулярності та економічності експлуатації ЛА (табл. 2.6).

Таблиця 2.6 [42]

## Система показників ефективності процесу спеціалізованої експлуатації за рівнями структури АТС(К)

Рівень структури	Забезпечення вимог до процесу спеціалізованої експлуатації			
	з безпеки польотів	з регулярності польотів	з використання ЛА	з економічності
АТБ і АРЗ (Q <sub>3</sub> , S <sub>3</sub> )	<p><math>T_n^{(3)}</math> – напрацювання на відмову в польоті</p> <p><math>T_{н.КВН}^{(3)}</math> – напрацювання на відмову в польоті з причини конструктивно-виробничих недоліків</p> <p><math>T_{н.р}^{(3)}</math> – напрацювання на відмову в польоті з причини ремонту</p>	<p><math>P^{(3)}</math> – коефіцієнт регулярності відправлень</p> <p><math>P_{КВН}^{(3)}</math> – коефіцієнт регулярності відправлень (враховує тільки затримки з причини конструктивно-виробничих недоліків)</p>	<p><math>K_e^{(3)}</math> – коефіцієнт використання усього парку літаків</p> <p><math>K_{МВ}^{(3)}</math> – коефіцієнт можливого використання (погодинної справності) усього парку літаків</p> <p><math>K_n^{(3)}</math> – питомі простоювання усього парку ЛА на ТОіР</p>	<p><math>\tau_n^{(3)}</math> – питома трудомісткість ТОіР літальних апаратів, люд.-год/год. нальоту</p> <p><math>C_n^{(3)}</math> – питома вартість ТОіР літальних апаратів, грн/год. нальоту</p>
АТБ (Q <sub>2</sub> , S <sub>2</sub> )	<p><math>T_n^{(2)}</math> – напрацювання на відмову з причини ТО</p> <p><math>T_{ТО}^{(2)}</math> – напрацювання на відмову, виявлену при всіх видах ТО</p> <p><math>T_{н.КВН}^{(2)}</math> – напрацювання на несправність з причини конструктивно-виробничих недоліків, виявлену при всіх видах ТО</p>	<p><math>P^{(2)}</math> – коефіцієнт регулярності відправлень (враховує тільки затримки з вини АТБ)</p>	<p><math>K_e^{(2)}</math> – коефіцієнт використання діючого парку літаків</p> <p><math>K_{мв}^{(2)}</math> – коефіцієнт можливого використання (погодинної справності) діючого парку літаків</p> <p><math>K_n^{(2)}</math> – питомі простоювання діючого парку ЛА на ТО</p>	<p><math>\tau_n^{(2)}</math> – питома трудомісткість ТО літальних апаратів, люд.-год/год. нальоту</p> <p><math>C_n^{(2)}</math> – питома вартість ТО літальних апаратів, грн/год. нальоту</p>
Оперативний цех АТБ (Q <sub>1</sub> , S <sub>1</sub> )	<p><math>T_{оп}^{(1)}</math> – напрацювання на несправність, виявлену при оперативному ТО</p> <p><math>T_{н.КВН}^{(1)}</math> – напрацювання на несправність з причини конструктивно-виробничих недоліків, виявлену при всіх видах ТО</p>	<p><math>P^{(1)}</math> – коефіцієнт регулярності відправлень (враховує затримки з вини оперативного цеху)</p>	<p><math>K_e^{(1)}</math> – коефіцієнт використання ЛА, що знаходяться в оперативному цеху або в рейсі</p> <p><math>K_{мв}^{(1)}</math> – коефіцієнт можливого використання (ЛА, що знаходяться в оперативному цеху або в рейсі)</p> <p><math>K_n^{(1)}</math> – питомі простоювання парку ЛА на оперативному ТО</p>	<p><math>\tau_n^{(1)}</math> – питома трудомісткість оперативного ТО л, люд.-год/год. нальоту</p> <p><math>C_n^{(1)}</math> – питома вартість оперативного ТО, грн/год. нальоту</p>

Таблиця 2.7

Рівень структури	Календарні інтервали часу			
	Декада	Місяць	Квартал	Рік
Q <sub>3</sub> , S <sub>3</sub>			+	+
Q <sub>2</sub> , S <sub>2</sub>		+	+	
Q <sub>1</sub> , S <sub>1</sub>	+	+		

### 2.3.2. Розрахунок показників ефективності процесу спеціалізованої експлуатації

Проводиться на кожному організаційному рівні структури АТБ. За звітні періоди для аналізу ефективності процесу спеціалізованої експлуатації ЛА на різних рівнях рекомендується приймати інтервали, наведені в табл. 2.7. У конкретних АТБ їх приймають залежно від потреби в результатах аналізу і можливості отримання конкретної інформації. З точки зору підвищення оперативності використання результатів аналізу ефективності процесу краще приймати менший із зазначених інтервалів.

Для розрахунку наведених у табл. 2.6 показників ефективності процесу спеціалізованої експлуатації ЛА за звітний період використовуються вихідні дані, що містяться в обліково-звітній документації АТБ і АРЗ.

Попередньо визначаються такі проміжні величини:

*a) частота потрапляння в  $i$ -е стан процесу спеціалізованої експлуатації на  $r$ -му рівні*

$$\pi_i = n_i^{(r)} / \sum_{k=1}^{N_r} n_k^{(r)}; \quad (2.5)$$

де  $n_i^{(r)}$ , - кількість потраплянь в  $i$ -ий,  $k$ -ий стани процесу спеціалізованої експлуатації на  $r$ -му рівні;

$N_r$  - кількість станів процесу спеціалізованої експлуатації  $r$ -го рівня;

*b) середній час перебування ЛА в  $i$ -му стані процесу спеціалізованої експлуатації*

$$\mu_i = t_i / \pi_i$$

де  $t_i$  - сумарний час перебування в  $i$ -му стані;

***с) середні трудовитрати в і-му стані процесу спеціалізованої експлуатації***

$$\tau_{icp} = \tau_i/n_i$$

де  $\tau_i$  - сумарні трудовитрати в і-му стані;

***д) середні витрати коштів у станах процесу спеціалізованої експлуатації***

$$C_{icp} = C_i/n_i,$$

де  $C_i$ , – сумарні витрати коштів на технічне обслуговування (ремонт) у і'-му стані процесу спеціалізованої експлуатації;

***е) середнє число відмов і несправностей, виявлених у і-му стані процесу спеціалізованої експлуатації з j-ї причини***

$$d_{icpj} = d_{ij}/n_i;$$

де  $d_{ij}$  - кількість відмов і несправностей, виявлених у і-му стані з j-ї причини;

***ф) середнє число відмов і несправностей (загальне), виявлених в і-му стані процесу спеціалізованої експлуатації***

$$d_{icp} = d_i/n_i,$$

де  $d_i$  - кількість відмов і несправностей у і-му стані;

***г) середнє число затримок відправлень у і-му стані з j-ї причини***

$$m_{icpj} = m_{ij}/n_i,$$

де  $m_{ij}$  – кількість затримок в і-му стані з j-ї причини.

Розрахунок показників ефективності процесу спеціалізованої експлуатації на  $\gamma$ -му рівні ( $\gamma = 1, 2, 3$ ) здійснюють у такий спосіб:

напрацювання на відмову і несправність, виявлені в і-му стані з j-ї причини,

$$T_{ij}^r = \pi_1^{(r)} \mu_{1п} / \sum_{i=1}^{N_r} \pi_i^{(r)} d_{ijcp};$$

(2.6)

де  $\pi_i$  – частота потрапляння в рейс;  $\mu_{1п}$  – середній наліт у рейсі;  
напрацювання на відмову і несправність, виявлені в і-му стані

$$T_{ij}^r = \pi_1^{(r)} \mu_{1п} / \sum_{i=1}^{N_r} \pi_i^{(r)} d_{ijcp};$$

(2.7)

коефіцієнт регулярності вильотів з урахуванням затримок в і-му стані з j-ї причини

$$P_{ij}^{(r)} = 1 - \frac{\sum_{i=1}^{N_k} m_{ij}}{n_i}$$

(2.8)

де  $N_k$  – кількість станів затримок;

коефіцієнт використання ЛА

$$K_B^{(r)} = \pi_1^{(r)} \mu_{1п} / \sum_{i=1}^{N_r} \pi_i \mu_i$$

(2.9)

коефіцієнт можливого використання ЛА (коефіцієнт погодинної справності)

$$K_{MB}^{(r)} = (\pi_1^{(r)} \mu_1 + \sum_j^{N_j} \pi_j^{(r)} \mu_j) / \sum_{i=1}^{N_r} \pi_i^{(r)} \mu_i$$

(2.10)

де  $\pi_j$  – частота потрапляння в стан резерву Г, невикористання справного літака А і простоїв через метеоумови М на г-му рівні;  $\mu_j$  \* середній час перебування в станах Г, А, М;

питомі простой в станах технічного обслуговування і ремонту

$$K_{п}^{(r)} = \sum_{k=1}^{N_r} \pi_k^{(r)} \mu_k / \pi_k^{(r)} \mu_{1п}$$

(2.11)

питома трудомісткість технічного обслуговування і ремонту

$$\tau_{уд}^{(r)} = \sum_{i=1}^{N_r} \pi_i \tau_i / \pi_i^{(r)} \mu_{1п};$$

(2.12)

питома вартість технічного обслуговування і ремонту

$$C_{уд}^{(r)} = \sum_{i=1}^{N_r} \pi_i C_i / \pi_i^{(r)} \mu_{1п}$$

(2.13)



## 2.4. Методика аналізу впливу організаційних і технічних чинників на ефективність процесу спеціалізованої експлуатації ЛА

Рівень ефективності процесу спеціалізованої експлуатації за звітний період оцінюють за відносними показниками  $q_i^{(r)}$ , що є відношенням показника за звітний період  $q_{зв}^{(r)}$  до базового показника  $q_б^{(r)}$  на  $r$ -му рівні процесу:

$$\overline{q_i^{(r)}} = q_{зв}^{(r)} / q_б^{(r)}$$

Наприклад, для  $K_e$  відносний показник

$$\overline{K_B^{(r)}} = K_{B\ зв}^{(r)} / K_{B\ б}^{(r)}$$

Якщо значення відносних показників  $\overline{T}$ ,  $\overline{P}$ ,  $\overline{K_B}$  і  $\overline{K_{MB}}$  у звітному періоді менші за 1, то це означає зниження рівня ефективності за будь-яким із зазначених показників порівняно з базовими. Значення відносних показників  $\overline{K_{п}}$ ,  $\overline{\tau_{уд}}$ ,  $\overline{C_{уд}} < 1$  означають підвищення рівня ефективності процесу за будь-яким із цих показників порівняно з базовими значеннями.

Під час аналізу зміни рівня ефективності процесу спеціалізованої експлуатації насамперед звертається увага на значення показників безпеки польотів  $\overline{T}$  і регулярності відправлень  $\overline{P}$ . Якщо має місце зниження рівня ефективності за цими показниками, то має бути насамперед розроблено заходи щодо підвищення безпеки та регулярності польотів.

Аналіз зміни рівня ефективності процесу спеціалізованої експлуатації за показниками використання та економічної ефективності дає змогу встановити ступінь впливу окремих станів процесу спеціалізованої експлуатації на значення цих показників: за витратами часу –  $\pi_1^{(r)} \mu_i$ ; за трудомісткістю –  $\pi_1^{(r)} \tau_i$ ; за вартістю –  $\pi_1^{(r)} C_i$ .

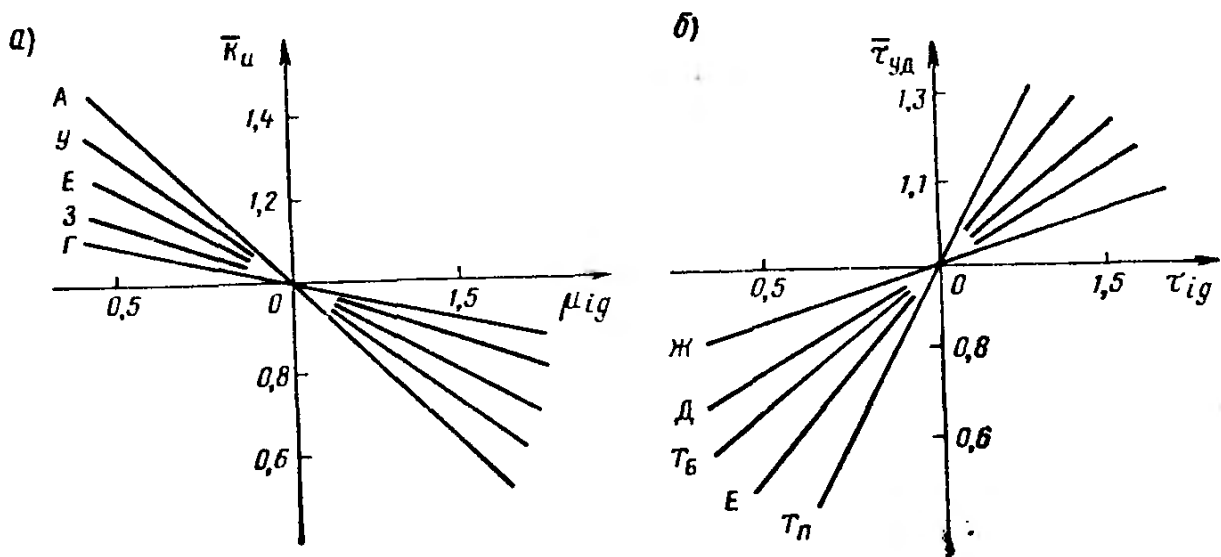
Стани, для яких зазначені величини є найбільшими, чинять найістотніший вплив на значення відповідних показників ефективності процесу спеціалізованої експлуатації.

За зазначеною ознакою всі стани процесу спеціалізованої експлуатації можуть бути збудовані в ранжований ряд за зменшенням впливу станів на

відповідний показник ефективності процесу спеціалізованої експлуатації. Такий підхід дає змогу з безлічі станів процесу спеціалізованої експлуатації виокремити для аналізу тільки ті, які чинять найістотніший (домінантний) вплив. Число доміантних станів обирається з урахуванням необхідної глибини аналізу.

Для аналізу впливу організаційних і технічних чинників, що впливають на характеристики доміантних станів визначають відносні величини середнього часу  $\bar{\mu}_{i_d}$ , середньої трудомісткості  $\tau_{i_d}$ , середньої вартості  $\bar{C}_{i_d}$ , і питомих простоїв  $\bar{K}_{пi_d}$  у доміантних станах, наприклад  $\mu_{i_d} = \mu_{i_d \text{ зв}} / \mu_{i_d \text{ б}}$ .

Залежності відносних показників ефективності від відносних значень витрат часу праці та коштів у  $i$ -му доміантному стані  $\bar{K}_в^{(к)}(\bar{\mu}_{i_d})$ ;  $\bar{K}_{мв}^{(к)}(\bar{\mu}_{i_d})$ ;  $\bar{K}_п^{(к)}(\bar{\mu}_{i_d})$ ;  $\bar{\tau}_{уд}^{(к)}(\bar{\mu}_{i_d})$ ;  $\bar{C}_{уд}^{(к)}(\bar{C}_{i_d})$ ; наведено в табл. 2.8. Для зручності аналізу доцільно використовувати номограми (рис. 2.6) виду  $\bar{K}_в^{(к)}(\bar{\mu}_{i_d})$ .



$$а - \bar{K}_н = 1 + K_{нб} + K_{пi_d} (1 - \bar{\mu}_{i_d}); \quad б - \bar{\tau}_{уд} = 1 - \frac{\tau_{i_d} (1 - \bar{\tau}_{i_d})}{\tau_{i_d б}}$$

Рисунок 2.6 – Номограми впливу зміни простоїв  $\mu_{i_d}$  і працевитрат  $\tau_{i_d}$  у домінуючих станах на відносні показники  $K_в$  і трудомісткості  $\tau_{уд}$

У разі зміни за звітний період рівня ефективності за будь-яким із показників виявлення конкретних організаційних і технічних чинників, що спричинили цю зміну, здійснюється в такій послідовності:

визначають, у яких домінантних станах відбулася зміна трудомісткості та вартості порівняно з базовими показниками, і обчислюють  $\bar{\mu}_{i_d}$ ,  $\bar{t}_{i_d}$ ,  $\bar{C}_{i_d}$ .

за номограмами залежностей відносних показників ефективності від відносних витрат у домінантних станах (див. рис. 2.6) визначають зміни відносних показників, що відбулися внаслідок зміни витрат у домінантних станах;

проводиться перевірка правильності визначення домінуючих станів, для чого визначається загальна зміна показників за рахунок зміни витрат у домінуючих станах за формулами,

$$\bar{K}_B^{(k)} \cong \prod_{i=1}^{n_d} \bar{K}_{i_d}^{(k)} ,$$

де  $\bar{K}_{i_d}^{(k)}$  – зміна відносного показника за рахунок зміни простоїв  $\bar{K}_B^{(k)}$  в  $i$ -му домінуючому стані.

Якщо розрахункове значення  $\prod_{i=1}^{n_d} \bar{K}_{i_d}^{(k)}$  близьке до фактичного  $\bar{K}_B^{(k)}$  то це означає, що зміна рівня ефективності за показником відбулася за рахунок зміни характеристик процесу спеціалізованої експлуатації в домінуючих станах. Якщо ж розрахункове значення суттєво відрізняється від фактичного, то необхідно розглянути інші стани, близькі за ступенем впливу на ефективність процесу спеціалізованої експлуатації до домінуючих станів;

за допомогою інженерного аналізу робіт, виконаних у домінантних станах, що спричинили зміну часу, трудомісткості та вартості, виявляють конкретні організаційні та технічні причини (фактори), що призвели до зміни рівня ефективності процесу спеціалізованої експлуатації в цілому.

Відносні коефіцієнти	Розрахункові формули
<b>Використання</b>	$\bar{K}_н = 1 + K_{иб} + K_{пид} (1 - \bar{\mu}_{ид})$
<b>Можливого використання</b>	$\bar{K}_{ви} = \frac{K_{пид} (K_{иб} + K_{п}^{(\Gamma)} + K_{п}^{(A)} + K_{п}^{(M)}) (1 - \bar{\mu}_{ид})}{1 + K_{п}^{(\Gamma)} + K_{п}^{(A)} + K_{п}^{(M)}}$
<b>Питомих простоїв</b>	$\bar{K}_{пi} = 1 - \frac{K_{пид} (1 - \bar{\mu}_{ид})}{K_{пб}}$
<b>Питомої трудомісткості</b>	$\bar{\tau}_{уд} = 1 - \frac{\tau_{ид} (1 - \bar{\tau}_{ид})}{\tau_{идб}}$
<b>Питомої вартості</b>	$\bar{C}_{уд} = 1 - \frac{C_{ид} (1 - \bar{C}_{ид})}{C_{идб}}$

## 2.5. Визначення послідовності впровадження організаційних і технічних заходів щодо підвищення ефективності процесу спеціалізованої експлуатації ЛА.

В умовах впливу на рівень ефективності процесу спеціалізованої експлуатації безлічі чинників і наявності обмежених ресурсів необхідно постійно розв'язувати задачу щодо доцільного використання резервів, тобто визначати, на що насамперед мають бути спрямовані зусилля, щоб домогтися максимальних результатів у підвищенні рівня ефективності. Для цього потрібно знайти раціональну послідовність упровадження можливих заходів щодо вдосконалення системи технічного обслуговування і ремонту ЛА. До таких заходів можуть належати цілеспрямовані дії інженерно-авіаційної служби з удосконалення засобів технічного обслуговування та ремонту, організації та управління виробничими процесами, зі зміни режимів і впровадження нових методів технічного обслуговування та ремонту тощо.

Визначення раціональної послідовності впровадження заходів щодо вдосконалення засобів технічного обслуговування і ремонту рекомендується проводити в такому порядку:

визначаються домінуючі стани процесу спеціалізованої експлуатації;

аналізуються зміни відносних показників ефективності процесу спеціалізованої експлуатації від зміни витрат у домінуючих станах і будуються графіки залежності відносних показників ефективності процесу спеціалізованої експлуатації від відносних значень часу, трудомісткості та вартості в домінуючих станах (див. рис. 2.6);

починаючи з домінуючого стану, що чинить найбільший вплив на рівень ефективності, визначають можливі організаційні та технічні заходи, а шляхом інженерних розрахунків визначають очікуване відносне скорочення витрат часу  $\bar{\mu}_i$ , трудомісткості  $\bar{\tau}_i$ , і вартості  $\bar{C}_i$  в  $i$ -му стані процесу спеціалізованої експлуатації ( $i = 1, 2, \dots, N$ ) від упровадження заходів.

Використовуючи графіки залежностей відносних показників ефективності від зміни  $\bar{\mu}_i$ ,  $\bar{\tau}_i$ ,  $\bar{C}_i$  у домінуючих станах, визначають очікувану зміну показників ефективності  $\bar{K}_{vi}$ ,  $\bar{K}_{mvi}$ ,  $\bar{K}_{pi}$ ,  $\bar{\tau}_{уди}$ ,  $\bar{C}_{уди}$  від упровадження конкретних заходів. У такий спосіб визначаються перелік і раціональна послідовність виконання заходів щодо вдосконалення системи технічного обслуговування і ремонту ЛА з урахуванням їхнього впливу на показники ефективності процесу спеціалізованої експлуатації.

Після впровадження заходів оцінюються фактичні результати з підвищення ефективності процесу спеціалізованої експлуатації шляхом розрахунку досягнутих значень показників ефективності та намічаються шляхи подальшого вдосконалення.

Таблиця 2.9 [42]

Умовне позначення стану	Частота потрапляння до стану $\pi_j^{(v)}$	Середній час перебування у станах $\mu_i$	Відносний середній час перебування у станах $\pi_i^{(v)} \mu_i$	Питоми простой у станах $K^{(v)}_{in}$	Середні трудовитрати у станах $\tau_i$ сп	Відносні середні трудовитрати у станах $\pi_j^{(v)} \tau_i$	Середні витрати коштів у станах $C_i$ сп	Відносні середні витрати коштів у станах $\pi_j^{(v)} C_i$	Середня кількість відмов і несправностей у станах КПП	Частість затримок вильотів $m_{кпп}$	Середня кількість відмов і несправностей у станах ТО	Частість затримок вильотів $m_{то}$	Середня кількість відмов $d_i$ сп
П	—	13,6	3,9	1									
К	0,29	23,0	6,7	1,7									
Е	0,28	6,6	1,8	0,46	41,5	11,6	143,8	40,3	0,41	0,056	0,052	0,008	0,092
М	0,024	7,7	0,18	0,046					0,055		0,026		0,009
Г	0,041	22,5	0,92	0,24									
А	0,025	383	9,6	2,46									
У	0,12	23,8	2,9	0,74									
О <sub>б</sub>	0,034	22,5	0,77	0,20									
Т <sub>б</sub>	0,092	3,5	0,32	0,082	86,9	8,0	301,3	27,7	0,62		0,090		0,24
О <sub>п</sub>	2,006	7	0,42	0,11									
Т <sub>п</sub>	0,011	17,3	0,19	0,049	1575	17,3	5460	60,1	8,1		1,8		4
Ш	0,035	14,8	0,52	0,13									
О <sub>р</sub>	—	—	—	—									
Р	—	—	—	—									
З	0,035	45,3	1,6	0,41									
Д <sub>в</sub>	0,001	8	0,008	0,002									
Д	0,006	123,6	0,74	0,19	471	2,8	1632	9,8					
Ж	0,004	192,7	0,77	0,20	162	0,65	560	2,2					
Ж <sub>р</sub>	0,001	369	0,37	0,095	79	0,079	274	0,27					

## Алгоритм розрахунку показників ефективності.

1. За даними про справність і використання літаків, відмови та несправності, про затримки вильотів, витрати праці та коштів за станами процесу спеціалізованої експлуатації наприкінці кожного звітнього періоду (місяць, квартал, півріччя, рік) складається "Зведений табель вихідних даних для розрахунку показників ефективності процесу спеціалізованої експлуатації", що містить такі відомості: кількість потраплянь  $n_i$  у  $i$ -й стан,  $i = 1, 2, \dots, N$ ; середній час перебування  $\bar{\mu}_i$ ; літака в  $i$ -му стані; середні трудовитрати  $\bar{t}_i$  в  $i$ -му стані; середня вартість  $\bar{C}_i$  перебування в  $i$ -му стані; середня кількість відмов і несправностей  $d_{i\text{сеп}j}$ , виявлених в  $i$ -му стані з  $j$ -ї причини; середня кількість затримок відправлень  $m_{i\text{сеп}j}$  в  $i$ -му стані з  $j$ -ї причини.

2 За вихідними даними розраховуються проміжні значення для розрахунку показників ефективності процесу спеціалізованої експлуатації за звітний період (табл. 2.9).

3 За залежностями (2.5-2.13) розраховуються абсолютні значення показників ефективності, які потім оформляються у вигляді табл. 2.10.

4 За базові значення показників приймаються показники минулого періоду або нормативні значення.

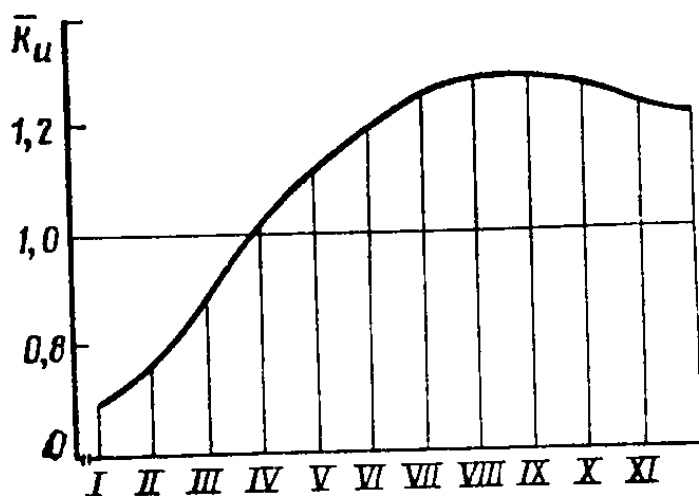
5 Значення відносних показників процесу спеціалізованої експлуатації визначаються за формулами табл. 2.8 і зводяться в табл. 2.10.

6 За отриманими значеннями відносних показників за звітний період будуються графіки зміни відносних показників ефективності процесу спеціалізованої експлуатації. Як приклад на рис. 2.7 наведено залежність  $K_e(t)$ .

Аналогічні графіки будуються для всіх відносних показників ефективності процесу спеціалізованої експлуатації. На підставі даних табл. 2.10 будують ранжовані ряди за зменшенням величини  $\pi_i \mu_i, \pi_i t_i, \pi_i C_i$  і визначають переліки домінуючих станів (табл. 2.11).

Таблиця 2.10

Найменування показників	Показники					
	Абсолютні		Базові		відносні	
	позначення	значення	позначення	значення	позначення	значення
Напрацювання на відмову в польоті, год	$T_{II}$	24	$T_{Г.б}$	36	$\bar{T}_{II}$	0,67
Напрацювання на відмову в польоті з причини конструктивно-виробничих недоліків, год	$T_{II. КПН}$	33	$T_{II. КПН.б}$	42	$\bar{T}_{II}$	0,79
Напрацювання на відмову з причини ремонту, год	$T_{IIр}$	147	$T_{IIр.б}$	164	$\bar{T}_{IIр}$	0,90
Напрацювання на несправність, виявлену при всіх видах ТО	$T_{ТО}$	15	$T_{ТО.б}$	18	$\bar{T}_{ТО}$	0,83
Коефіцієнт регулярності відправлень (враховує затримки з технічних причин)	$P$	0,936	$P_{б}$	0,97	$\bar{P}$	0,96
Коефіцієнт регулярності відправлень (враховує затримки тільки з причин конструктивно-виробничих недоліків)	$P_{КПН}$	0,944	$P_{КПН.б}$	0,98	$\bar{P}_{КПН}$	0,96
Коефіцієнт використання літаків	$K_{II}$	0,26	$K_{II.б}$	0,33	$\bar{K}_{II}$	0,79
Коефіцієнт можливого використання	$K_{ви}$	0,56	$K_{ви.б}$	0,58	$\bar{K}_{ви}$	0,97
Питомі простої літаків на технічному обслуговуванні	$K_{II}$	2,47	$K_{II.б}$	1,54	$\bar{K}_{II}$	1,6
Питома трудомісткість технічного обслуговування, дюд.-год/год. нальоту	$\tau_{уд}$	9,9	$\tau_{уд.б}$	9,1	$\bar{\tau}_{уд}$	1,2
Питома вартість ТО, грн/год. нальоту	$C_{уд}$	3,4	$C_{уд.б}$	2,8	$\bar{C}_{уд}$	1,2

Рис. 2.7. Зміна відносного показника ефективності  $R$  за місяцями року



Таблиця 2.11

Домінуючі стани процесу

Місце стану	Умовне позначення	$\pi_i \mu_i$	Місце стану	Умовне позначення	$\pi_i \tau_i$	Місце стану	Умовне позначення	$\pi_i \bar{C}_i$
1	A	9,6	1	T <sub>П</sub>	17,3	1	T <sub>П</sub>	60,1
2	У	2,9	2	T <sub>Е</sub>	11,6	2	T <sub>Е</sub>	40,3
3	Е	1,8	3	T <sub>Б</sub>	8,0	3	T <sub>Б</sub>	27,7
4	З	1,6	4	T <sub>Д</sub>	2,8	4	T <sub>Д</sub>	9,8
5	Г	0,92	5	T <sub>Ж</sub>	0,65	5	T <sub>Ж</sub>	2,2

Таблиця 2.12

Значення показників ефективності при різних значеннях  $\bar{\mu}$ ,  $\bar{\tau}$ ,  $\bar{C}$  в стані E

Відносні показники	Показники ефективності при різних значеннях $\bar{\mu}$ , $\bar{\tau}$ , $\bar{C}$ в стані E			Відносні показники	Показники ефективності при різних значеннях $\bar{\mu}$ , $\bar{\tau}$ , $\bar{C}$ в стані E		
	0,5	1,5	2,0		0,5	1,5	2,0
$\bar{K}_{П}$	1,08	0,92	0,85	$\tau_{уд}$	0,45	1,55	2,1
$\bar{K}_{ВП}$	1,19	0,81	0,62	$\bar{C}_{уд}$	0,4	1,6	2,2
$\bar{K}_{П}$	0,3	1,7	2,4				

7. За розрахунковими формулами (табл. 2.8) за фіксованих значень  $\bar{\mu}_i$ ,  $\bar{\tau}_i$ ,  $\bar{C}_i$ , що дорівнюють 0,5; 1,5; 2,0, визначаються відносні значення показників ефективності процесу спеціалізованої експлуатації. Для кожного домінуючого стану процесу заповнюється окрема таблиця (табл. 2.12).

8. На підставі табл. 2.12 будуються номограми впливу зміни  $\bar{\tau}_i$ ,  $\bar{\mu}_i$ ,  $\bar{C}_i$  в домінуючих станах на відносні показники ефективності процесу спеціалізованої експлуатації.

9. З використанням номограм (див. мал. 2.6) можна розв'язувати такі завдання аналізу ефективності процесу спеціалізованої експлуатації: виявлення організаційно-технічних чинників, що спричинили зміну значень показників ефективності процесу спеціалізованої експлуатації; визначення доцільності та раціональної послідовності впровадження планованих організаційно-технічних заходів щодо підвищення результативності процесу спеціалізованої експлуатації; оцінювання фактичних результатів упровадження зазначених заходів.

## **2.5. Застосування методики для визначення механізмів управління процесом спеціалізованої експлуатації літаків**

Стратегія експлуатації об'єктів за станом є оптимальною за критерієм максимуму коефіцієнта використання. Експериментальна перевірка отриманих теоретичних результатів в умовах реальної експлуатації пов'язана з матеріальним ризиком, розміри якого важко передбачити. У таких випадках до впровадження в практику нових стратегій технічного обслуговування і ремонту доцільно виконати так званий статистичний експеримент. Статистичне моделювання дає змогу визначити показники ефективності процесу спеціалізованої експлуатації літака в умовах застосування технічного обслуговування і ремонту за станом його комплектувальних виробів у різних обсягах і поєднаннях із традиційним методом технічного обслуговування і ремонту за напрацюванням.

З огляду на властивості напівмарковського процесу (розд. 1), можна припустити існування двох механізмів управління процесом спеціалізованої експлуатації:

управління вкладеним марковським ланцюгом через матрицю перехідних імовірностей  $P = \|P_{ij}\|$  ( $P, \bar{P}_i$  – відповідно некерована і керована матриці перехідних імовірностей);

управління характеристиками станів процесу через вектор-рядок функцій розподілу часу перебування у станах  $F = \|F_{ij}\|$  ( $F, \bar{F}_i$  - відповідно некерований і керований вектор-рядки функцій розподілу).

Аналіз характеру робіт, що виконуються в станах технічного обслуговування і ремонту, показав можливість поділу їх на постійну і змінну складові. До постійної належить сукупність робіт, обсяг яких не залежить від технічного стану (діагностування, мастильні, заправні тощо). До змінної складової належать роботи, обсяг яких залежить від технічного стану об'єктів (регулювальні, ремонтні та ін.). Роботи першої групи зберігають постійні характеристики (тривалість, трудомісткість, вартість) в умовах застосування різних методів технічного обслуговування і ремонту. Характеристики робіт другої групи змінюються залежно від обсягу і глибини діагностування, особливостей і масштабів застосування різних методів технічного обслуговування і ремонту.

Інтерпретація взаємодії розглянутих механізмів управління процесом спеціалізованої експлуатації представлена на рис. 2.8. Умовно можна уявити, що стратегії  $P$  і  $\bar{P}_i$  пов'язані з ухваленням рішення: чи спрямувати об'єкт на технічне обслуговування, чи обмежитися виконанням його діагностування та перевести у стан готовності. Стратегії  $F$ , і  $\bar{F}_i$  пов'язані з виконанням ремонтних робіт, оскільки визначають обсяг робіт із відновлення працездатності об'єктів.

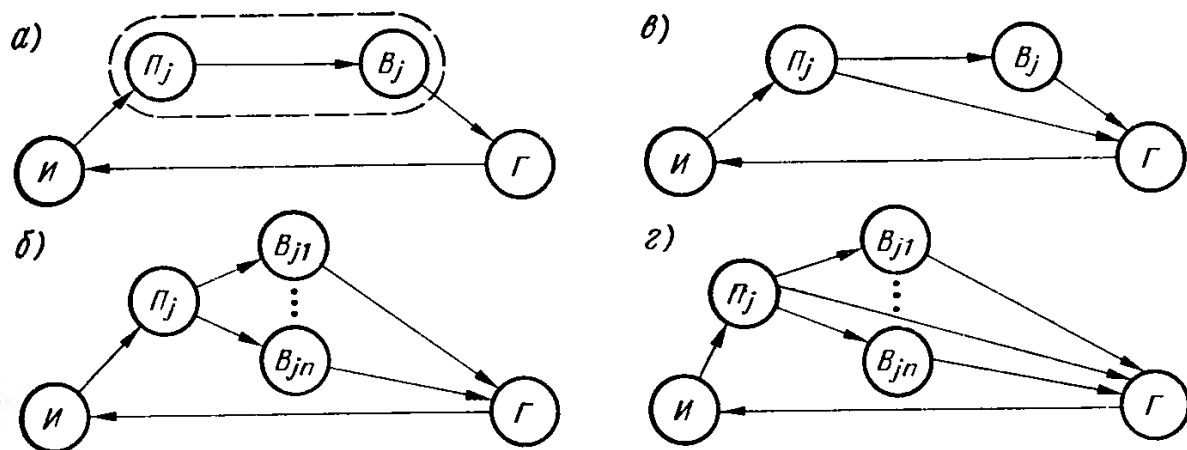


Рис. 2.8. Схеми процесу спеціалізованої експлуатації об'єкта за можливих стратегій технічного обслуговування і ремонту:

а) -  $Q_1 = (P, F)$ , б) -  $Q_2 = (P, \bar{F})$  в) -  $Q_3 = (F, \bar{P}_{\blacksquare})$  г) -  $Q_4 = (\bar{P}_{\blacksquare}, \bar{F}_{\blacksquare})$  - стан використання;  $\Pi_j$  - стан діагностичних перевірок за  $i$ -ї форми обслуговування;  $B_{ij}$  - відновлення за  $j$ -ї форми в  $i$ -му стані об'єкта.

Статистичний аналіз технічного стану основних систем літаків показав, що в середньому тільки 25 % змінної частини робіт технічно обґрунтовано. Однак практична можливість скорочення витрат до цього значення залежить від низки умов: забезпечення високого рівня експлуатаційної технологічності, наявності засобів діагностування тощо. Може виявитися на певних етапах розвитку авіаційної техніки економічно доцільним і технічно можливим лише часткове впровадження оптимальної стратегії як за глибиною діагностування, так і за обсягом охоплення систем і виробів. У зв'язку з цим доцільно провести дослідження ефективності процесу спеціалізованої експлуатації літаків в умовах застосування методів технічного обслуговування за станом для обсягів робіт, що становлять 30%, 60 і 90% від загального обсягу. При цьому скорочення витрат на змінну частину робіт, що виконуються за станом, може становити 75%, 50 або 25%.

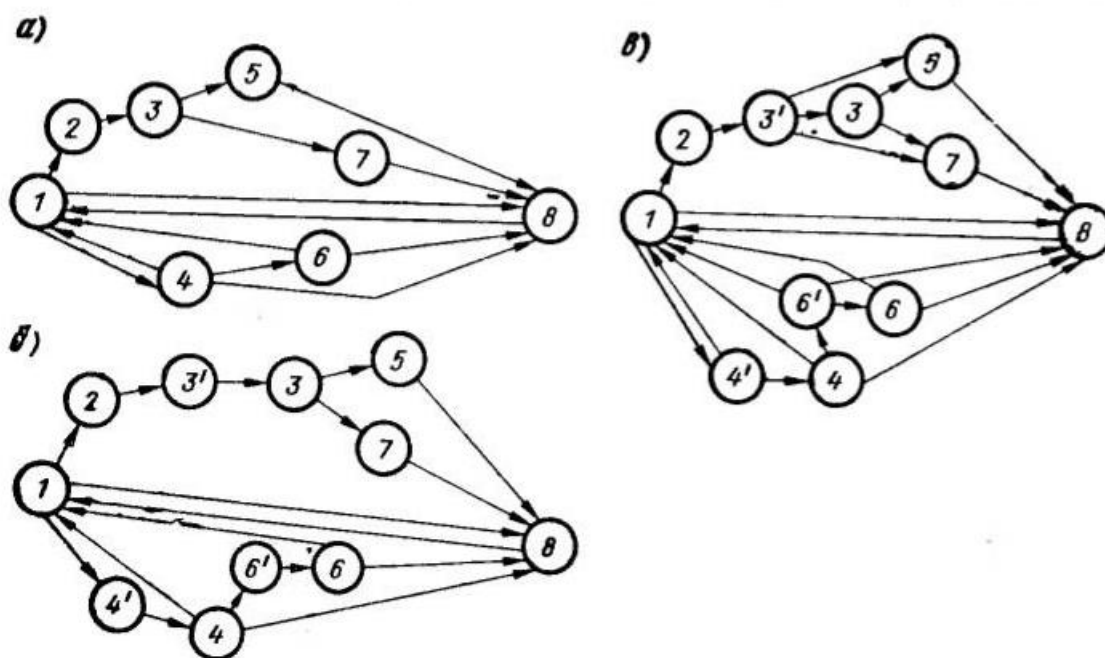


Рис. 2.9. Графи станів і переходів процесу спеціалізованої експлуатації літаків

На рисунку 2.9:

а) граф  $G_1$  для стратегії  $Q_1$ ; б) граф  $G_2$  для стратегії  $Q_2$ ; в) граф  $G_3$  для стратегії  $Q_3$ ; 1 - політ; 2 - очікування періодичного технічного обслуговування; 3, 4, 6 (3', 4', 6') - періодичне і оперативне технічне обслуговування, усунення несправностей та відповідні їм стани діагностування; 5 - інші стани; 7 невикористані справні літаки; 8 - забезпечення рейсу в базовому аеропорту.

Для моделювання процесу за традиційної стратегії  $Q_1$  слугує граф  $G_1$ , (рис. 2.9, а), структура і характеристики якого визначені в результаті статистичного аналізу реального процесу експлуатації літаків Іл-62 і Ту-154.

Для стратегії  $Q_2$ , слугує граф  $G_2$ , (рис. 2.9, б), отриманий із вихідного шляхом розділення  $i$ -го стану технічного обслуговування ( $i = 3, 4, 6$ ) на два стани, один з яких  $k'$  ( $k' = 3', 4', 6'$ ) має постійні характеристики (тривалості, трудомісткості, вартості), інший -  $k$  ( $k = 3, 4, 6$ ) - змінні характеристики, які залежать від обсягу діагностування під час технічного обслуговування та ремонту. Результати аналізу характеру робіт, що виконуються в цих станах, дозволили установити соотношение между постоянными и переменными составляющими: для постоянных видов работ по техническому обслуживанию (не зависящих от диагностирования) – 61 %, для переменных видов работ (зависящих от диагностирования) – 33 %.

Для моделювання процесу спеціалізованої експлуатації за стратегій  $Q_3$  і  $Q_4$  використовується граф  $G_3$  (рис. 2.9 в), що відрізняється від вихідного наявністю станів технічного діагностування  $k'$  ( $k' = 3', 4', 6'$ ) у кожному зі станів технічного обслуговування, а також відповідних цим станам переходів. Імовірності переходів у стан діагностування визначаються як імовірності переходів у відповідні стани обслуговування за чинним регламентом. Імовірності переходів зі станів діагностування в суміжні визначаються статистикою вдалих і невдалих профілактик (п. 2.1). Так, імовірність переходу зі стану діагностування у відповідний стан відновлення дорівнює 0,25, а в стан готовності 0,75.

Варіанти стратегій технічного обслуговування, прийняті для моделювання процесу спеціалізованої експлуатації літаків, наведено в табл. 2.13.

Під час розроблення програми статистичного моделювання процесу спеціалізованої експлуатації для дослідження будь-якої з чотирьох стратегій можуть бути застосовані два способи обчислення характеристик розглядуваного процесу. Перший із них повністю враховує особливості математичної моделі і може використовуватися для дослідження нестационарних режимів процесу спеціалізованої експлуатації. У цьому випадку алгоритм розв'язання задачі складається з трьох блоків. У першому формується номер чергового стану процесу на основі матриці перехідних імовірностей, у другому виробляється випадкова величина, розподілена за законом обраного в попередньому блоці стану, а в третьому блоці обчислюються необхідні параметри процесу.

Таблиця 2.13 [42]

Обсяг робіт з технічного обслуговування, що виконуються за станом

Обсяг робіт з технічного обслуговування за станом $\gamma_i$ , %	$P_j$	$F_j$	
		1,00	0,25
30	1,00	C111	C121
	0,25	C211	C221
60	1,00	C112	C122
	0,25	C212	C222
90	1,00	C113	C123
	0,25	C213	C223

Другий спосіб враховує асимптотичні особливості і заснований на використанні теореми Сміта [44], згідно з якою стаціонарні характеристики ергодичного процесу не залежать від вигляду функції розподілу часу перебування у стані та номера стану, з якого процес отримує розвиток у нульовий момент часу. У цьому разі алгоритм статистичного моделювання значно спрощується і складається всього з двох блоків: в одному з них формується перехід у черговий стан за викладеною схемою та накопичується вибіркова статистика вкладеного ланцюга, а в другому проводиться розрахунок вихідних характеристик процесу.

Програму, що реалізує зазначений алгоритм, складено у середовищі С++. Програма дає змогу обчислити такі характеристики процесу спеціалізованої експлуатації:

- стаціонарну ймовірність  $\pi_i$ , перебування в  $i$ -му стані процесу,  $i = 1, 2, \dots, N$ ;
- середній час повернення  $l_{ii}$  в  $i$ -й стан;
- середній час  $l_{ij}$  до потрапляння процесу зі стану  $i$  в  $j$ ;
- середнє напрацювання в стані "політ"  $\varphi_{1k}$  між двома черговими потрапляннями в стан  $k$ ;
- коефіцієнт використання  $K_i$  в  $i$ -му стані;
- питому трудомісткість технічного обслуговування і ремонту  $\tau_{y\delta}$ ;
- питому вартість технічного обслуговування і ремонту  $C_{y\delta}$ .

Динаміку основних показників ефективності процесу спеціалізованої експлуатації для розглянутої сукупності стратегій технічного обслуговування наведено для літака Іл-62 у табл. 2.14, а для літака Ту-154 на рис. 2.10.

Перший висновок, який можна зробити, що стратегія  $Q_4$ , яка найповніше враховує технічний стан, є оптимальною за коефіцієнтом використання в досліджуваному класі стратегій.

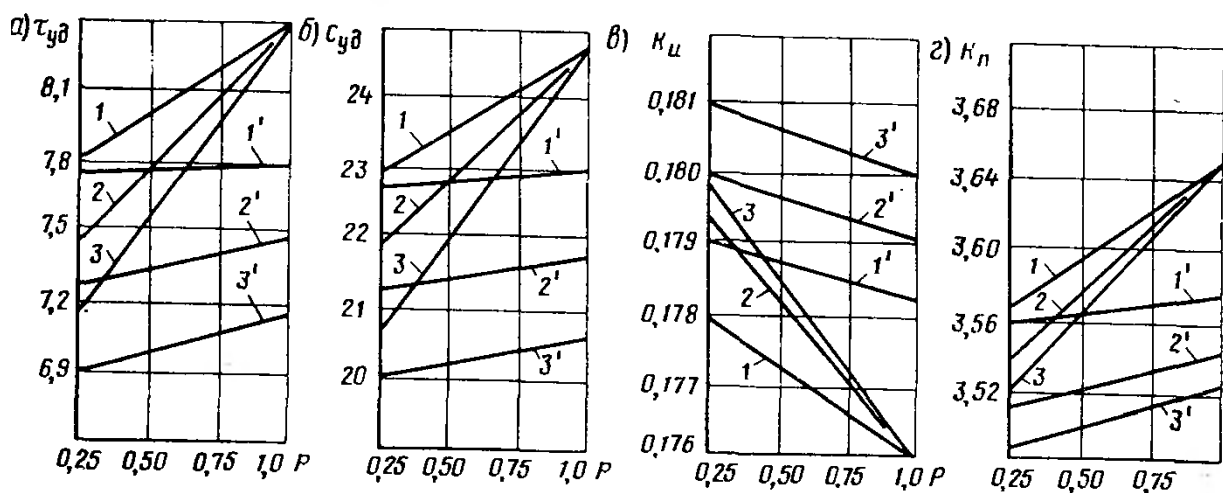


Рис. 2.10. Динаміка показників ефективності процесу спеціалізованої експлуатації літака Ту-154 за різних стратегій технічного обслуговування.

Показники ефективності стратегій експлуатації

Показники ефективності	$P_j$	$F_j$					
		0,25			1,00		
		$r_j, \%$					
		30	60	90	30	60	90
$K_e$	0,25	0,2963	0,2983	0,3010	0,2940	0,2950	0,2970
	1,00	0,2936	0,2953	0,2970	0,2850	0,2850	0,2650
$\tau_{y\delta}$	0,25	12,27	11,54	10,82	12,41	11,85	10,30
	1,00	12,42	11,84	11,26	13,00	13,00	13,00
$C_{y\delta}$	0,25	44,98	42,36	39,76	45,50	44,53	37,92
	1,00	47,29	43,42	42,93	47,60	47,60	47,60
$K_n$	0,25	1,64	1,61	1,58	1,67	1,65	1,63
	1,00	1,67	1,65	1,63	1,77	1,77	1,77

Вона є найбільш ефективною і за такими показниками, як питомі простої  $K_n$ , питома трудомісткість  $\tau_{y\delta}$ , питома вартість  $C_{y\delta}$ . Стратегії  $Q_2$  і  $Q_3$  є кращими за  $Q_1$ . Таким чином, будь-яка зі стратегій, що враховують технічний стан виробів під час призначення робіт із технічного обслуговування, виявляється кращою за традиційну стратегію технічного обслуговування літаків. Найефективнішим є впровадження методів технічного обслуговування за станом для максимальної кількості агрегатів і виробів. При цьому в разі впровадження методів обслуговування за станом для 90 % робіт з технічного обслуговування (без урахування ремонту) досягаються певне збільшення коефіцієнта використання (на 2,7 % для літаків Ту-154 і на 5,3 % для літаків Іл-62) та істотне скорочення питомої трудомісткості й питомої вартості технічного обслуговування (на 19-20 %) [42].

Зміст управління ефективністю процесу технічної експлуатації літаків показано на рис. 2.12.

Алгоритм управління містить чотири блоки: (на рис. 2.12: **блок 1** - блок інформаційного забезпечення; **блок 2** - блок розрахунку показників ефективності; **блок 3** - блок оцінки та аналізу ефективності; **блок 4** - блок ухвалення рішень щодо вибору керуючих впливів).



**Перший** із них являє собою систему інформаційного забезпечення і виконує операції реєстрації, обліку та первинного оброблення інформації. Блок охоплює потоки інформації, необхідні для визначення характеристик надійності об'єктів, регулярності відправлень, використання та справності літаків, економічності їх технічного обслуговування та ремонту. Вихідні дані приводяться до вигляду, зручного для моделювання на ПЕОМ.

**Другий блок** забезпечує моделювання процесу технічної експлуатації на ПЕОМ і розрахунок показників його ефективності.

**Третій блок** виконує аналіз ефективності процесу технічної експлуатації, оцінку впливу характеристик окремих станів на показники ефективності процесу в цілому.

**Четвертий блок** виробляє керівні впливи, спрямовані на підвищення ефективності процесу технічної експлуатації літаків.

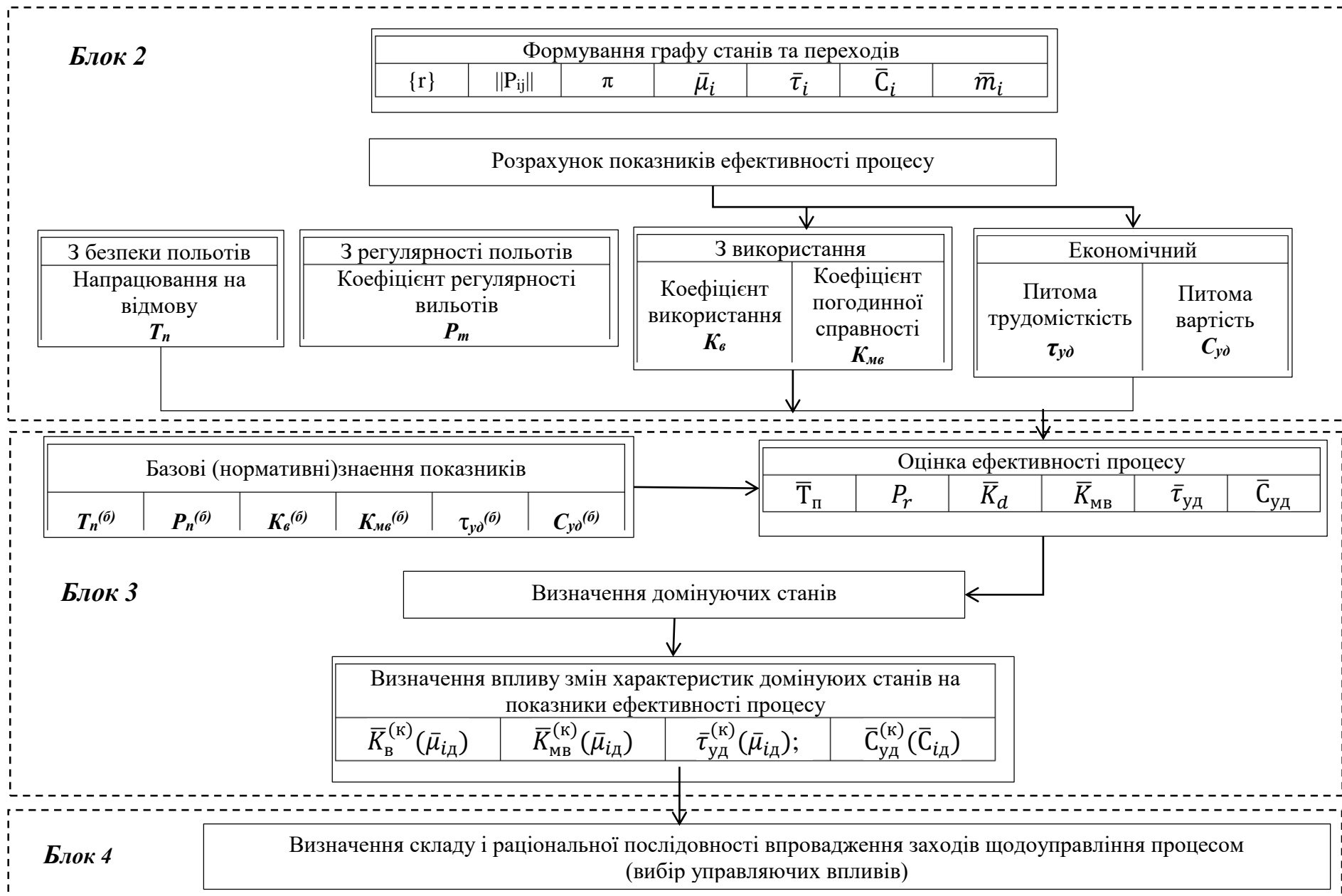


Рисунок 2.12 - Блок-схема алгоритму управління ефективністю процесу спеціалізованої експлуатації

## Висновки до розділу

1. Розроблена структура показників ефективності процесу спеціалізованої експлуатації АТС(К). На відміну від існуючих система показників ефективності має ієрархічну структуру процесу експлуатації, враховує вимоги, що до них висуваються. Визначено, що ефективність процесу спеціалізованої експлуатації значною мірою залежить від ефективності системи технічного обслуговування, яка характеризується виконанням основних вимог щодо забезпечення безпеки та регулярності польотів, використання ЛА та економічності їхньої експлуатації,

2. Розроблено методику статистичного аналізу процесу спеціалізованої експлуатації. Аналіз проводиться на основі теорії напівмарковських випадкових процесів за допомогою графу станів і переходів процесу спеціалізованої експлуатації літака з урахуванням стаціонарності та ергодичності вкладеного процесу. Усі стани процесу спеціалізованої експлуатації графа, є сполученими, а стани, що поглинають, відсутні.

3. Розроблено методику аналізу ефективності процесу спеціалізованої експлуатації ЛА, яка на відміну від існуючих враховує структуру процесу спеціалізованої експлуатації літаків. Розрахунок показників ефективності процесу спеціалізованої експлуатації проводиться на кожному організаційному рівні структури АТБ. На відміну від існуючих методик, для аналізу ефективності процесу спеціалізованої експлуатації ЛА на різних рівнях у методиці рекомендується приймати рекомендовані інтервали і, які приймають залежно від потреби в результатах аналізу і можливості отримання конкретної інформації. З точки зору підвищення оперативності використання результатів аналізу ефективності процесу доцільно приймати менший із зазначених інтервалів.

4. Розроблено методику аналізу впливу організаційних і технічних чинників на ефективність процесу спеціалізованої експлуатації ЛА, за допомогою якої можна визначити, у яких станах процесу спеціалізованої експлуатації відбулася зміна трудомісткості та вартості порівняно з базовими показниками, і обчислити  $\bar{\mu}_{i_d}$ ,  $\bar{t}_{i_d}$ ,  $\bar{C}_{i_d}$ .

Побудовано номограми залежностей відносних показників ефективності від відносних витрат у доміантних станах, за якими можна визначити зміни відносних показників, що відбулися внаслідок зміни витрат у доміантних станах та є можливість проведення перевірки правильності визначення домінуючих станів спеціалізованої експлуатації.

5. Запропоновано методику визначення механізмів управління процесом спеціалізованої експлуатації літаків на основі проведення статистичного експерименту. Статистичне моделювання дає змогу визначити показники ефективності процесу спеціалізованої експлуатації літака в умовах застосування технічного обслуговування і ремонту за станом його комплектувальних виробів у різних обсягах і поєднаннях із традиційним методом технічного обслуговування і ремонту за напрацюванням.

## **РОЗДІЛ 3. РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ВИЗНАЧЕННЯ ОРГАНІЗАЦІЙНИХ І ТЕХНІЧНИХ ЗАХОДІВ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРОЦЕСУ УПРАВЛІННЯ СПЕЦІАЛІЗОВАНОЮ ЕКСПЛУАТАЦІЄЮ АТС**

### **3.1 Інформаційне забезпечення процесу управління спеціалізованою експлуатацією**

Успішне вирішення завдання підвищення ефективності процесу спеціалізованої експлуатації авіаційної техніки передбачає використання статистичної інформації експлуатаційних і ремонтних підприємств цивільної авіації. У зв'язку з цим виникає необхідність створення єдиної системи інформаційного забезпечення, яка має відповідати прийнятій сукупності показників ефективності процесу спеціалізованої експлуатації (див. табл. 2.1, 2.5), а також задовольняти загальним вимогам до інформації про надійність та ефективність експлуатації ЛА. Інформаційне забезпечення має бути побудоване на основі системного підходу, відображаючи ієрархічний характер структури процесу спеціалізованої експлуатації та комплексний характер аналізу його ефективності. Воно має базуватися головним чином на діючій в експлуатаційних і ремонтних підприємствах обліково-звітній документації, яка за необхідності може бути вдосконалена.

Під час розроблення системи інформаційного забезпечення мають бути чітко визначені шляхи проходження інформації, починаючи від заповнення первинної форми обліку експлуатаційної інформації до її систематизації у формах-накопичувачах. При цьому має бути забезпечена можливість введення інформації з первинних носіїв на ЕОМ. З урахуванням особливостей експлуатаційної інформації можна визначити і загальні вимоги до неї, до яких належать повнота інформації, достовірність, однорідність, своєчасність і безперервність [35].

Під повнотою інформації розуміють наявність усіх відомостей, необхідних для проведення оцінювання й аналізу ефективності процесу експлуатації ЛА на

різних рівнях ієрархічної структури, а також для розв'язання задач з удосконалення системи технічного обслуговування та ремонту авіаційної техніки. Інформацію про ефективність можна використати під час розв'язання розглянутих завдань тільки за умови суворої достовірності всіх вихідних даних, тобто за умови досить правильного відображення реальної експлуатації ЛА.

Однорідність інформації передбачає поділ відомостей за причинами і станами. Наприклад, статистичні дані для визначення нальоту на відмову, виявлену в польоті через конструктивно-виробничі недоліки або недоліки ремонту, слід подавати окремо. Оскільки інформація має використовуватися для оперативного управління ефективністю процесу спеціалізованої експлуатації ЛА, то вона не виконуватиме свого призначення, якщо її надходження несвоєчасне. Створення безперервного потоку інформації за кожним типом ЛА на всіх етапах експлуатації, починаючи з освоєння і закінчуючи списанням, дасть змогу використовувати її для планування і прогнозування показників справності та ефективності застосування ЛА. Ці матеріали можуть бути також використані під час розроблення технічних вимог до новостворюваних типів ЛА і під час їх проектування.

Відповідно до прийнятої сукупності показників ефективності процесу спеціалізованої експлуатації ЛА інформаційне забезпечення повинно містити чотири потоки інформації: про безпеку польотів стосовно спеціалізованої експлуатації; про надійність авіаційної техніки); про регулярність польотів; про використання ЛА; про економічність експлуатації. Перелік вихідних даних, необхідних для аналізу ефективності процесу спеціалізованої експлуатації та джерела їх отримання наведено на рис. 3.1.

Кожен із розглянутих потоків інформації реалізується у вигляді відповідних підсистем інформаційного забезпечення, які офіційно діють на підприємствах цивільної авіації з обліку та аналізу: несправностей авіаційної техніки; регулярності руху літаків; справності та використання літаків; трудомісткості та вартості технічного обслуговування літаків. Зазначені

підсистеми поряд із загальними рисами мають свої особливості, пов'язані з характером інформації та джерелами її отримання.



Рисунок 3.1 - Схема інформаційного забезпечення процесу управління спеціалізованою експлуатацією ЛА в АТБ

### 3.2 Рекомендації підприємствам-виробникам щодо участі в організації спеціалізованої експлуатації

Організація роботи підприємств-виробників щодо вирішення завдань технічного обслуговування і ремонту створюваної авіаційної техніки характеризується значним різноманіттям форм і методів. Однак в основі цього

різноманіття лежить низка загальних принципів, що склалися в результаті довголітньої практики спільної роботи. Найважливіші з цих принципів стосовно зарубіжної практики характеризуються таким [42].

Крім проектування і виготовлення дослідних зразків техніки, фірми-виробники здійснюють, як правило, функції, пов'язані з організацією сервісу (розробка програм технічного обслуговування і ремонту, розробка і вдосконалення технічної документації, безперебійне забезпечення запасними частинами та ін.). Для цього на фірмах є спеціальні служби, які за чисельним складом є найчисленнішими. Цей фактор не може не чинити помітного впливу на розроблення і темпи впровадження ефективних програм обслуговування і ремонту авіаційної техніки за станом.

Фірма-виробник несе відповідальність за організацію технічного обслуговування і ремонту своїх виробів протягом усього періоду їх експлуатації. Виникнення і формування цього принципу зумовлені економічними та соціальними причинами. Цей принцип організації обслуговування і ремонту передбачається відповідним законодавством або практикою і традиціями, що склалися в країні. Контроль фірми над системою технічного обслуговування і ремонту дає їй змогу швидко усувати несправності, що виникають, як на випущених виробках, так і на тих, які перебувають в експлуатації. Спонукальним мотивом для активної участі фірм у роботі з обслуговування та ремонту продукції, що випускається, є також її прагнення використовувати систему обслуговування та ремонту як засіб конкурентної боротьби за ринки збуту.

Організація технічного обслуговування і ремонту - складна і клопітка справа. Однак фірми не розглядають це як "втрачений" або "збитковий" бізнес. Причина цього полягає в тому, що обслуговування і ремонт є значною, а в низці випадків найважливішою статтею доходів фірми. Зацікавленість в отриманні доходу і конкуренція змушують фірми розширювати сервіс.

У сучасних умовах на світовому авіаційному ринку нерідко не ціна, а якість і новизна виробу, масштаби сервісу є вирішальним фактором при виборі



покупцем фірми-постачальника [42]. Політика фірм щодо широкого використання сфери обслуговування і ремонту як засобу конкурентної боротьби своєю чергою сприяє вдосконаленню і прискоренню її розвитку. Система технічного обслуговування і ремонту, рекомендована фірмою, передбачає виконання всього комплексу послуг: постачання запасних частин, забезпечення ремонтних робіт, постачання технічної документації, навчання фахівців, вивчення ефективності роботи виробів, виявлення їхніх переваг і недоліків тощо.

У сучасній практиці фірми використовують так званий метод визначення оптимального обсягу послуг, для чого вони систематично вивчають обсяг і характер послуг, які надають покупцеві їхні конкуренти. Такого роду аналіз доцільності надання того чи іншого виду послуг вимагає великої ретельності, тому що надання покупцеві зайвих послуг веде до зниження доходу фірми, але й надмірна гонитва за економією може призвести до втрати ринку. Допмагаючи авіакомпаніям в організації технічного обслуговування і ремонту авіаційної техніки, фірми здійснюють цілу низку заходів, комплекс яких отримав за кордоном назву Product Support.

Підготовка і створення фірмою системи технічного обслуговування і ремонту містять у собі не тільки організацію обслуговування і ремонту виробів, що перебувають в експлуатації. Не менш відповідальна ланка системи - участь апарату технічного обслуговування і ремонту у створенні фірмою нових типів виробів.

Донедавна серед фірм-виробників побутовала практика, коли при створенні нового типу виробу керувалися лише такими критеріями, як новизна, надійність, довговічність і тільки в останні 10... 12 років в основу проектування виробів поряд із зазначеними факторами стали закладати і передбачати зручність, спрощення та здешевлення технічного обслуговування і ремонту.

Фірми надають великого значення встановленню зв'язків з потенційними покупцями ще до підписання контракту. На цьому етапі фірма знайомиться зі станом справ у потенційного покупця, його парком, оснащенням баз

обслуговування і ремонту, кваліфікацією персоналу, з'ясовує специфіку експлуатації техніки і вимоги до закупаваного виробу. Під час проєктування і виготовлення нових виробів визначається номенклатура запасних частин, які знадобляться на початковому етапі експлуатації, розробляються програми обслуговування і ремонту, визначаються потреба і способи підготовки фахівців з обслуговування і ремонту, перелік необхідного інструменту тощо.

Після підписання контракту складається програма післяпродажного обслуговування. Узгоджуються основні питання, що стосуються постачання технічної документації, створення системи технічного обслуговування і ремонту проданої техніки, поставок необхідного устаткування та інструменту, організації постачання запасних частин, термінової та аварійної допомоги та інші питання. Роботу будують таким чином, щоб усі перелічені питання було вирішено до моменту постачання авіакомпанії першого літака [421].

Найбільші фірми постійно проводять заходи, спрямовані на спрощення і зниження обсягів обслуговування і ремонту продукції, що ними випускається. В основі цієї роботи лежить насамперед турбота про ринок збуту, про забезпечення високої конкурентоспроможності вироблених виробів. Конструкторська думка фахівців фірм постійно працює в напрямі технічного вдосконалення продукції, розроблення нових ефективніших програм і методів її обслуговування та ремонту. Цим, зокрема, можна пояснити і ті успіхи, яких досягнуто зарубіжними фірмами та авіакомпаніями під час упровадження технічного обслуговування та ремонту авіаційної техніки за станом.

### **3.3. Рекомендації з організації дослідницьких та експериментальних робіт**

Увесь комплекс дослідницьких та експериментальних робіт проводиться за такими основними напрямками: створення теоретичних і методичних основ технічного обслуговування і ремонту за станом; дослідження конкретних систем і виробів авіаційної техніки та забезпечення їхньої відповідності пред'явленим вимогам; розроблення ефективних програм технічного

обслуговування та ремонту новостворюваних систем і виробів авіаційної техніки.

Теоретичні та методичні дослідження спрямовані на розв'язання таких основних завдань: розроблення математичних моделей, методів оптимізації та формування комплексних програм технічного обслуговування та ремонту систем і виробів авіаційної техніки за станом; створення методів і засобів аналізу й оцінювання технічного стану виробів і ухвалення рішень під час їхньої експлуатації; розроблення методів аналізу й оцінювання контролепридатності, оперативного оцінювання надійності серій виробів, оцінювання економічної ефективності.

До завдань цього напрямку досліджень належать також: вибір і обґрунтування оптимальних режимів діагностування систем і виробів; розроблення комплексної системи контролю їхнього технічного стану під час експлуатації; розроблення принципів і організаційно-технічних заходів щодо підготовки підприємств цивільної авіації до впровадження методів обслуговування і ремонту за станом.

Результати виконаних теоретичних і методичних досліджень використовують під час розроблення: різного роду методик і методичних вказівок; керівної, нормативно-технічної та експлуатаційно-ремонтної документації за типами літаків, систем і виробів (регламенти й технологічні вказівки з діагностики та замін виробів); загальних технічних вимог щодо забезпечення експлуатаційної технологічності, контролепридатності, а також до засобів діагностування.

Дослідження конкретних систем і виробів авіаційної техніки здійснюють за типовою схемою, яка включає такі етапи: аналіз і вибір оптимальних методів технічного обслуговування та ремонту різних виробів функціональних систем; вибір методів, засобів і режимів технічного діагностування; визначення контрольних (статистичних) рівнів надійності виробів; розроблення експлуатаційно-ремонтної документації; проведення експлуатаційної перевірки; упровадження методів технічного обслуговування та ремонту за станом на

парку літаків; розроблення експлуатаційно-ремонтної документації; впровадження методів технічного обслуговування і ремонту за станом на парках літаків; аналіз експлуатаційної технологічності та контролю.

Відповідно до наведеної схеми на першому етапі досліджень виконують комплексний аналіз функціональної системи літака та її конкретних виробів, що містить структурний і статистичний аналіз, аналіз експлуатаційної технологічності та контролепридатності, економічний аналіз.

Структурний аналіз надійності систем виконується на основі теоретичних положень алгебри логіки. При цьому проводять аналіз принципової схеми системи і розбиття її на функціональні ділянки; вивчають призначення, особливості роботи і конструкцію окремих виробів. Вироби кожної із систем поділяють на групи за виконуваними функціями і конструктивними особливостями. Для гідравлічних систем, наприклад, такими групами можуть бути: ємності, гідромотори і гідронасоси, фільтри, розподільні пристрої, регулювальні пристрої, циліндри, відсічні клапани.

Розбивка на групи дає можливість проводити дослідження обмеженого числа типових виробів з подальшим поширенням отриманих висновків на аналогічні вироби систем інших типів літаків. Під типовими розуміють конструктивно самостійні вироби, які мають однакове функціональне призначення і принцип роботи; однаковий рівень контролепридатності та можливість застосування ідентичних методів і засобів технічної діагностики.

У процесі структурного аналізу складають логічні рівняння безпечного функціонування системи та її ділянок, які визначають зв'язки між виробами з погляду забезпечення працездатності системи, і будують структурні схеми, на яких ці зв'язки виражені графічно. Аналізуючи структурні схеми, роблять висновки про ступінь впливу окремих елементів на працездатність системи.

Для визначення функціональної значущості виробу рівняння функціонування складних систем подають у вигляді логічних матриць, у яких вони виражаються через кон'юнкції та диз'юнкції. Матричний запис рівнянь дає

зможу використовувати ЕОМ для їх аналізу та визначення чисельних показників, а також полегшує побудову логічних схем функціональних ділянок.

Статистичний аналіз надійності проводять на основі даних про відмови і несправності для отримання необхідних характеристик, які використовують під час розроблення класифікації досліджуваних виробів за можливими методами їхньої заміни. Під час збирання статистичних даних враховуються: напрацювання виробу до появи відмови, причини, спосіб усунення та наслідки відмови. Крім опрацювання та аналізу статистичних даних про відмови і несправності, збирають і обробляють матеріали про зміну технічного стану виробів за час відпрацювання міжремонтного ресурсу. Як джерела інформації використовуються відомості дефектації та обмір деталей під час чергових ремонтів виробів.

Основне завдання аналізу експлуатаційної технологічності та контролепридатності систем і виробів полягає у визначенні й оцінці пристосованості виробів до проведення контролю їхнього технічного стану та заміни в разі потреби. Економічний аналіз проводиться з метою отримання якісних і кількісних характеристик, необхідних для виконання технічного обслуговування і ремонту виробів систем літака за різних реально можливих методів. Результати цього аналізу відіграють важливу роль під час остаточного ухвалення рішення і вибору найефективнішого методу технічного обслуговування і ремонту для того чи іншого конкретного виробу функціональної системи.

На основі виконаного комплексного аналізу надають класифікацію виробів за можливими методами їхнього технічного обслуговування і ремонту. При цьому вибір найефективнішого методу для конкретного виробу здійснюють з урахуванням: функціональної значущості виробу як елемента функціональної системи літака; характеристик надійності виробу; наявності методів і засобів контролю технічного стану виробу; характеристик експлуатаційної технологічності та, насамперед, контролепридатності;

технологічних можливостей експлуатаційних і ремонтних підприємств; економічної ефективності.

Перевірка відповідності конструкції новостворюваних об'єктів авіаційної техніки вимогам, що пред'являються, проводиться на стадіях макетної комісії, державних і експлуатаційних випробувань. При цьому перевіряється: відповідність конструкції об'єкта і засобів контролю та діагностування технічного стану технічним вимогам; ступінь впливу відмов виробів систем на безпеку і регулярність польотів; відповідність фактичних значень показників надійності та експлуатаційної технологічності заданим у вимогах; правильність обґрунтування вибору методів обслуговування та ремонту виробів; повнота та правильність регламенту та технологічних вказівок з технічної діагностики.

Першим етапом впровадження методів технічного обслуговування і ремонту за станом є їхня експлуатаційна перевірка. Для серійної техніки експлуатаційну перевірку методів проводять на групі підконтрольних літаків за програмами і методичними вказівками, що визначають кількість підконтрольних літаків і порядок проведення перевірки. Для новостворюваної авіаційної техніки експлуатаційна перевірка методів проводиться на етапі експлуатаційних випробувань.

До початку експлуатаційної перевірки підприємства промисловості розробляють тимчасові регламент і технологічні вказівки з технічного обслуговування виробів, посібник із ремонту і доповнення до керівництва з льотної експлуатації. У цих документах мають міститися: переліки систем і виробів літака, що обслуговуються і ремонтуються за технічним станом; переліки визначальних параметрів і допуски на їх значення за системами і виробами, що експлуатуються до передотказного стану; методи і засоби контролю технічного стану виробів; контрольні рівні надійності виробів, що експлуатуються до відмови.

Підприємства цивільної авіації зі свого боку розробляють: організаційно-технічні заходи з підготовки підприємств до переведення об'єктів авіаційної техніки на обслуговування і ремонт за станом; робочу документацію

з обслуговування та ремонту; документацію зі збирання й оброблення інформації про надійність і технічний стан; програми та методичні вказівки з проведення експлуатаційної перевірки.

Важливим напрямом досліджень є розроблення ефективних програм технічного обслуговування і ремонту новостворюваної авіаційної техніки. Актуальність і важливість цього напрямку досліджень очевидні. Багаторічна практика вдосконалення методів технічного обслуговування і ремонту серійних літаків свідчить про те, що відчутного ефекту від цієї роботи не можна отримати, якщо її не починати з етапів створення літаків.

Розроблення вимог замовника до ефективних програм технічного обслуговування і ремонту літаків, формування самих програм та їх втілення в конструкціях і документації з експлуатації створюваних об'єктів авіаційної техніки, розроблення методичних основ формування і подальшого коригування програм - це далеко не повний перелік завдань розглянутого напрямку досліджень.

Природно, що у вирішенні цих завдань беруть участь фахівці науково-дослідних організацій, вишів, конструкторських бюро, експлуатаційних і ремонтних підприємств. Так, у розробленні програми технічного обслуговування і ремонту літака Б-747 брали участь дев'ять робочих груп, створених за різними профілями. До їхнього складу входили інженери авіакомпаній, літакобудівної та моторобудівної фірм, інспектори-фахівці Федерального авіаційного агентства (ФАА). До завдань робочих груп входило детальне вивчення основних виробів кожної функціональної системи, уточнення видів робіт з технічного обслуговування, обґрунтування призначення режимів обслуговування для кожного розглянутого виробу і системи. Робочі групи підтримували постійні контакти з розробниками готових виробів для отримання докладної інформації про ці вироби (конструкції, надійність, експлуатаційну технологічність, режими обслуговування). Паралельно з розробленням програми технічного обслуговування

функціональних систем і виробу розробляли програму огляду та контролю конструкції планера.

### **3.4. Організація робіт із забезпечення експлуатаційної технологічності**

Чітка організація роботи під час розв'язання завдань підвищення експлуатаційної технологічності необхідна насамперед під час проведення досліджень з метою розроблення технічних вимог, а також під час втілення розроблених технічних вимог у конструкціях літаків. При цьому на успішне вирішення поставлених завдань можна розраховувати лише в тих випадках, коли в тісній співдружності працюють фахівці конструкторських бюро, заводів промисловості, науково-дослідних, експлуатаційних і ремонтних підприємств цивільної авіації. Зі сказаного випливає, що всю роботу з підвищення експлуатаційної технологічності літаків умовно можна розділити на три етапи.

Перший етап пов'язаний зі збором необхідної інформації, проведенням аналізу та систематизацією отриманих матеріалів.

На другому етапі розробляються необхідні керівні технічні матеріали з експлуатаційної технологічності.

Третій етап робіт полягає у здійсненні контролю за виконанням вимог і проведенням оцінки рівня експлуатаційної технологічності на різних стадіях створення літаків та їхніх випробувань.

Для проведення аналізу та систематизації матеріалів на першому етапі потрібна вичерпна вихідна інформація. Збір необхідних вихідних матеріалів проводиться шляхом проведення безпосередніх спостережень окремо за кожною системою, вузлом або виробом, встановленими на різних типах літаків, у процесі виконання їхнього технічного обслуговування і ремонту.

Матеріали з експлуатаційної технологічності збирають також під час проведення "поглибленої" дефектації та контрольних перебірок літаків, що входять у так звані головні групи. Літаки головних груп експлуатуються з випереджувальним нальотом і збільшеним міжремонтним ресурсом (порівняно



зі звичайними рейсовими літаками), унаслідок чого на них у процесі експлуатації після певного нальоту виконують цілу низку робіт із ремонту й заміни виробів і вузлів, яких на решті рейсових літаків не проводять.

Цінна інформація про технологічність конструкцій у низці випадків надходить від підприємств і фахівців, які проводять державні та експлуатаційні випробування літаків. Ретельно збирають дані про експлуатаційну технологічність конструкцій зарубіжних літаків, методи і технологію їх технічного обслуговування і ремонту.

За результатами аналізу та опрацювання отриманого фактичного матеріалу на другому етапі досліджень розробляються і видаються конструкторським бюро і заводам-виробникам необхідні керівні технічні матеріали: вимоги та рекомендації щодо підвищення експлуатаційної технологічності серійних літаків шляхом виконання на них відповідних конструкторських доопрацювань; загальні вимоги до експлуатаційної технологічності нових типів літаків; значення показників експлуатаційної технологічності; рекомендації для конструкторів з їхньої експлуатації та ремонту; рекомендації для конструкторів щодо експлуатаційної технологічності нових типів літаків; рекомендації для конструкторів щодо експлуатаційної технологічності.

Основний обсяг робіт на перших двох етапах досліджень виконує замовник - фахівці науково-дослідних, експлуатаційних і ремонтних підприємств цивільної авіації. Фахівці конструкторських бюро і заводів-виготовлювачів беруть участь у роботах, проте їхня участь зводиться в основному до розгляду та узгодження підготовлених матеріалів.

Організація робіт на третьому етапі, пов'язаному з реалізацією прийнятих технічних вимог у конструкціях створюваних об'єктів авіаційної техніки, характеризується таким. Як обов'язкову приймається умова, за якої експлуатаційна технологічність забезпечується в процесі створення нового виробу так само, як аеродинамічні, міцнісні, масові та інші показники з подальшою ретельною перевіркою в процесі проведення державних і

експлуатаційних випробувань. Забезпечення експлуатаційної технологічності здійснюється на всіх стадіях проектування літака, починаючи з ескізного проекту, коли визначається конструкція літака і вирішуються всі принципові питання компонування, членування (роз'ємів), панелювання тощо. У роботах із забезпечення експлуатаційної технологічності бере участь увесь колектив конструкторів і технологів як літакового конструкторського бюро і заводу, так і конструкторських бюро і заводів, що створюють комплектувальні вироби для літаків.

Основа конструювання і виробництва досконаліших літаків - наукове узагальнення досвіду експлуатації. Постійне вивчення та узагальнення вимог експлуатації до літакового парку, а також наявних конструктивних недоліків для недопущення їх при створенні нових машин - найважливіше завдання, що стоїть перед конструкторами і технологами. Під час вирішення цього завдання велику допомогу конструкторам можуть надавати експлуатаційники, які мають необхідні матеріали про конструктивні та виробничі дефекти окремих виробів і систем літаків.

На третьому етапі досліджень, на відміну від першого і другого, всі роботи виконує розробник - фахівці конструкторських бюро і заводів-виробників. Роль представників замовника тут зводиться до здійснення контролю за виконанням вимог, розгляду та узгодження основних конструктивно-технологічних рішень, видачі потрібних консультацій конструкторам. Участь представників замовника в роботах третього етапу організаційно оформляється таким чином. На час створення нового типу літака в конструкторські бюро направляються висококваліфіковані фахівці-експлуатаційники, знайомі з основами конструювання та виробництва літаків, які добре знають їхнє технічне обслуговування і ремонт. Бригади таких фахівців працюють у конструкторських бюро. Їхні головні завдання - контроль за виконанням вимог замовника щодо експлуатаційної технологічності та своєчасне надання потрібних консультацій конструкторам. Маючи в своєму розпорядженні всі необхідні матеріали, вони беруть активну участь у

технологічному опрацюванні створюваної конструкції, в обговоренні конструкторських рішень щодо членування планера на агрегати, агрегатів на панелі та вузли, а також відпрацювання монтажів, компонувань, роз'ємів тощо.

Найдієвішим методом контролю зарекомендував себе поетапний контроль. Нині за кордоном під час укладення контрактів на виробництво і постачання літаків встановлюються етапи розроблення, на яких виготовлювач зобов'язаний пред'явити замовнику докази успішного виконання пред'явлених вимог щодо експлуатаційної технологічності. Дозвіл на виконання наступного етапу фірмі-виробнику видають лише після того, як буде надано докази, що всі вимоги контракту успішно виконано. Зазвичай встановлюються три етапи контролю характеристик експлуатаційної технологічності створюваного літака. Перший етап на стадії розроблення, другий - на стадії виробництва, третій - у процесі експлуатації. Перший етап - найбільш економічний і доступний для прийняття компромісних рішень.

Під час створення багатомісного пасажирського літака Б-747 фірма "Боїнг" вживала низку заходів щодо забезпечення експлуатаційної технологічності його конструкції. Насамперед усім конструкторам і технологам, включно із суміжниками, фірма прищеплювала почуття відповідальності за забезпечення експлуатаційної технологічності. З цією метою конструктори і технологи безперервно отримували інформацію про досвід експлуатації літаків в авіакомпаніях, а також навчалися практиці забезпечення експлуатаційної технологічності конструкції літака. Особливу увагу фірма приділяла експлуатаційній технологічності виробів і вузлів, які мають високу початкову вартість і великі витрати на ремонт і технічне обслуговування, а також спричиняють затримки відправлення літаків і скасування рейсів. Було відібрано понад 250 найменувань таких вузлів і виробів і після детального опрацювання в конструкцію літака вносили необхідні зміни.

Інженери фірми, що займаються забезпеченням експлуатаційної технологічності, об'єднані в спеціалізовані групи за функціональною ознакою: конструкція літака, гідравлічні системи, шасі, керування літаком, силова

установка, повітряна система, електрообладнання, радіоелектронне обладнання, обладнання кабін. Фахівці цих груп за активної участі представників замовника здійснюють нагляд за тим, щоб в ескізних проєктах і робочих кресленнях знайшли відображення вимоги та рекомендації замовників щодо підвищення експлуатаційної технологічності під час пред'явлення макета літака і проведення спеціальних випробувань на експлуатаційну технологічність дослідних зразків. Крім цього, вони виконують детальний аналіз експлуатаційної технологічності конструкції на основі матеріалів з технічного обслуговування і ремонту літаків. За наявними даними аналогічні групи фахівців із забезпечення експлуатаційної технологічності об'єктів авіаційної техніки працюють і на інших фірмах США, Англії, Франції [55].

При створенні літака в ряді випадків вимоги замовника щодо експлуатаційної технологічності обумовлюються в контрактах і стають обов'язковими для виконання фірмами-виробниками. Так, представники військово-морського флоту США під час укладення контракту з фірмою LTV на виробництво і постачання літаків А-7А записали, щоб трудові витрати на його технічне обслуговування та ремонт не перевищували 11,5 чол-год/год нальоту. У разі невиконання фірмою цієї вимоги передбачалася складна система грошових штрафів за кожну зайву людино-годину, витрачену на обслуговування і ремонт понад це значення. Граничне значення трудових витрат встановлювалося в 17 чол-год/год нальоту. У разі його перевищення фірма повинна була власним коштом усунути всі недоліки конструкції, що впливають на трудові витрати технічного обслуговування і ремонту [47].

Певний інтерес становлять деякі загальні вимоги, що висуваються авіакомпаніями до фірм-виробників та їхніх конструкторів:

першим кроком з боку конструктора має бути визнання того положення, що він несе відповідальність за підвищення надійності та експлуатаційної технологічності створюваної конструкції. Він повинен активно застосовувати свої знання і здібності для створення проєктів, які б мали необхідний рівень надійності та експлуатаційної технологічності;

найкращий спосіб "відчути" будь-яку проблему - це взяти участь у роботі над нею. У зв'язку з цим рекомендується, щоб провідним конструкторам не тільки надавали час, а й зобов'язували вивчати досвід роботи авіакомпаній перед початком проектування кожного нового літака;

виробник повинен визначити й опублікувати концепцію своєї фірми щодо тієї уваги, яку він приділятиме надійності та експлуатаційній технологічності проєктованого об'єкта. Виклад концепції має бути підкріплений довідниками конструктора, що містять: принципи технічного обслуговування і ремонту об'єкта; програми навчання і контролю підготовленості конструкторів для забезпечення надійності та технологічності в їхніх проєктах; технічні способи забезпечення надійності та експлуатаційної технологічності; відомості про відповідальність конструктора за забезпечення надійності та технологічності;

фірма-виробник повинна передбачати систему, за допомогою якої конструктори зможуть своєчасно одержувати і застосовувати достовірні та своєчасні дані про надійність і експлуатаційну технологічність. Ця система передбачає створення в конструкторських бюро відповідних сховищ даних, спеціалізованих служб для консультацій конструкторів щодо методів забезпечення надійності та експлуатаційної технологічності. Система вимагає від конструкторів їхньої активної участі в розробленні відповідних розділів програм технічного обслуговування і ремонту літака. Це дає їм можливість оцінювати експлуатаційні властивості своєї продукції з позицій авіакомпанії. Зворотний зв'язок у цьому разі дуже корисний.

### **3.5 Шляхи удосконалення механізмів спеціалізованої експлуатації**

Фактори технічного та економічного характеру змушують авіапідприємства розробляти більш економічні технологічні процеси експлуатації своїх літаків. При цьому враховуються їх індивідуальні особливості. Наприклад, для старих літаків, які тривалий час перебувають в експлуатації, встановлюються зменшені ресурси. Це важлива обставина, але вона ще не завжди враховується.

Під час технічного обслуговування та ремонту застосовуються засоби діагностування та неруйнівного контролю, проводяться вибіркові перевірки технічного стану окремих зон конструкції. Це дало змогу авіакомпанії однією з перших виявити деякі серйозні дефекти конструкції літака А-300 [49].

В інженерно-технічному центрі авіакомпанії "Юнайтед Ерлайнз" (США), що налічує близько 9 тис. осіб, є група пілотів-випробувачів, основне завдання якої - проведення льотних випробувань літаків до та після виконання трудомістких форм обслуговування та ремонту. За парку авіакомпанії в 365 літаків щомісяця на льотні випробування витрачається 25...30 год. На кожну годину льотних випробувань припадає 3...8 год наземної підготовки до них.

Група пілотів-випробувачів бере участь у підготовці та перегляді програм льотної та технічної експлуатації літаків. Така робота проводиться регулярно для визначення оптимальної періодичності та обсягів робіт різних форм обслуговування і ремонту [50].

Удосконалення програм технічного обслуговування і ремонту літаків в авіакомпанії "Юнайтед Ерлайнз" проводять із використанням системи LIBRA (логічна інформація, заснована на аналізі надійності). Ця система дає змогу успішно розв'язувати завдання "врівноваження" показників надійності та економічності з метою підвищення ефективності експлуатації літакового парку.

Певний інтерес у цьому плані становить і праця [51], в якій проведено аналіз групи надійнісних показників, що використовуються в бортових і наземних системах технічного діагностування обладнання сучасних У ній розглядаються методичні та організаційно-технічні аспекти, пов'язані з розробленням оптимального регламенту технічного обслуговування та ремонту літаків на різних стадіях їхньої експлуатації залежно від значення та динаміки зміни показників надійності літаків цивільної авіації.

Австралійська авіакомпанія "Квантас" своє головне завдання вбачає у зниженні витрат на технічне обслуговування і ремонт, враховуючи зростання цін на паливо та інші економічні чинники. Парк авіакомпанії налічує 21 літак Б-747. Аналіз показав, що якби стосовно цих літаків діяла традиційна програма

обслуговування і ремонту за напрацюванням (зі встановленням міжремонтних ресурсів для літака і агрегатів), то авіакомпанії знадобилося б 38 літаків, а не 21. Застосування ж програми обслуговування і ремонту за станом дало змогу так спланувати роботи, що в ангарі перебуває не більше одного літака [52].

Програми технічного обслуговування та ремонту літаків і всі зміни до них, як правило, підтверджуються об'єднаним комітетом із представників літакової, моторної та інших фірм, що постачають найвідповідальніше обладнання, а також урядовими реєстраційними органами країни-експортера та інших провідних країн-виробників авіаційної техніки. Важливу роль у розвинених країнах відіграють спеціально створені урядові органи, що здійснюють сертифікацію авіаційної техніки, контроль за дотриманням прийнятої системи технічного обслуговування та її змінами, контроль за виконанням доопрацювань авіаційної техніки та змінами технічних ресурсів. У низці країн вони є також організаціями, що керують аеродромами, повітряним рухом і займаються їхнім розвитком.

Вивчаючи програми технічного обслуговування і ремонту, що застосовуються різними авіакомпаніями для одного і того самого типу літака, не можна не відзначити порівняно великої їх різноманітності. Це свідчить про те, що фірми-виготовлювачі літаків виявляють готовність розглянути і запропонувати авіакомпаніям, що купують літаки, відмінні від первісно прийнятої постачальником схеми технічного обслуговування і ремонту, які враховували б конкретні специфічні умови роботи тієї чи іншої авіакомпанії [53].

Авіакомпанія UTA (Франція), наприклад, для літаків DC-10 застосовує такий режим обслуговування і ремонту. Крім транзитного обслуговування, що виконується перед кожним польотом, передбачено три види періодичного обслуговування і ремонту за формами:

- А - виконується через 360 год нальоту, тривалість обслуговування 12 год;
- С - виконується через 4000 год нальоту, стоянка літака 48 год;

Heavy Maintenance Visit виконується через 15...20 тис. год нальоту або 5 років експлуатації (за середнього річного нальоту на літак 4000 год). Тривалість перебування літака за цією формою обслуговування в ангарі аеропорту Бурже становить у середньому два тижні. При виконанні "важкої" форми використовується вся наявна інформація про надійність літака, що включає повідомлення екіпажів і технічного персоналу про відмови і несправності, дані про затримки вильотів з технічних причин і про позапланові зняття агрегатів.

В авіакомпанії широко практикується вибірковий контроль конструкції планера літаків ДС-10, в результаті якого будь-яке скільки-небудь значне відхилення від норми на одному з літаків тягне за собою введення спеціальних перевірок для всього парку. У разі необхідності літак може бути підданий модифікації за відповідної домовленості між США (FAA) і країнами NSSF (Нідерланди, Скандинавські країни, Швейцарія, Франція) [54].

На основі досвіду експлуатації деякі фахівці авіакомпаній вважають, що концепції, пов'язані з календарним часом призначення форм обслуговування і ремонту, стають більш важливими, а пов'язані з годинами нальоту - менш істотними. Вони вважають також хибним твердження, що чим менше використовують літаки, тим меншими є втрати їхньої втомної міцності, оскільки при цьому не враховується корозійне пошкодження конструкції літака. Виходячи з цих припущень, вважаються можливими в подальшому такі режими технічного обслуговування і ремонту: щодобовий огляд; один-два огляди протягом 3 діб; огляд 1 раз на квартал; 1 раз на рік, коли потрібні витрати 1500 чол.-год. протягом 4 діб. "Важкі" форми обслуговування за необхідності можна виконувати після 3 років експлуатації з відстороненням літака від польотів на 2...3 тижні. Ремонтні роботи слід виконувати через кожні 6 років експлуатації після 20...22 тис. год нальоту. Після 25 тис. год нальоту може знадобитися модернізація літака. Вважається, що вартість обслуговування і ремонту при цьому складе 10... 15 % вартості експлуатації літака [55].

Заслуговує на увагу досвід роботи англійської авіакомпанії "British Airways" щодо вдосконалення режимів обслуговування і ремонту літаків свого



парку [56]. За останні роки цикли проведення форм технічного обслуговування і ремонту на багатьох типах літаків збільшилися до 2-4-х років. В авіакомпанії встановлено такі форми обслуговування і ремонту:

обслуговування в базовому і транзитному аеропортах (передпольотне, транзитне, в аеропорту призначення);

обслуговування малої трудомісткості (Service Check). Ця форма виконується на літаках VC-10 і Б-707 через 700-800 год нальоту, L-1011 через 800 і на Б-747 через 1350 год нальоту. За змістом ця форма являє собою ретельний візуальний огляд літака в ангарі з використанням драбин. Перевіряється технічний стан систем і окремих вузлів планера за спеціальною програмою. Тривалість виконання форми не більше 8 год;

обслуговування середньої трудомісткості (Intermediate Check). Періодичність виконання цієї форми на літаках Б-707-400 через 1500 год нальоту, Б-707-300 через 2000, L-10 1 через 3000 і Б-747 через 4000 год нальоту. За цієї форми обслуговування, крім ретельного візуального огляду зовнішніх частин планера і перевірки стану функціональних систем, проводиться ретельний контроль за допомогою засобів неруйнівного контролю внутрішніх зон конструкції. Тривалість виконання форми до 2 діб;

проміжне (додаткове) обслуговування (Inter Sapplemen-tal Check). Цю форму обслуговування виконують на Б-707-400 і VC-10 через 6000 год нальоту, або через 2 роки, на Б-707-300 через 8000 год нальоту, або 2 роки, на L-1011 - через 6000 і на Б-747 через 8000 год нальоту. Для цієї форми обслуговування характерне широке застосування спеціальних засобів неруйнівного контролю для оцінки технічного стану певних зон конструкції планера;

обслуговування великої трудомісткості (Major Check). Періодичність виконання форми становить: для Б-707-400 - 10000 год нальоту, або 3 роки, для Б-707-300 - 16000 год нальоту, або 4 роки, для VC-10 - 12 000 год нальоту, або 3,5 роки, для L-1011 - 16 000 і для Б-747 - 24 000 год нальоту. При даній формі обслуговування і ремонту на додаток до попередніх проводиться більш

глибокий контроль внутрішніх областей конструкції із застосуванням спеціальних засобів неруйнівного контролю.

Досягнуті на сьогодні значення періодичності виконання форм обслуговування і ремонту літакового парку авіакомпанії з'явилися результатом наполегливої і послідовно проведеної роботи з узагальнення та використання власного досвіду експлуатації та досвіду конкурентів. Для цілої низки виробів авіакомпанія використовує точні кількісні параметри для планування вибіркового огляду конструкції планера, що враховують напружений стан планера, швидкість розвитку ушкоджень, схильність до корозії та ймовірність виявлення ушкодження.

Велику роботу з удосконалення режимів технічного обслуговування і ремонту літаків парку проводить авіакомпанія "Люфтганза" [55]. Значну частину доходів вона спрямовує на придбання нових економічніших літаків і на розширення виробничо-технічної бази для їх обслуговування та ремонту. Провідна роль у вирішенні цих завдань відводиться інженерному відділу компанії [57].

Режими технічного обслуговування і ремонту парку літаків авіакомпанії (Б-747, ДС-10, А-300, Б-707, Б-727, Б-737) характеризуються такими даними [58]:

передпольотне обслуговування виконують перед кожним польотом;  
перше оперативне обслуговування - через кожні 2... 3 дні;

друге оперативне обслуговування - через 150...300 год нальоту (через 3...4 тижні);

третє оперативне обслуговування - через 400...800 год нальоту (через 2...3 міс);

основне базове обслуговування - через 1600...3500 год нальоту (приблизно через 10 міс);

проміжне обслуговування - через 5000... 10 000 год нальоту (через 2...3 роки); неповний ремонт - через 10 000 ... 20 000 год нальоту (через 4...6 років).

Перший основний ремонт конструкції планера Люфтганза практикує, як правило, після 10 років експлуатації літака. Літаки Б-747 не зупиняються для основного ремонту планера, не налітавши 30 000 год.

### **3.6. Удосконалення виробничої бази підприємств**

Впровадження технічного обслуговування і ремонту за станом вимагає істотного вдосконалення виробничо-технічної бази та організаційно-штатних структур підприємств цивільної авіації. Насамперед це стосується АТБ і ремонтних заводів.

Під час технічного обслуговування і ремонту використовуються великі потоки інформації. Уже нині диспетчерські пункти виробничо-диспетчерських відділів підприємств не справляються з переробкою дедалі більших інформаційних потоків. Із впровадженням же обслуговування і ремонту за станом потоки інформації ще більше зростають. Підвищуються вимоги до оперативності її опрацювання та аналізу для забезпечення своєчасності ухвалення рішень, що диктує необхідність істотного розширення інформаційно-диспетчерської служби підприємств, удосконалення її виробничо-технічної бази та організаційної структури. У цьому зв'язку становлять інтерес роботи фірми "Аеротех Паблі-кейшс" (США). Вона запропонувала нову систему нормативно-технічної документації, що регламентує технічне обслуговування і ремонт літаків різних типів.

Система, що отримала назву ADLOG, являє собою комплект облікових форм, що дають змогу легко і швидко встановити потрібний обсяг робіт з технічного обслуговування і ремонту, який необхідно виконати до даного моменту часу на літаку. Це стосується також і виконання обов'язкових директив FAA з льотної придатності. Система дає змогу значно скоротити обсяг канцелярської облікової роботи під час проведення технічного обслуговування і ремонту.

Потоки інформації про технічний стан систем і виробів авіаційної техніки, про її надійність і справність, трудомісткість і вартість технічного

обслуговування вимагають відповідного впорядкування за рівнями організаційної структури підприємства (бригада, зміна, цех, підприємство). При цьому для кожного з цих рівнів потрібно визначити, з використанням якої інформації та які конкретні питання аналізу й оцінки технічного стану тих чи інших систем і виробів ЛА вирішуються для встановлення їхньої придатності до подальшої експлуатації [51]. Передбачається, що для зберігання, опрацювання та аналізу цієї великої інформації в авіакомпаніях дедалі у більших масштабах використовуватимуть ЕОМ, а також інші технічні засоби реєстрації, опрацювання та пошуку інформації. Це дасть змогу створити на підприємствах технічні передумови впровадження автоматизованих інформаційно-довідкових систем.

Інформаційні системи в АТБ можуть бути також реалізовані за допомогою спеціального комплексу, що працює в режимі реального часу технічних засобів, побудованого на базі ПЕОМ. Як джерела первинної інформації в таких системах передбачаються термінали, встановлені в цехах АТБ, спеціальна служба діагностики технічного стану авіаційної техніки, а також бортові засоби контролю.

Деякі авіакомпанії вже протягом тривалого часу з успіхом застосовують сучасні ПЕОМ в управлінні діяльністю інженерно-авіаційної служби. Застосування ПЕОМ полегшує ведення обліку: виконаних робіт, витрати ресурсу агрегатів, трудових і матеріальних витрат на технічне обслуговування і ремонт, резерву запасних частин і агрегатів, виконаних доробок. У цих умовах є можливість отримати повну інформацію з певного аспекту діяльності протягом 5 хвилин, на що раніше було потрібно кілька годин. За рахунок поліпшення оперативності управління помітно підвищуються рівень технічної готовності літаків і вертольотів (на 35...40 %) і показники ефективності їх використання.

Створення інформаційно-довідкових систем безперечно є однією з важливих умов широкого застосування технічного обслуговування і ремонту за станом. Однак не слід вважати, що інформаційно-довідкові системи вирішать

всю проблему вдосконалення процесу технічної експлуатації ЛА. Потрібно вже зараз, не чекаючи впровадження засобів автоматизованого обліку, опрацювання та передавання інформації, проводити дослідження зі створення науково-методичного забезпечення питань аналізу, оцінювання та прогнозування технічного стану виробів і функціональних систем авіаційної техніки, формалізації алгоритмів ухвалення рішень щодо періодичності, обсягів та технології виконання робіт з технічного обслуговування та ремонту на основі результатів контролю технічного стану та рівня надійності, а також з удосконалення організаційних заходів щодо технічної експлуатації ЛА, а також вдосконалення організаційних процедур.

Впровадження обслуговування і ремонту авіаційної техніки за станом вимагає широкого застосування різних засобів і методів технічної діагностики та неруйнівного контролю. Склад таких засобів розроблено і рекомендовано для оснащення лабораторій надійності та діагностики, які створюються в усіх великих АТБ. Основним призначенням цих лабораторій є впровадження передових методів і засобів контролю, діагностування та прогнозування технічного стану авіаційної техніки для забезпечення безпеки та регулярності польотів і підвищення ефективності технічного обслуговування та використання літаків. До основних завдань лабораторій належать: збір, узагальнення інформації та аналіз технічного стану й надійності приписного парку літаків; оперативний контроль, діагностування та прогнозування технічного стану парку літаків; розроблення оперативних рекомендацій з експлуатації конкретних виробів на підставі аналізу інформації про їхній технічний стан; накопичення й узагальнення даних про технічний стан авіаційної техніки, досвід застосування в експлуатації методів контролю, діагностування та прогнозування технічного стану авіаційної техніки, досвід застосування в експлуатації методів контролю, діагностики та прогнозування технічного стану літаків.

Рекомендації щодо подальшої експлуатації окремих виробів або літака загалом, які надає лабораторія надійності та діагностики, мають містити

відповіді і на такі запитання: чи допускати виріб до чергового польоту, чи зняти його; чи піддавати виріб поглибленому контролю перед польотом; якщо виріб допущено до польоту, то чи ставити його на особливий контроль. За необхідності рішення ухвалюється групою експертів, до якої входять представники промисловості.

У своїй роботі лабораторія надійності та діагностики взаємодіє з іншими ланками АТБ, такими, як: технічний відділ, відділ технічного контролю, технічна лабораторія, цех лабораторної перевірки та ремонту авіаційного та радіоелектронного устаткування, метрологічна лабораторія, група розшифровки польотних записів, куштовий інформаційно-обчислювальний центр, виробничо-диспетчерський відділ. У міру накопичення досвіду роботи функції лабораторій надійності та діагностики істотно розширюватимуться. На певному етапі значна частина перерахованих ланок АТБ увійде до складу лабораторій надійності та діагностики, а самі лабораторії перетворяться на великі діагностичні центри АТБ.

Діагностичні центри мають узяти на себе виконання всіх функцій, пов'язаних з оцінкою та управлінням надійністю і технічним станом експлуатованої авіаційної техніки. Виробничі цехи і дільниці в цих умовах повинні виконувати головним чином функції виконавчого органу: виконувати на літаках ті стандартні операції, які передбачені регламентами, а також роботи за заявками діагностичних центрів.

Це завдання не може вирішуватися самотійно. Воно тісно пов'язане із завданням подальшого перспективного розвитку структури АТБ загалом у зв'язку з переходом на обслуговування і ремонт за станом. Мають бути виділені й позначені проміжні етапи розвитку структури і чітко визначено вигляд перспективної структури АТБ. На наш погляд, перспективна АТБ має являти собою підприємство, що складається укрупнено з двох взаємопов'язаних блоків: центру управління надійністю і технічним станом авіаційної техніки, очолюваного головним інженером, і виробничого блоку, очолюваного начальником виробництва. Причому центр надійності та діагностики має

посісти міцне місце в основному технологічному процесі технічного обслуговування авіаційної техніки.

На цьому етапі мають відбутися істотні зміни структури і штатного розпису всіх виробничих цехів і дільниць АТБ у зв'язку зі зміною їхніх основних функцій і необхідністю перерозподілу штатної чисельності між діагностичним центром і виробничими цехами та дільницями. У цих умовах особливої актуальності набуває завдання забезпечення матеріального стимулювання та зацікавленості експлуатаційних і ремонтних підприємств у впровадженні обслуговування і ремонту за станом. Без вирішення цього завдання важко розраховувати на успіх навіть за умови своєчасного вирішення всіх інших завдань. Крім таких складових, як удосконалення системи преміювання, розвиток фонду підприємства, це завдання охоплює і таке питання, яким шляхом (хоча б частково) зберегти штатні одиниці, що вивільняються від зниження трудомісткості обслуговування у виробничих цехах, і використовувати їх (ці штатні одиниці) для розвитку необхідних підрозділів майбутніх центрів надійності та технічної діагностики АТБ. Інакше кажучи, як за рахунок внутрішніх резервів АТБ вирішити завдання перерозподілу штатів відповідно до вимог перспективного розвитку структури АТБ?

Важливим є завдання підготовки та перепідготовки кадрів АТБ, здатних розв'язувати завдання обслуговування та ремонту техніки за станом.

Аналогічні завдання вдосконалення виробничо-технічної бази, інформаційного та організаційного забезпечення вирішуватимуться і на ремонтних підприємствах під час впровадження ремонту авіаційної техніки за станом. Для організації ремонту конструкції планера літака за станом знадобиться створення великих, добре оснащених служб із застосування методів і засобів неруйнівного контролю.

Стосовно нової авіаційної техніки потребують розв'язання і такі завдання, як забезпечення експлуатаційної технологічності конструкцій і розроблення комплексних програм технічного обслуговування і ремонту. Завдання

розроблення комплексних програм обслуговування і ремонту відносно нове. Воно продиктоване вимогами практики. В організаційному плані суть її зводиться до встановлення такого порядку, за якого одночасно з кожним новим типом літака промисловість видаватиме і програму його технічного обслуговування та ремонту на тривалий період експлуатації. Розгорнутий виклад основних принципів і рішень щодо режимів, організації та забезпечення обслуговування і ремонту літака загалом і його функціональних систем, який міститься в програмі, дає змогу істотно скоротити терміни освоєння нової авіаційної техніки і здійснити переведення її на обслуговування і ремонт за станом.

### **Висновки до розділу**

1. Розроблено рекомендації щодо створення єдиної системи інформаційного забезпечення процесу управління спеціалізованою повітряною експлуатацією, яка має відповідати прийнятій сукупності показників його ефективності.

2. Запропоновано рекомендації підприємствам-виробникам щодо участі в організації спеціалізованої експлуатації. Організація роботи підприємств-виробників щодо вирішення завдань спеціалізованої експлуатації створюваної авіаційної техніки має враховувати низку загальних принципів, що склалися в результаті довголітньої практики спільної роботи.

3. Запропоновано рекомендації щодо напрямків проведення дослідницьких та експериментальних робіт, зокрема за такими основними напрямками: створення теоретичних і методичних основ технічного обслуговування і ремонту за станом; дослідження конкретних систем і виробів авіаційної техніки та забезпечення їхньої відповідності пред'явленим вимогам; розроблення ефективних програм технічного обслуговування та ремонту новостворюваних систем і виробів авіаційної техніки.

4. Розроблені пропозиції щодо організації робіт із забезпечення експлуатаційної технологічності. Встановлено, що чітка організація роботи під



час розв'язання завдань підвищення експлуатаційної технологічності необхідна насамперед під час проведення досліджень з метою розроблення технічних вимог, а також під час втілення розроблених технічних вимог у конструкціях літаків.

5. Запропоновано шляхи удосконалення механізмів спеціалізованої експлуатації, які передбачають розробку більш економічних технологічних процесів експлуатації з урахуванням їх індивідуальних особливостей. Крім того, необхідно регулярно проводити коригування оптимальної періодичності та обсягів робіт зобслуговування і ремонту.

6. Визначено, що впровадження технічного обслуговування і ремонту за станом вимагає істотного вдосконалення виробничо-технічної бази та організаційно-штатних структур підприємств цивільної авіації. Запропоновано пропозиції щодо удосконалення виробничої бази авіаційних компаній, АТБ і ремонтних заводів.

## ВИСНОВКИ ЗАГАЛЬНІ

Базуючись на методології системного підходу визначено, що особливе місце в авіаційній транспортній системі посідає система технічної експлуатації. запропоновані взаємопов'язані найбільш істотні етапи дослідження АТС, які забезпечують його цілісність: окреслення меж досліджуваної АТС; описання складу та структури АТС, функцій та цілей підсистем АТС; виявлення причин, що об'єднують окремі підсистеми у АТС; зазначення надсистем та всіх можливих зв'язків АТС з зовнішнім середовищем; визначення основних характеристик та напрямків розвитку основних надсистем, яким належить АТС; розгляд досліджуваної АТС в динаміці і розвитку

5. На основі проведеного аналізу особливостей та правових засад спеціалізованої експлуатації авіатранспортних систем (комплексів) показано, що у країнах ЄС спеціалізована експлуатація відома як сукупність спеціалізованих операцій (SPO). Національне законодавство України визначає спеціалізовані операції (SPO) як будь-які операції, крім комерційних повітряних перевезень, коли повітряне судно використовується для спеціалізованих видів діяльності: сільське господарство, будівництво, фотозйомка, топографічна зйомка, спостереження і патрулювання, повітряна реклама

6. За результатами аналізу методів дослідження закономірностей функціонування авіатранспортних систем у ході спеціалізованої експлуатації встановлено, що найбільш перспективними є дослідження процесу спеціалізованої експлуатації за допомогою апарату напівмарковських випадкових процесів. Визначено, що основні показники даної теорії можуть адекватно відображати як сам процес, так і прийнятні критерії його ефективності.

7. Формалізація процесів спеціалізованої експлуатації та зміни технічного стану об'єкта дала змогу коректно поставити завдання дослідження, яке полягає у визначенні основних показників ефективності процесу експлуатації і розробку оптимальних процедур управління ним за цими показниками.

8. Розроблена структура показників ефективності процесу спеціалізованої експлуатації АТС(К). На відміну від існуючих система показників ефективності має ієрархічну структуру процесу експлуатації, враховує вимоги, що до них висуваються. Визначено, що ефективність процесу спеціалізованої експлуатації значною мірою залежить від ефективності системи технічного обслуговування, яка характеризується виконанням основних вимог щодо забезпечення безпеки та регулярності польотів, використання ЛА та економічності їхньої експлуатації,

9. Розроблено методику статистичного аналізу процесу спеціалізованої експлуатації. Аналіз проводиться на основі теорії напівмарковських випадкових процесів за допомогою графу станів і переходів процесу спеціалізованої експлуатації літака з урахуванням стаціонарності та ергодичності вкладеного процесу. Усі стани процесу спеціалізованої експлуатації графа, є сполученими, а стани, що поглинають, відсутні.

10. Розроблено методику аналізу ефективності процесу спеціалізованої експлуатації ЛА, яка на відміну від існуючих враховує структуру процесу спеціалізованої експлуатації літаків. Розрахунок показників ефективності процесу спеціалізованої експлуатації проводиться на кожному організаційному рівні структури АТБ. На відміну від існуючих методик, для аналізу ефективності процесу спеціалізованої експлуатації ЛА на різних рівнях у методиці рекомендується приймати рекомендовані інтервали  $i$ , які приймають залежно від потреби в результатах аналізу і можливості отримання конкретної інформації. З точки зору підвищення оперативності використання результатів аналізу ефективності процесу доцільно приймати менший із зазначених інтервалів.

11. Розроблено методику аналізу впливу організаційних і технічних чинників на ефективність процесу спеціалізованої експлуатації ЛА, за допомогою якої можна визначити, у яких станах процесу спеціалізованої експлуатації відбулася зміна трудомісткості та вартості порівняно з базовими показниками, і обчислити  $\bar{\mu}_{i_d}$ ,  $\bar{t}_{i_d}$ ,  $\bar{C}_{i_d}$ .

12. Побудовано номограми залежностей відносних показників ефективності від відносних витрат у домінантних станах, за якими можна

визначити зміни відносних показників, що відбулися внаслідок зміни витрат у домінантних станах та є можливість проведення перевірки правильності визначення домінуючих станів спеціалізованої експлуатації.

13. Запропоновано методика визначення механізмів управління процесом спеціалізованої експлуатації літаків на основі проведення статистичного експерименту. Статистичне моделювання дає змогу визначити показники ефективності процесу спеціалізованої експлуатації літака в умовах застосування технічного обслуговування і ремонту за станом його комплектувальних виробів у різних обсягах і поєднаннях із традиційним методом технічного обслуговування і ремонту за напрацюванням.

14. Розроблено рекомендації щодо створення єдиної системи інформаційного забезпечення процесу управління спеціалізованою повітряною експлуатацією, яка має відповідати прийнятій сукупності показників його ефективності.

15. Запропоновано рекомендації підприємствам-виробникам щодо участі в організації спеціалізованої експлуатації. Організація роботи підприємств-виробників щодо вирішення завдань спеціалізованої експлуатації створюваної авіаційної техніки має враховувати низку загальних принципів, що склалися в результаті довголітньої практики спільної роботи.

16. Запропоновано рекомендації щодо напрямків проведення дослідницьких та експериментальних робіт, зокрема за такими основними напрямками: створення теоретичних і методичних основ технічного обслуговування і ремонту за станом; дослідження конкретних систем і виробів авіаційної техніки та забезпечення їхньої відповідності пред'явленим вимогам; розроблення ефективних програм технічного обслуговування та ремонту новостворюваних систем і виробів авіаційної техніки.

17. Розроблені пропозиції щодо організації робіт із забезпечення експлуатаційної технологічності. Встановлено, що чітка організація роботи під час розв'язання завдань підвищення експлуатаційної технологічності необхідна насамперед під час проведення досліджень з метою розроблення технічних вимог, а також під час втілення розроблених технічних вимог у конструкціях літаків.

18. Запропоновано шляхи удосконалення механізмів спеціалізованої експлуатації, які передбачають розробку більш економічних технологічних процесів

експлуатації з урахуванням їх індивідуальних особливостей. Крім того, необхідно регулярно проводити коригування оптимальної періодичності та обсягів робіт зобслуговування і ремонту.

19. Визначено, що впровадження технічного обслуговування і ремонту за станом вимагає істотного вдосконалення виробничо-технічної бази та організаційно-штатних структур підприємств цивільної авіації. Запропоновано пропозиції щодо удосконалення виробничої бази авіаційних компаній, АТБ і ремонтних заводів.

## Список літератури

1. Carrese S., Cipriani E., Colombaroni C, Crisaili U., Fusco G., A. Gemma et al. (2021). Analysis and monitoring of post-COVID mobility demand in Rome resulting from the adoption of sustainable mobility measures. *Transport Policy*, 111, 197-215. DOI: <https://doi.org/10.1016/i.tranpol.2021.07.017>;
2. Choi H., Park S. Y., & Moon H. B. (2022). The shared mobility services ban in South Korea: Consumer preferences and social opportunity cost. *Travel Behaviour and Society*, 28, 214-226. DOI: <https://doi.org/10.1016/i.tbs.2022.04.006>;
3. Stough R. R. & Rietveld P. (1997). Institutional issues in transport systems. *Journal of Transport geography*, 5(3): 207-214. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0966-6923\(97\)00016-1](https://doi.org/10.1016/S0966-6923(97)00016-1);
4. Tavasszy L.A., Ruijgrok C.J., & Thissen M.J. (2003). Emerging Global Logistics Networks: Implications for Transport Systems and Policies. *Growth and Change*, 34 (4): 456-472, DOI: <http://dx.doi.org/10.1046/i.0017-4815.2003.00230.x>;
5. U.Ianenko Marina, Ianenko Mikhail, & Shevchuk E. (2022). Digital transformation of marketing activities in transport systems management during COVID-19: experience, problems, prospects. *Transportation Research Procedia*, 63, 878-886. DOI: <https://doi.org/10.1016/i.trpro.2022.06.085>;
6. Wichmann et al. (2022). A global perspective on the marketing mix across time and space. *International Journal of Research in Marketing*, 39, 502-521. DOI: <https://doi.org/10.1016/uiresmar.2021.09.001>;
7. Повітряний кодекс України: Закон України від 19 травня 2011 року № 3393-вІ. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3393-17>. 10.
8. Furuya A., & Madanat S. (2013). Accounting for Network Effects in Railway Asset Management. *Journal of Transportation Engineering*, 139(1), 92-100. DOI: [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)TE.1943-5436.0000477](https://doi.org/10.1061/(ASCE)TE.1943-5436.0000477);
9. Carrese S., Cipriani E., Colombaroni C, Crisaili U., Fusco G., A. Gemma et al. (2021). Analysis and monitoring of post-COVID mobility demand in Rome

resulting from the adoption of sustainable mobility measures. *Transport Policy*, 111, 197-215. DOI:<https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2021.07.017>;

10. Проект Плану відновлення України. Національна рада з відновлення України від наслідків війни. Матеріали робочої групи «Відновлення та розбудова інфраструктури». Київ. 2022 р. 178 с.

11. Правила використання повітряного простору України: Наказ Державної авіаційної служби України від 11 травня 2018 року № 430/210. Вилучено з <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1056>.

12. Загальні правила польотів у повітряному просторі України: Наказ Державної авіаційної служби України від 06.02.2017 № 66/73.

13. Технічні вимоги та адміністративні процедури для льотних екіпажів цивільної авіації: Наказ Державної авіаційної служби України від 20.07.2017 № 565.

14. Про внесення зміни до наказу Державіаслужби від 13.02.2020 № 256. Київ. Наказ Державіаслужби України № 1559 від 04.10.2021р.

15. Прийнятні методи відповідності (АМС) та інструктивний матеріал (GM), що роз'яснюють положення Авіаційних правил України «Технічні вимоги та адміністративні процедури для льотних екіпажів цивільної авіації»: Наказ Державіаслужби від 12 березня 2018 року № 220.

16. Барзиловнч Е. Ю., Воскобоев В. Ф. Эксплуатация авиационных систем по состоянию. М.: Транспорт, 1981. 197 с. [ 15, 26, 29. 38]

17. Диагностирование и прогнозирование технического состояния авиационного оборудования/В.Г. Воробьев, В. В. Глухов, Ю. В. Козлов и др.. Под ред. И. М.Синдеева. М.: Транспорт, 1984. 191 с.

18. Лозицкий Л. П., Янко А.К, Лапшов В. Ф. Оценка технического состояния авиационных ГТД. М.: Транспорт, 1982. 160 с.

19. Научные основы построения и реализации программ технического обслуживания и ремонта летательных аппаратов: Межвуз. сб. научн. тр. М.: МИИГА, 1981. 100 с.

20. Смирнов Н. Н., Ицкович А. А. Обслуживание и ремонт авиационной техники по состоянию. М.: Транспорт, 1980. 229 с.

21. ECAC activities. European civil aviation conference. URL: <https://www.ecacceac.org/>.

22. Регламент (ЕС) № 379/2014, прийнятий Європейською Комісією 7 квітня 2014 року, Офіційний вісник Європейського Союзу 24.04.2014.

23. Clausen T. Airport Ground Staff Scheduling: PhD thesis 2.2011. – Kgs. Lyngby, 2010. – P. 249.

24. Сокольников А. Н. Разработка метода оптимального проектирования размещения сооружений для средств механизации в аэропортах: дисс... канд. техн. наук : 05.23.11 / Сокольников Александр Николаевич. – М., 2009. – 160 с.

25. Trabelsi S. F. An operational approach for ground handling management at airports with imperfect information [Электронный ресурс]/ S. F. Trabelsi, C. A.

26. N. Cosenza, L. G. Z. Cruz, F.Mora-Camino // ICIEOM 2013, 19th International Conference on Industrial Engineering and Operations Management, Valladolid: Spain (2013). – Режим доступа: [http://hal-enac.archives-ouvertes.fr/docs/00/92/50/45/PDF/Fitouri-Trabelsi\\_ICIEOM2013.pdf](http://hal-enac.archives-ouvertes.fr/docs/00/92/50/45/PDF/Fitouri-Trabelsi_ICIEOM2013.pdf).

27. Козлюк И. А. Моделирование процессов функционирования авиационного транспорта с целью прогнозирования показателей его деятельности [Текст]: дисс. ... доктора техн. наук: 05.13.06/ Козлюк Ирина Алексеевна. – К., 2007. – 333 л.

28. Черникова О. Н. Выбор стратегии развития аэропортов гражданской авиации Украины: дисс. ... канд. эконом. наук: 08.07.04/ Черникова Оксана Николаевна [Текст]. – К., 2000. – 265с.

29. Cheung D. P. A Complex Network Analysis of the United States Air Transportation/ D. P. Cheung, M. H. Gunes// Advances in Social Networks Analysis and Mining (ASONAM), 2012 IEEE/ACM International Conference on 26-29 Aug., 2012. – P. 699–701



30. From Air Transport System 2050 Vision to Planning for Research and Innovation. [Електронний ресурс]. – EU: EREA, 2012. – 44 p. Режим доступу: <http://www.ilaberlin.de/ila2014/konferenzen2012/upload2012/EREA%20From%20Vision%202050%20to%20Research%20planning.pdf>.

31. e-Freight international monthly report, June 2013. [Електронний ресурс]. – IATA – 2013. – Режим доступу: <http://www.iata.org/whatwedo/cargo/e/efreight/Documents/r17-ef-monthly-volumes-international.pdf>.

32. Trade Logistics in the Global Economy – The International Bank for Reconstruction and Development/The World Bank, 2014. – 72 с.

33. IATA. Airline Industry Forecast. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.iata.org/publications/Pages/airline-industry-forecast.aspx>.

34. ИКАО. Прогноз развития воздушного транспорта до 2025 года. Cir 313 AT/134. – ИКАО, 2007. – 64 с.

35. Юн Г. Н. Разработка и исследование методов математического моделирования перспектив развития самолетно-вертолетного парка гражданской авиации [Текст]: дисс. ... доктора техн. наук: 08.00.13/ Юн Геннадий Николаевич. – К., 1982. – 317 с.

36. Air transport, registered carrier departures worldwide. Офіційний сайт всесвітнього банку. Розділ статистичні дані. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://search.worldbank.-org/data?qterm=aviation%20traffic&language=EN>.

37. Підсумки діяльності авіаційної галузі України за 2011 рік. Офіційний сайт Державної авіаційної служби України. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.avia.gov.ua/documents/diyalnist/pidsumki%20dijalnosti/>.

38. Колесников В. Л. Структурно-параметрический анализ альтернативных схем компоновок фюзеляжей самолетов большой пассажировместимости: дисс. ... кандидата техн. наук: 05.07.02/ Колесников Владимир Леонидович. – Москва, 2003. – 163 с.

39. Рябков В.И., Тиняков Д.В. Метод формирования геометрических параметров несущих поверхностей самолетов транспортной категории на основе частных критериев и интегральных показателей их эффективности // Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии: сб. науч. тр. Нац. аэрокосм. ун-та им. Н.Е. Жуковского «ХАИ». – Вып. 52. – Х., 2011. – С. 41-48.

40. Ховрунова О. А. Методика формирования облика пассажирских самолетов с учетом ограничений по воздействию на окружающую среду [Текст]: дисс. ... кандидата техн. наук: 05.07.02/ Ховрунова Ольга Александровна. – М., 2004. – 159 с.

41. Glas M. Application of Agile methods in conceptual aircraft design / M. Glas, A. Seitz // Deutscher Luft – und Raumfahrtkongress, 2012. – P. 1–11. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.dglr.de/publikationen/2012/281384.pdf>.

42. Смирнов Н.Н., Ицкович А.А. Обслуживание и ремонт авиационной техники по состоянию. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.– Транспорт, 1987. – 272 с.

43. Технічне обслуговування літаків – Режим доступа: <http://www.volare.kiev.ua>

44. Барлоу Р., Прошан Ф. Статистическая теория надежности и испытания на безотказность/Пер. с англ. И. А. Ушакова. М.: Наука, 1985. 328 с.

45. Беллман Р. Введение в теорию матриц. — М.: Наука, 1969. 367 с.

46. Филипе Д., Гарей а-Д нас А. Методы анализа сетей. М.: Мир, 1984, 496 с.

47. Airline/Manufacturer maintenance program planning document. MSG—3, ATA, 1980. 38 p.

48. Bishop F. E. IMACSS cost savings estimator a trade — off analysis for abuilt — in monitoring system. «US Dep. Commer. Nat. Bur. Stand. Spec. Publ». 1981, № 622. p. 195—219.

49. A-310— Design for maintenance. — «Tech Air», 1981, 38, N7, p. 8—13.

50. Bishop F. E. IMACSS cost savings estimator a trade — off analysis for abuilt — in monitoring system. «US Dep. Commer. Nat. Bur. Stand. Spec. Publ». 1981, № 622. p. 195—219.

51. Collin G. La maintenance des moteurs: des budgets tres lourds. «Air et Cosmos», 1981, 18, №846, p. 31—33.

52. Cutler R. Design for Maintenance. AIRMEC Conference, Zurich, 11 —13 February, 1981, 15p.

53. Fielding J. P. How Do Aircraft Break Down? Some Studies of Reliability Data Feedback. «Aircraft Eng.», 1980, 52, N 11, p. 15—19.

54. Heathcote A. J. Some Recent Advances in non-destructive testing applied to Aircraft in Service. «Spring Conv., Longlife Aircraft Struct., 14—15 May, 1980» London, s.a.

55. Lufthanson Engineering. Advanced Technology beats Spiralling Costs. Interavia». 1981, №2, p. 138—142.

56. Marks P. A. Design for Economy. «Aircraft Eng.», 1981, 53, N 3, p. 11 —15.

Masayuki Ibusiki. Aircraft Maintenance by means of Operation Monitoring System. Hussn koky yth zakkacten., J. Jap. Soc. Aeronaut, and SpaceS ci.», 1981, № 333, p. 533—537.