

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Кафедра організації авіаційних перевезень

ДОПУСТИТИ ДО ЗАХИСТУ

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ Д.О. Шевчук

«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2020 р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**  
(ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА)

ВИПУСКНИКА ОСВІТНЬОГО - СТУПЕНЯ  
«МАГІСТР»

**Тема: Метод управління якістю робіт авіаційних фіхівців в процесі технічного обслуговування повітряних кораблів**

Виконавець: \_\_\_\_\_

Собко В.О.

Керівник: \_\_\_\_\_

Шевчук Д.О.

**Консультанти з окремих розділів пояснювальної записки:**

Аналітична частина \_\_\_\_\_

Шевчук Д.О.

Проектна частина \_\_\_\_\_

Шевчук Д.О.

Нормоконтролер: \_\_\_\_\_

Дерев'яно Т.А.

**Київ 2020**

# НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет транспорту, менеджменту і логістики

Кафедра організації авіаційних перевезень

Спеціальність 275 «Транспортні технології», спеціалізація: на повітряному транспорті ОПП «Організація перевезень і управління на транспорті (повітряному)»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_Шевчук Д.О.

«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2020 р.

## ЗАВДАННЯ

### на виконання кваліфікаційної роботи

Собко Вікторія Олександрівна

\_\_\_\_\_  
(прізвище, ім'я, по батькові випускника в родовому відмінку)

1. Тема дипломної роботи «Метод управління якістю робіт авіаційних фахівців в процесі технічного обслуговування повітряних кораблів» затверджена наказом ректора від «16» 10. 2020 р. № 2027/ст.

2. Термін виконання: з 05.10.2020 р. по 11.12.2020 р. \_\_\_\_\_

3. Вихідні дані до кваліфікаційної роботи: керівництво MSG-3 по технічному обслуговуванню ПК. Норми льотної придатності IAA і FAR -25. Циркуляр ИКАО 238-AN /143. Циркуляр ИКАО 253-AN / 151. Зміст та послідовність операцій по технічному обслуговуванню Д-36 на формі Ф2. Керівництво по збереженню льотної придатності Doc. 9642-AN/941-1995.

4. Зміст пояснювальної записки: процес зміни технічного стану функціональних систем повітряного судна. Механізм формування програми ТО ПК експлуатанта. Граф станів ПК в процесі експлуатації. Процес обліку контрольних операцій за параметрами якості ТО. Алгоритм розрахунку

показників якості роботи фахівця. Процес діяльності фахівця з ТО Д-36 при виконанні трудомістких регламентних робіт за формою.

5. Перелік обов'язкового графічного (ілюстративного) матеріалу: Блок-схема програмного комплексу формування індивідуальних завдань технічного персоналу. Блок-схема формування індивідуальних завдань фахівців на ТО ПК. Схема інформаційних потоків в системі формування індивідуальних завдань технічного персоналу. Алгоритм формування індивідуальних завдань авіаційному персоналу з урахуванням їх індивідуальних характеристик.

#### 6. Календарний план-графік

№ пор.	Завдання	Термін Виконання	Відмітка про виконання
1.	Збір та обробка статистичної інформації	06.10.2020-19.10.2020	Виконано
2.	Написання теоретичної частини	20.10.2020-29.10.2020	Виконано
3.	Написання аналітичної частини	30.10.2020-04.11.2020	Виконано
4.	Написання проектної частини	05.11.2020-11.11.2020	Виконано
5.	Написання вступу та висновків	12.11.2020-23.11.2020	Виконано
6.	Оформлення пояснювальної записки	24.11.2020-01.12.2020	Виконано
7.	Оформлення графічного матеріалу та презентації	02.12.2020-04.12.2020	Виконано

## 7. Консультанти з окремих розділів

Розділ	Консультант (посада, П.І.Б.)	Дата, підпис	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Теоретична частина	Шевчук Д.О. д.т.н., с.н.с, завідувач кафедри ОАП	05.10.2020	05.10.2020
Аналітична частина	Шевчук Д.О. д.т.н., с.н.с, завідувач кафедри ОАП	13.11.2020	13.11.2020
Проектна частина	Шевчук Д.О. д.т.н., с.н.с, завідувач кафедри ОАП	24.11.2020	24.11.2020

8. Дата видачі завдання: «6» жовтня 2020 р.

Керівник дипломного проекту \_\_\_\_\_  
(підпис керівника)

Шевчук Д.О.  
(П.І.Б.)

Завдання прийняв до виконання \_\_\_\_\_  
(підпис випускника)

Собко В.О.  
(П.І.Б.)

## РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до дипломної роботи «МЕТОД УПРАВЛІННЯ ЯКІСТЮ РОБІТ АВІАЦІЙНИХ ФАХІВЦІВ В ПРОЦЕСІ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ ПОВІТРЯНИХ КОРАБЛІВ» складається з 106 сторінок, містить 31 рисунок, 63 таблиці, 31 літературних джерел.

АЕРОПОРТ, АВІАЦІЙНА ТЕХНІКА, БЕЗПЕКА ПОЛЬОТІВ, ТЕХНІЧНА ЕКСПЛУАТАЦІЯ, ТЕХНІЧНЕ ОБСЛУГОВУВАННЯ, ІНЖЕНЕРНО-АВІАЦІЙНА СЛУЖБА, ПОВІТРЯНИЙ КОРАБЕЛЬ

*Мета кваліфікаційної роботи* – є забезпечення якості робіт авіаційних фахівців при ТО для підвищення ефективності заходів, спрямованих на збереження льотної придатності ПК в процесі його експлуатації.

*Об'єкт дослідження* – процесі технічного обслуговування повітряних кораблів у Міжнародному аеропорті Кривий Ріг.

*Предмет дослідження* – метод управління якістю робіт авіаційних фахівців в процесі технічного обслуговування повітряних кораблів у Міжнародному аеропорті Кривий Ріг.

У аналітичній частині надано класифікація функцій інженерно-технічного складу, а саме планування роботи інженерно-авіаційної служби, організацію робіт на АТ і оперативне управління їх виконанням, контроль і аналіз виконання планів, оперативних завдань, керівних директив і вказівок, забезпечення АТ необхідними запасними частинами і майном, забезпечення спорядження і завантаження ПК відповідно до виконуваних завданнями, організацію проведення заходів, що забезпечують надійну роботу авіаційної техніки та безпеку польотів. Залежно від функцій, які виконуються авіаційними фахівцями при ТО виробів АТ, визначено такі категорії обслуговуючого персоналу: керівник, організатор, виконавець, контролер, диспетчер. Також, синтезовано математичні моделі роботи авіаційних фахівців у Міжнародному аеропорті Кривий Ріг (диспетчера, контролера, виконавця) та визначені параметри, необхідні для їх побудови.

Моделювання процесів придбання і втрати навичок дозволили отримати закони розподілу часу досягнення мінімально допустимого рівня навченості в процесі придбання та втрати навичок.

Представлено отримані результати досліджень якості роботи авіаційних фахівців (виконавців) при ТО ПК в залежності від таких факторів, як - тривалість зміни, характер роботи, складність операцій, вік виконавців і ін. і побудовані функції розподілу впливу цих факторів на якість ТО АТ.

У проектній частині розроблено метод управління якістю робіт авіаційних фахівців в процесі технічного обслуговування повітряних кораблів у Міжнародному аеропорті Кривий Ріг. Також, запропоновано методику розрахунку показників якості робіт авіаційних фахівців при ТО АТ. Методика заснована на використанні моделей типових функціональних структур і розглянутих принципів забезпечення якості робіт на основі поліпшених показників якості підстановок, а також за рахунок короткочасного збільшення напруженості праці. У роботі, проведено аналіз процесу ТО Д-36 літака Ан 140 з використанням запропонованого методу показує, що ймовірність безпомилкової роботи  $\pi(\beta) = 0,886$ , а ймовірність своєчасного закінчення роботи  $Q(t) = 0,41$ . Також, розроблено алгоритм формування індивідуальних завдань авіаційним фахівцям, характерною особливістю його є введення облікової картки фахівця, що відображає завантаження виконавця з урахуванням впливу зовнішніх факторів і напруженості роботи.

## ЗМІСТ

	ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ.....	9
	ВСТУП.....	10
1	ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА.....	15
1.1.	Управління технічним станом виробів ПК у процесі експлуатації .....	16
1.2.	Аналіз результатів експлуатації ПК .....	24
1.3.	Проблеми забезпечення якості робіт при ТО АТ .....	28
1.4.	Методи і моделі управління якістю ТО АТ .....	34
2	АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА.....	50
2.1.	Класифікація функцій інженерно-технічного складу .....	51
2.2.	Синтез моделей і оцінка якості виконання функцій ІТС .....	55
2.2.1.	Модель процесу діагностування АТ .....	55
2.2.2.	Модель організаційних функцій диспетчера .....	59
2.2.3.	Оцінка якості діяльності виконавця .....	62
2.3.	Аналіз факторів, що впливають на якість ТО АТ.....	68
2.4.	Висновки.....	76
3	ПРОЕКТНА ЧАСТИНА.....	77
3.1.	Розробка методики розрахунку показників якості роботи авіаційних фахівців .....	78
3.2.	Розробка автоматизованої системи формування добового завдання технічного персоналу по ТО ПК .....	86
3.3.	Перспективи розвитку системи ТО сучасної АТ .....	95
3.4.	Висновки .....	99
	ВИСНОВКИ.....	101
	СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	104



## **ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ**

ІАС - інженерно-авіаційна служба

ПК - повітряний корабель

АТ - авіаційна техніка

ТЕ - технічна експлуатація

ТО - технічне обслуговування

ОТО - оперативно- технічному обслуговуванні

УСМ - узагальненого структурного методу

ЕС - ергатичних систем

ДОС - дерево оцінки ситуацій

ТФС - типових функціональних структур

ЕЗ - ергономічне забезпечення

# ВСТУП

Кафедра ОАП				НАУ. 20. 14. 39 001 ПЗ				
Виконав	Собко В.О.			ВСТУП	Літера	Аркуш	Аркушів	
Керівник	Шевчук Д.О.					Д	10	3
Консульт.	Шевчук Д.О.				ФТМЛ 275 ОП-201 М-з			
Н.Контр.	Дерев'янка Т.А.							
Зав. каф.	Шевчук Д.О.							

*Актуальність теми.* Якість технічного обслуговування (ТО) авіаційної техніки (АТ) є одним з найважливіших елементів системи технічної експлуатації (ТЕ) повітряних кораблів (ПК), що підлягають державному регулюванню на основі авіаційних правил, норм і вимог, що регламентують сертифікацію експлуатантів та організацій з ТО.

Розробка авіаційних правил, норм і вимог в галузі управління якістю ТО, а також порядку контролю та інспектування діяльності суб'єктів системи ТО в умовах розширення самостійності підприємств і посилення державного контролю за забезпеченням безпеки польотів (БП), розглядаються як найважливіші умови впровадження нової високоефективної технології технічної експлуатації виробів АТ, яка сприяє створенню системи ТО, відповідає світовому рівню.

Система управління якістю ТО АТ є організаційно-технічну систему, що забезпечує збереження льотної придатності АТ в процесі експлуатації, і охоплює як матеріально-технічні об'єкти (вимоги до виробів АТ, наземного обладнання, технологічної оснастки, інструментам), так і організаційно-методичного керівництва виробничими процесами (методи управління технічним станом (ТС), оцінку ефективності та якості процесів ТО, програми навчання та підготовки кадрів та інші сфери людської діяльності).

Стратегічними напрямками забезпечення якості процесів ТО є:

- розвиток основних принципів і елементів системи управління якістю на основі впровадження вимог міжнародних стандартів ISO серії 9000;
- встановлення правил сертифікації, контролю та інспектування експлуатантів та організацій з ТО АТ;
- створення вимог до взаємодії різних організацій, що беруть участь в реалізації функцій ТО АТ;
- вдосконалення технологічних процесів ТО, що забезпечують працездатність і стабільність якості виробів АТ в процесі експлуатації ПК і ін.

В даний час значного розвитку і практичне застосування в роботі інженерно-авіаційної служби (ІАС) отримали нові методи і засоби діагностування ПК, удосконалюються методи і форми організації ТО, ведуться роботи по вдосконаленню автоматизованих систем управління технологічними процесами технічної експлуатації ПК, однак, якість ТО все в більшій мірі стало визначатися властивостями обслуговуючого персоналу.

Спроби враховувати людський фактор традиційно ставилися до роботи льотного екіпажу і мало розглядалися ті аспекти людського фактора, які пов'язані з ТО ПК і контролем якості виконаних робіт.

В силу специфічних особливостей помилки технічного персоналу при ТО АТ проявляються у формі, відмінній від тієї, в якій це відбувається в кабіні льотного екіпажу або в залі диспетчерів УВР. Обслуговуючий технічний персонал часто працює при значному дефіциті часу, в зв'язку зі збільшенням інтенсивності використання АТ, необхідністю обслуговування парку старіючих ПК. В той час як триває експлуатація старіючих ПК, парк багатьох авіатранспортних компаній світу поповнюється ПК нового покоління, в яких втілені технічні досягнення, такі як силові елементи з композитних матеріалів, «прозорі кабіни», високоавтоматизовані системи, вбудоване діагностичне та повірочне обладнання.

Необхідність одночасно обслуговувати парк нових і старих ПК вимагає від фахівців, виконують ТО, більш великих знань і умінь. завдання одночасного обслуговування такого різноманітного парку ПК вимагає висококваліфікованої робочої сили з належним рівнем загальної підготовки. Зросла складність ПК, багаторазове резервування систем і їх автоматизація зменшують навантаження на льотний екіпаж, але підвищують вимоги до технічним фахівцем, обслуговуючим ПК. Це призводить до перерозподілу помилок від однієї категорії людей до іншої, що створює потенційну можливість авіаційних подій (АП) через поєднання процедурних або технічних відмов з помилками експлуатаційного персоналу, які призводять до зниження рівня БП.

Помилка людини при ТО стала причиною ряду авіаційних подій, що призвело до збільшення числа АП з вини обслуговуючого персоналу на 65% протягом останнього десятиліття. Важливою проблемою в ГА є забезпечення надійності складних функціональних систем АТ в процесі експлуатації, дослідження яких зводиться до розгляду надійності технічних систем з урахуванням діяльності обслуговуючого персоналу і своєчасності виконання ними робіт по ТО. При аналізі надійності АТ як ергатичних системи розглядаються як взаємодія інженерно-технічного персоналу з технічною системою ПК, так і цілеспрямована діяльність керівників робіт, які організують процеси ТО. При формуванні програм ТО сучасної АТ повинні враховуватися ті нові принципи конструювання АТ, які успішно реалізуються в останні роки для підвищення безпеки і регулярності польотів.

Усвідомлення важливості ТО для забезпечення безпеки польотів ПК є логічним наслідком проведення більш широких досліджень цього виду діяльності людини. При розгляді подій, причиною яких була помилка людини, ту обставину, що помилки відбуваються в організаційних умовах, протягом довгого часу не враховувалися, щоб знайти особу, яка несе всю повноту відповідальності за допущені упущення. Тому, щоб розкрити загальносистемні умови, що сприяють появі помилок, необхідно дуже ретельно вивчати системні і організаційні недоліки.

Для вдосконалення процесів експлуатації складних систем АТ необхідна розробка метод управління якістю робіт авіаційних фахівців в процесі технічного обслуговування повітряних, з урахуванням можливостей ІАС.

Сенс здійснення цих рекомендацій полягає в тому, щоб підвищити керованість і якість виробничих процесів, забезпечити чіткість їх функціонування. Причому ефективність заходів повинна виявлятися не тільки в застосуванні прогресивних методів ТО, в скороченні всіляких втрат, зменшення числа помилок, що допускаються ІТС, а й, що особливо важливо,

в підвищенні рівня організаційної та технічної культури авіапідприємств, в постійному вдосконаленні технології та організації виробництва.

Таким чином, виходячи з актуальності теми, сформулюємо мету кваліфікаційної роботи, а також об'єкт і предмет дослідження.

*Мета кваліфікаційної роботи* – є забезпечення якості робіт авіаційних фахівців при ТО для підвищення ефективності заходів, спрямованих на збереження льотної придатності ПК в процесі його експлуатації.

*Об'єкт дослідження* – процесі технічного обслуговування повітряних кораблів у Міжнародному аеропорті Кривий Ріг.

*Предмет дослідження* – метод управління якістю робіт авіаційних фахівців в процесі технічного обслуговування повітряних кораблів у Міжнародному аеропорті Кривий Ріг.

# 1. ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА

Кафедра ОАП				НАУ 20. 14.39 100 ПЗ			
Виконав	Собко В.О.			ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА	Літера	Аркуш	Аркушів
Керівник	Шевчук Д.О.					Д 14	35
Консульт.	Шевчук Д.О.				ФТМЛ 275 ОП-201М-з		
Н.Контр.	Дерев'янка Т.А.						
Зав. каф.	Шевчук Д.О.						

## **1.1. Управління технічним станом виробів ПК у процесі експлуатації**

Робочі процеси, що залежать від режимів експлуатації, навантажень, впливу зовнішнього середовища, впливають на темп зміни технічного стану виробів авіаційної техніки (АТ), що в свою чергу викликає процес відновлення тієї чи іншої інтенсивності.

При експлуатації АТ відбуваються два протилежно-спрямованих процесу зміни технічного стану (ТС) об'єктів:

- випадковий процес погіршення ТС, викликаний старінням, зносом, зміною фізико-хімічних властивостей елементів конструкції під впливом зовнішніх факторів і протікають при функціонуванні виробів і зберіганні АТ процесів;

- цілеспрямований, керований процес відновлення при ТО.

Таким чином, технічний стан ПК змінюється при виконанні робочих функцій і відновлення (рис 1.1) [1].

Взаємозв'язок об'єктивного процесу зміни ТС об'єкта і суб'єктивного процесу ТО встановлюється за допомогою стратегій експлуатації, що представляють собою сукупність принципів і правил призначення робіт по ТО відповідно до технічним станом об'єкта експлуатації. Забезпечують збереження льотної придатності ПК [2].

До основних конструктивно-експлуатаційних властивостей, що відображає пристосованість елементів функціональних систем ПК до стратегій ТО відносяться:

1. Вплив відмов елементів функціональних систем ПК на безпеку і регулярність польотів;
2. Характер зміни показників безвідмовності від напрацювання;
3. Рівень експлуатаційної технологічності ПК, витрати на ТО, розробку і впровадження різних стратегій ТО.



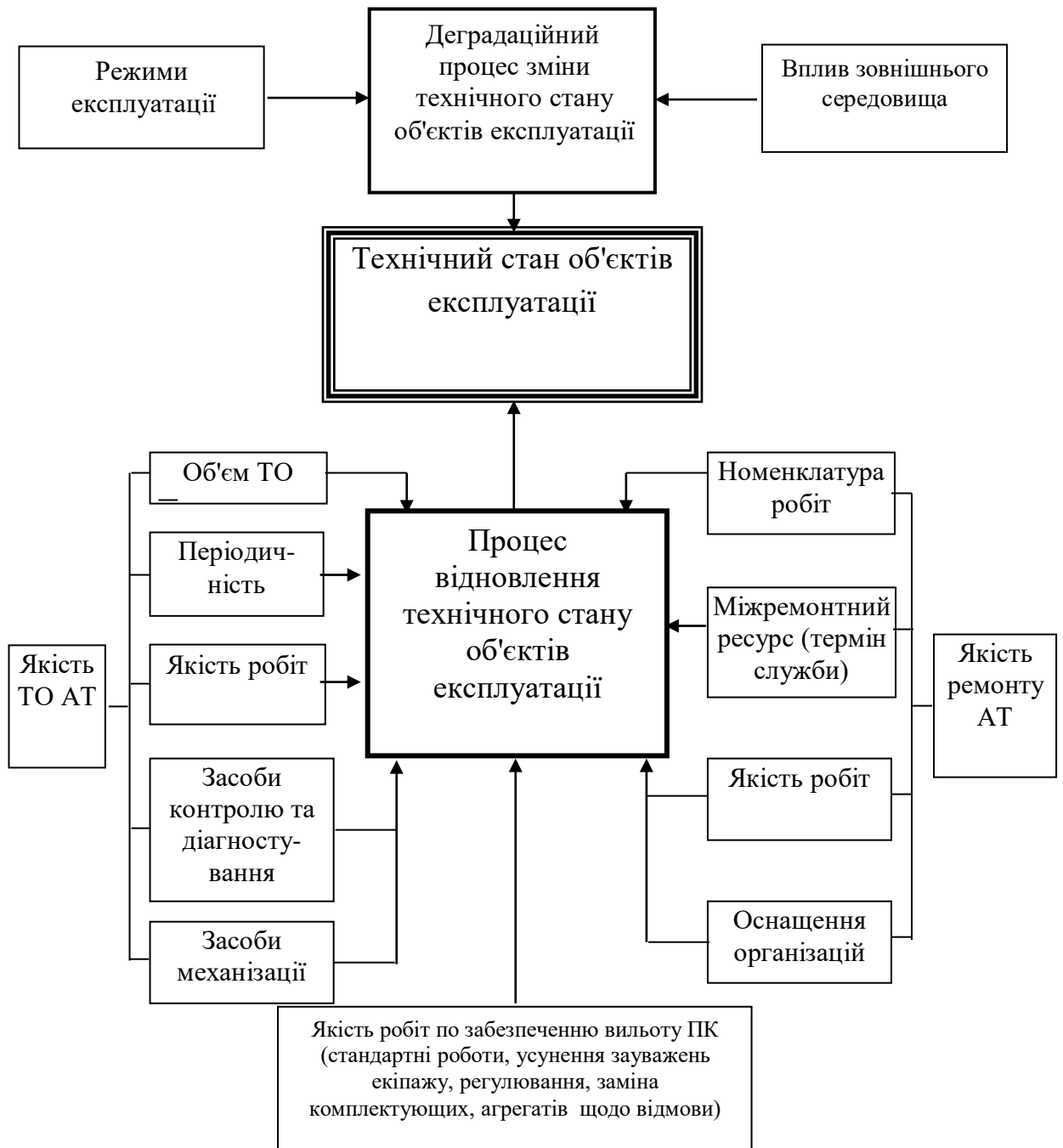


Рис. 1.1 Процес зміни технічного стану функціональних систем повітряного судна

Кожна складова програми ТО характеризується цілою низкою параметрів, що входять до складу експлуатаційних характеристик, що задаються в вимогах, таких, як періодичність, обсяг і тривалість, стратегія і способи проведення ТО і ін.

Від правильності обґрунтування, підтвердження і прийняття рішення про значення цих параметрів залежать як рівень надійності ЛА в процесі експлуатації, так і трудомісткість і вартість досягнення цього рівня. Технічний персонал забезпечує збереження льотної придатності ПК в процесі експлуатації, в зв'язку з чим тільки спільний розгляд питань конструктивного характеру і процесів технічного обслуговування повинно бути покладено в основу вироблення загальної концепції ТО.

Сукупність відновлювальних операцій і організація їх проведення, забезпечують найбільш ефективно використання конкретних об'єктів експлуатації, є одним з основних напрямків оптимізації управління станом технічних пристроїв. Для серійних виробів АТ із заданою конструктивною схемою і надійністю комплектуючих елементів вибирають найбільш раціональну програму ТО, що забезпечує збереження льотної придатності ПК та високу якість ТО виробів АТ (рис.1.2). [2, 3]

Протягом багатьох років зростає актуальність проблеми пошуку і впровадження більш ефективних програм технічного обслуговування і ремонту авіаційної техніки. [4-8] За кордоном до вирішення цієї проблеми залучено науково-технічні організації, конструкторські бюро, фірми-виробники, військові і цивільні навчальні заклади, керівні авіаційні відомства і експлуатуючі організації [9-11].

Їм вдалося скоротити до мінімуму витрати сил і засобів на виконання робіт по ТО без шкоди для безпеки польотів і ефективності використання літакового парку. Цьому сприяло проведення більш глибокого всебічного аналізу багаторічного досвіду ТО, який переконливо показав, що традиційна практика проведення планових періодичних капітальних ремонтів складних систем не дає очікуваного ефекту, не забезпечує підтримання очікуваного рівня безпеки і безвідмовності [12-14].

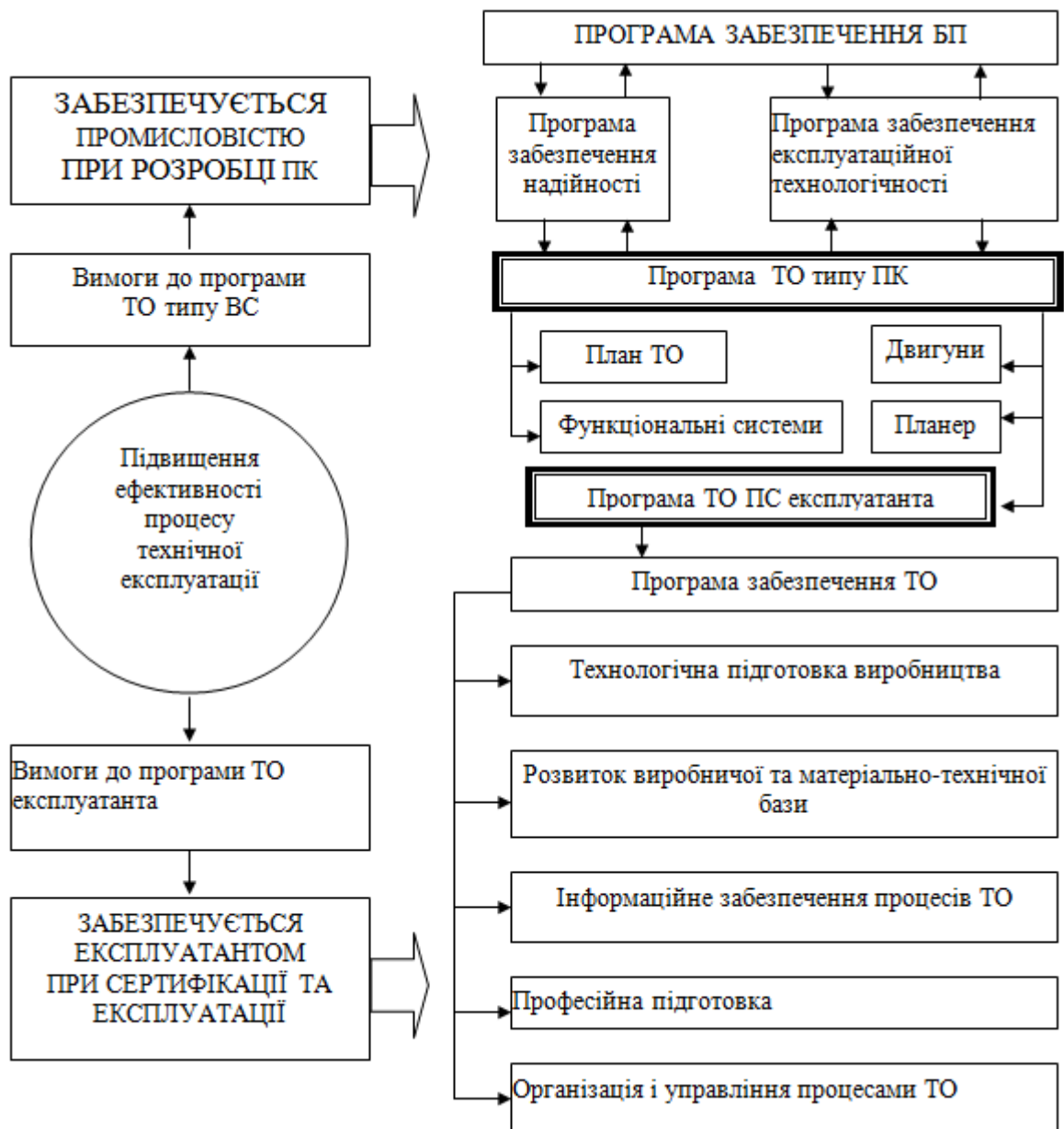


Рис.1.2 Механізм формування програми ТО ПК експлуатанта. [2]

Були розроблені нові принципи формування програм ТО, сенс яких полягає в тому, щоб по можливості більшість робіт по ТО виконувалося не по напрацюванню, а виходячи з фактичного стану об'єкта.

Нові принципи формування програм ТО дозволили в значній мірі скоротити обсяг планових робіт по ТО, кількість капітальних ремонтів та необхідного оборотного фонду двигунів і інших виробів АТ і при цьому істотно підвищити ймовірність попередження небезпечного відмови. Програма RM-2000 прискорила процес корінного повороту промислових

фірм до питань ТО і сприяла ліквідації відставання системи ТО від прогресу авіації [12-14].

У цьому документі викладено організація і процес прийняття рішень для вироблення програми планового ТО на самому початку експлуатації, розрахованої на весь термін служби літака і силової установки.

Як показує багаторічний досвід, нові програми ТО виявилися настільки високо ефективними завдяки безумовному виконанню вимог, що пред'являються до промисловості методикою, викладеної в керівництві MSG-3. [15-17]

Відповідно до вимог документа MSG-3:

- забезпечує можливість експлуатувати авіаційні двигуни і планер літака без обмежень по ресурсу;

- забезпечує проведення розробки програми ТО одночасно з процесом розробки виробу;

- вносить зміни в конструкцію, необхідність яких виявляється в процесі аналізу пристосованості конструкції на нові принципи експлуатації;

- готує і надає робочим групам, які займаються розробкою програм ТО, початковий перелік важливих систем і агрегатів для ТО, а також перелік елементів конструкції, віднесених до категорії; важливих елементів;

- на кожне важливе для технічного обслуговування виріб надає всю технічну документацію, необхідну для правильного аналізу кожного потенційного відмови;

- здійснює збір і всебічний аналіз інформації про досвід експлуатацію для вироблення рекомендацій щодо вдосконалення програм ТО [12-14].

Завдяки розробкам фірми Boeing і інших промислових фірм в керівництві MSG-3 передбачено формування такої програми ТО, яка забезпечує тривале використання літака без обмежень по напрацюванню і без традиційних планових капітальних ремонтів з напрацювання. Із загальної кількості робіт, включених в програму ТО систем і силових установок літака

В-767 фірми Boeing, тільки 3% робіт виконуються по напрацюванні без попереднього контролю, 6% робіт складаються з замін (відбракування) через певні терміни, 5% - роботи по мастилi і дозаправки, 86% - різні види контролю стану. [10]

При розробці програми ТО літака В-747 фірма Boeing підготувала докладні дані по 729 важливих вузлів і систем, для літака В-767 було підготовлено понад 5000 сторінок документації, проаналізовані всі системи і силова установка, 289 підсистем літака і тисячу триста п'ятьдесят дві причини виникнення відмов.

Для отримання необхідних даних фірми широко використовують імітаційне моделювання та перевірки роботи на повномасштабних випробувальних установках в умовах близьких до експлуатаційним. При цьому вибираються дії по ТО, які потребують обліку та аналізу [11].

У тому числі [9]:

- фактичні трудовитрати на роботи по ТО і час, необхідний для їх виконання;
- необхідні професійні навички персоналу та обладнання; правильність процедур діагностування та усунення несправностей, викладених в проектах інструкцій;
- час підготовки до чергового вильоту;
- ефективність використання наземного обладнання.

У загальній номенклатурі робіт по ТО переважають роботи з контролю технічного стану (рис. 1.3).

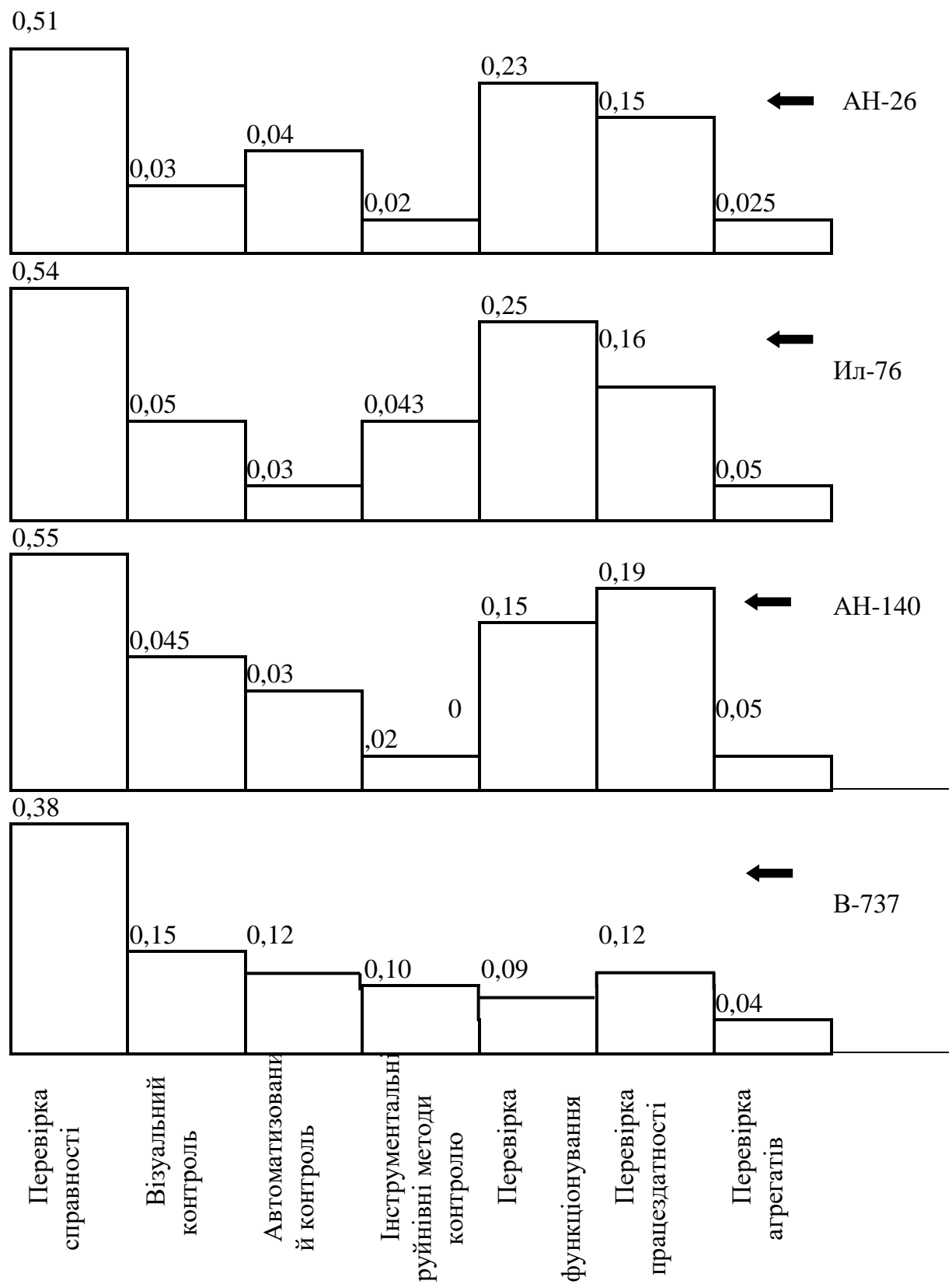


Рис. 1.3 Розподіл робіт по контролю технічного стану на періодичних формах ТО

На сучасних ПК незалежно від класу ці роботи становлять близько 70% загального обсягу робіт обумовлених в регламенті. Основним завданням контролю стану є виявлення несправностей на ранній стадії розвитку функціонально важливих відмов систем, виникнення яких, знижує рівень безпеки польотів або викликає економічні втрати, пов'язані зі збільшенням простоїв ПК на ТО [2-3].

При реалізації програм ТО важливого значення набувають питання управління процесами ТО з урахуванням специфіки авіапідприємств, парку об'єктів експлуатації, розкладу та ін., що в значній мірі впливає на економічні показники організацій ТО. В даний час особлива увага приділяється створенню автоматизованих інформаційних систем, що істотно підвищують ефективність процесів ТО АТ [18-27].

Використання автоматизованих систем стосовно до вирішення задач ТО дозволяє отримати наступні результати [14]:

- виключити ряд робіт і оглядів, виконуваних в процесі ТО;
- виробляти більш точні розрахунки потреб в запчастинах і в робочій силі;
- скоротити час перебування ПК в ремонті;
- отримувати більш точні статистичні дані по ТО;
- управляти технологічними процесами ТО АТ.

В цілому, до теперішнього часу створені методичні розробки по управління процесами технічної експлуатації АТ, вибору стратегій і розробці програм ТО ПК, управління технологічними процесами ТО і ін., впровадження яких сприяє збереженню льотної придатності ПК у відповідність до вимог ІКАО [28-31].

## 1.2. Аналіз результатів експлуатації ПК

Основні вимоги, що пред'являється до процесу технічної експлуатації (ТЕ) в цілому, полягає в забезпеченні найбільшої ймовірності справності ПК в необхідний момент часу для виконання поставленого завдання. При розробці методів ТЕ основна увага приділяється плановим профілактичним роботам, мета яких - забезпечити безвідмовну експлуатацію ПК в межпрофілактичні періоди шляхом попередження відмов вузлів і агрегатів і підтримки їх технічних характеристик в межах ПК тановлених допусків [28-31]. Серйозні аварії і катастрофи через відмови авіатехніки і помилок допускаються в процесі ТО ПК стали перевищувати за інтенсивністю їх появи темпи зростання числа пасажирських перевезень.

Спостерігалось зростання числа катастроф з вини обслуговуючого персоналу в середньому на 4% на рік. Причому пасажиропотік на авіалініях збільшився на 20%, а кількість катастроф за згаданими вище причин зростає на 40%. Оскільки обсяг повітряного руху зростає, а жорсткі вимоги до витримуванню розкладу комерційних рейсів призводять до необхідності ще більше збільшувати інтенсивність використання ПК, триватиме і посилення вимог до своєчасності виконання операцій по технічного обслуговування. У зв'язку з цим виникнуть додаткові умови можливості появи помилок, допущених людиною, і як наслідок - розриви в ланцюзі забезпечення безпеки авіаційної системи [2,5,11,12].

При розгляді подій, причиною яких була помилка людини, ми схильні думати в термінах, що стосуються окремих особистостей, а не колективів. Внаслідок цього рішення проблем спрямовані на конкретних людей, «операторів переднього краю», через що затушовуються приховані організаційні помилки, які в більшості випадків і є першопричинами таких пригод.

Рівень безпеки польотів на вертольотах і легких літаках істотно гірше, ніж на літаках 1-3 класів, число авіаційних пригод на 100 тис. нальоту в 5



разів більше. Відносно високий рівень безпеки польотів при регулярних пасажирських перевезеннях досягнуто за рахунок цілеспрямованої роботи по сертифікації і ліцензуванню авіаперевізників, які виконують польоти на довготривалої плановій основі, і посилення інспекторського контролю. Регулярні перевізники, а їх кількість обмежена, володіють необхідною технічною базою, кваліфікованим персоналом і використовують накопичений досвід роботи колишнього єдиного Аерофлоту. На жаль, позитивний досвід і традиції, які використовуються при організації перевезень на регулярній основі, не в повній мірі реалізуються в сфері нерегулярних перевезень, внаслідок чого рівень безпеки польотів на нерегулярних лініях істотно нижче, ніж на регулярних [12-14].

Незадовільний стан справ з безпекою польотів в сфері нерегулярних перевезень і авіаційних робіт в народному господарстві на вертольотах і легких літаках пояснюється в першу чергу невідповідністю технічної бази авіакомпаній, недостатньою кваліфікацією персоналу і досвідом авіаційних перевезень, нечітким взаємодією авіакомпаній і замовників, низьким рівнем забезпечення і виконання замовних польотів, а також неефективністю контролю [4-7].

Недоліки в підготовці персоналу, планування і забезпечення замовних рейсів, а також низький рівень інспекторського контролю, а в разі польотів в далекому зарубіжжі практично повна його відсутність визначають виключно високий рівень аварійності в сфері нерегулярних перевезень і авіаційних робіт. Від ефективності роботи фахівців з обслуговування авіаційної техніки залежать не тільки безпеку і регулярність польотів, але і економічні показники експлуатаційних підприємств через непродуктивних простоїв повітряних суден при їх технічному обслуговуванні, контролі, заміні, ремонту виробів і систем авіатехніки. З огляду на актуальність проблеми зниження експлуатаційних витрат було проведено дослідження [1, 6], результати яких дозволили кількісно оцінити витрати часу на ТО ПК, виконати аналіз показників ефективності експлуатації ПК і провести

порівняльний аналіз показників з зарубіжними аналогами (табл. 1.1, 1.2.).

Таблиця 1.1

### Результати аналізу фонду часу

Найменування показників	Оцінка показників	
	Літаки України	В 737-200 – В 737-300
Простої на періодичних формах ТО	35%	15% - 20%
Простої на оперативних видах ТО	25%	40% - 60%
Простої при усуненні несправностей	25%	15% - 25%
Простої, пов'язані з очікуванням ТО	15%	0 - 3%
Середні разові простої на усунення несправностей	8-8,4 рік. на 1 випадок	7,3 - 12,40 годину на 1 випадок
Питомі простої на усунення несправностей	0,151-0,175 годину./л.годину.	0,1 - 0,2 годину/л.годину
Частота випадків простою	1,85-2,08 випадки на 100 л.годину.	0,05 - 0,2 випадки на 100 л.годину
Разові простої на виконання форми DY (ФБ)	14,36-15,41 годин на 1 випадок виконання форми Б	2 години
Середні питомі простої на періодичне ТО	0,186-0,199 годин./л. год	0,05 - 0,09 годин/л. год
Кількість випадків форм ТО на 100 л. час.	0,3 випадку на л.год. (1 обслуговування на 333 л. год.)	0,4 - 0,5 випадок на л.час (1 обслуговування на 200 - 250 л. год)
Середні разові простої на 1 випадок виконання форми періодичного ТО	62 - 66,7 годин	20...25 годин

## Розрахунок показників ефективності технічної експлуатації ПК

Найменування показників	Розрахункова формула	Ан-140	В-737-300	Примітка
Напрацювання до відмови	$T_n = \frac{\mu_{1n}}{d_{1n_{cp}}};$ $T_{nj} = \frac{\mu_{1n}}{d_{1n_{cpj}}}.$	61 490	127 960	$d_{1Пср}$ – середня кількість відмов і пошкоджень, виявлених в стані П; $d_{1Псрj}$ – середня кількість відмов і пошкоджень, виявлених в стані П по j-й причини;
Коефіцієнт регулярності відправлень	$P_{TE(E)} = 1 - \frac{m_{icp(E)}}{n_1};$ $P_{TE(R)} = 1 - \frac{m_{icp(K)}}{\left(\frac{\mu_{1n}}{T_{\delta n}} - 1\right) n_1}.$	0,83 0,85	0,92 0,94	$m_{icp(E)}$ , $m_{icp(K)}$ – відповідно кількість затримок відправлень в базовому і позабазових аеропортах;
Коефіцієнт використання	$K_u = \frac{\pi_1 \mu_n}{\sum_{i=1}^N \pi_i \mu_i}$	0,26	0,35	$m_{icpj(E)}$ , $m_{icpj(K)}$ – відповідно кількість затримок відправлень з тієї причини в базовому і позабазових аеропортах;
Коефіцієнти можливого застосування	$K_{Bu} = \frac{\pi_1 \mu_n + \sum_{j \in N_j} \pi_j \mu_j}{\sum_{i=1}^{1N} \pi_i \mu_i}$	0,32	0,45	$\pi_i$ – стаціонарні ймовірності; $N_j$ – безліч станів
Питомі простой на ТО	$K_{П} = \frac{\sum_{K \in N_K} \pi_K \mu_K}{\pi_1 \mu_{1n}}$	1,02	0,83	
Питома трудомісткість ТО	$\tau_{удТОП} = \frac{\sum_{K \in N_K} \pi_K \tau_{Kcp}}{\pi_1 \mu_{1n}}$	5,2	3,6	
Питома вартість ТО	$C_{удТОП} = \frac{\sum_{K \in N_K} \pi_K C_{Kcp}}{\pi_1 \mu_{1n}}$	-	-	

Програма ТО, розроблена за новими принципами, може успішно застосовуватися на будь-якому типі авіаційної техніки. Внесення змін до конструкції, необхідність яких виявляється в процесі розробки програми, тільки підвищує рівень ефективності використання нових принципів. Тому починати впровадження нових принципів ТО слід не з змін конструкції, а зі всебічного аналізу конструкції, можливих відмов і визначення ефективних і прийнятних заходів для їх запобігання.

### **1.3. Проблеми забезпечення якості робіт при ТО АТ**

Впровадження сучасних методів діагностування призводять до розчленування технологічних процесів ТО, до більш вузької спеціалізації авіаційного персоналу. При цьому, перш за все збільшуються витрати на засоби контролю і число операцій по контролю ТС виробів, значно зростає відповідальність результатів контролю і діагностування технічних засобів (ТЗ) об'єктів експлуатації.

Разом з тим створюються передумови для впровадження прогресивних методів ТО, усунення деяких видів ТО АТ, що призводить до скорочення простоїв ПК на ТО і підвищенню ефективності їх використання. [24] З ростом складності бортових систем і автоматизації польотних процедур відбувається не тільки полегшення професійної діяльності авіаперсоналу, але і зростання ціни за відмову авіатехніки [12-14].

У зв'язку з впровадженням нових технологій висуваються все нові вимоги до кваліфікації льотного складу і персоналу наземних служб. Тому зниження частки авіаційних подій, обумовлених психофізіологічними особливостями діяльності людини в авіаційній системі, ще довго буде залишатися в числі пріоритетних завдань фахівців з безпеки польотів [25, 26].

Управління цивільної авіації Сполученого Королівства (UK CAA) опублікувало список часто зустрічаються недоліків технічного обслуговування. Згідно з цим списком до їх числа в порядку значимості відносяться такі основні чинники: - неправильна збірка компонентів і з'єднання не тих елементів; залишені на повітряному судні сторонні предмети; - неправильно виконана мастило; - незакріплені кожухи, кришки оглядових люків, обтічники; - незняті перед вильотом чеки, що запобігають ненавмисно прибирання шасі. В результаті аналізу 122 документально засвідчених пригод, пов'язаних з помилками людини, викликаними імовірним проявом людського фактора в техніці, було виявлено, що

основними видами помилок, допущених при технічному обслуговуванні, були [46]:

Види помилок при технічному обслуговуванні:	Відсоток
упущення	56
неправильна установка	30
використання не тих деталей	08
інші помилки	06

Розподілу інцидентів з причин відмов літака Ан-140 з вини ІАС представлені на рис. 1.9. [17, 18].

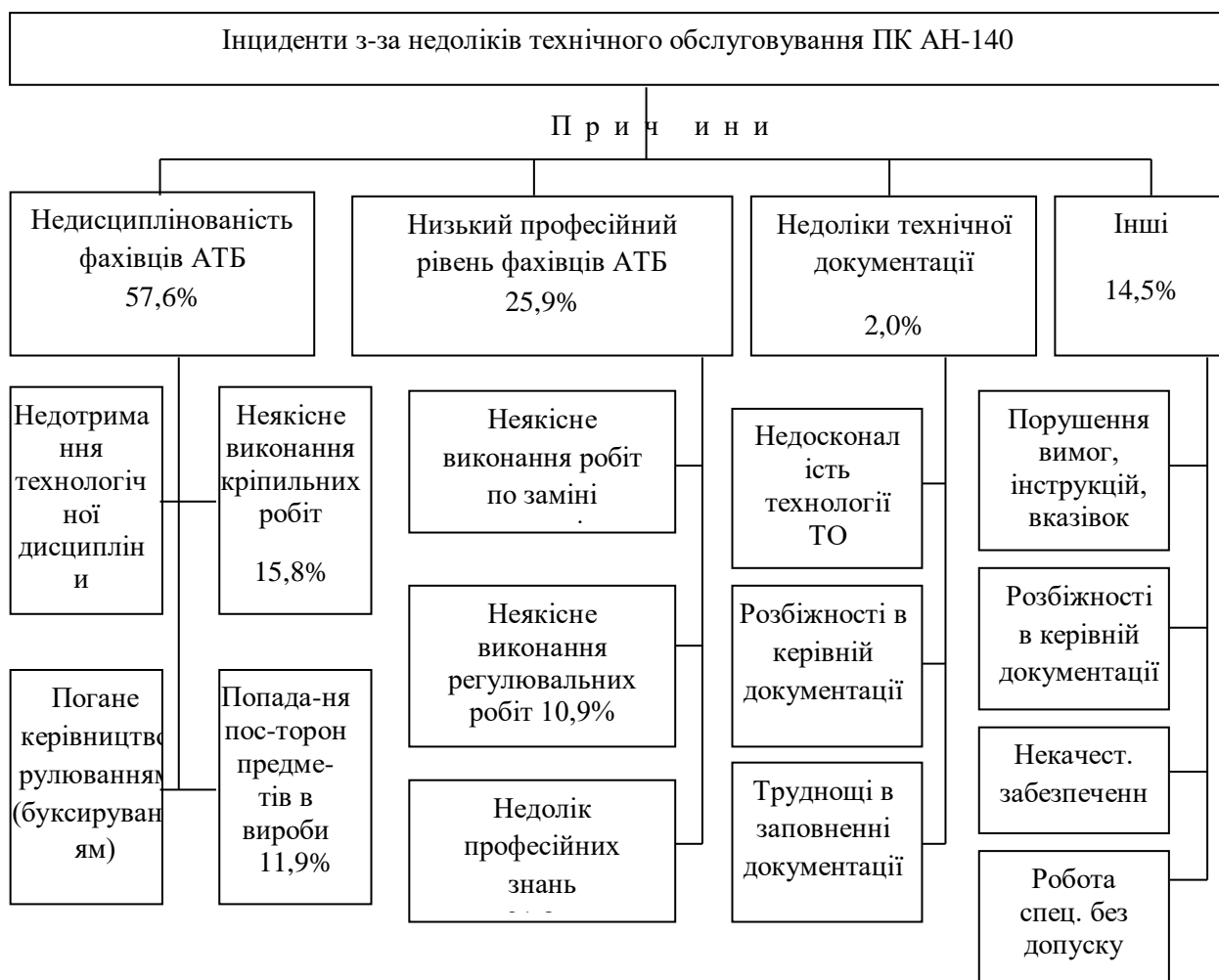


Рис.1.9 Основні причини відмов з вини обслуговуючого персоналу

Розподіл умовної ймовірності в залежності від технологічних помилок виконавців:

- 1 не знайдено несправність;
- 2 внесений сторонній предмет;
- 3 неправильно зібраний, встановлений (не встановлено) агрегат, вузол, деталь;
- 4 встановлений агрегат (деталь), що не відповідає технічним умовам;
- 5 не промаха агрегат, вузол, деталь, що не продуті трубки;
- 6 не дотягнути (перетягнути) з'єднання;
- 7- не законтрите з'єднання;
- 8- не закриті замки, крани, кришки;
- 9- неправильно відрегульований агрегат;
- 10 пошкоджений (поламаний) агрегат, вузол, деталь при ТО;
- 11- недозаправлена система, що не змазаний агрегат, не перевірено якість ПММ;
- 12- не виконано бюлетень, вказівка, інструкція. Технологічні помилки технічного персоналу згруповані в 3 види, в залежності від їх впливу на експлуатаційну надійність технічної системи ПК.

Відповідно до представленої схемою (рис.1.12) отримано математичний вираз оцінки надійності системи ПК в польоті та залежно від якості виконання операцій ТО:

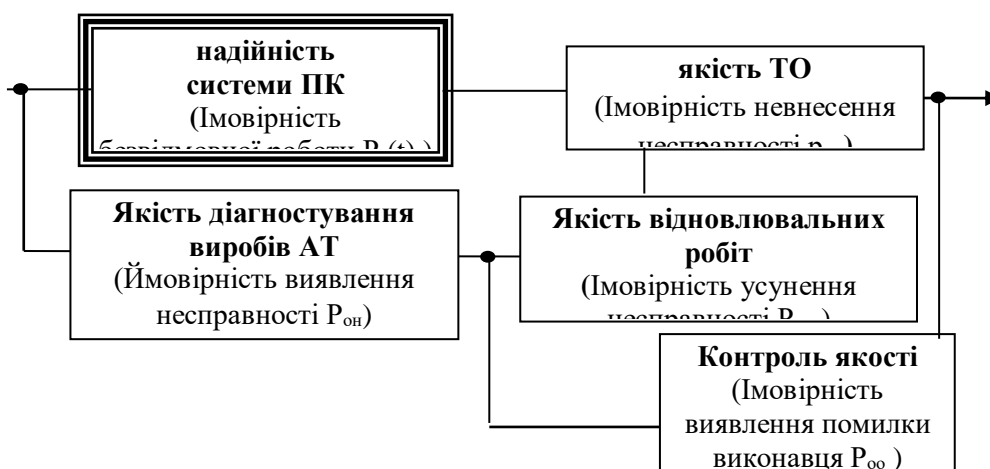


Рис.1.10 Схема впливу помилок технічного персоналу на експлуатаційну надійність системи ПК

$$P(t)_{эс} = [P_c(t) + (1 - P_c(t)) \cdot P_{он} (P_{ун} + (1 - P_{ун}) P_{оо})] (P_{нн} + (1 - P_{нн}) P_{оо})$$

У таблиці 1.3 представлено розподіл умовної ймовірності помилки технічного персоналу в залежності від згрупованих видів технологічних операцій по ТО ПК.

Таблиця 1.3

### Розподіл умовної ймовірності помилки технічного персоналу

Вид технологічних операцій ТО	Умовна верогідність помилки виконувця
1. Контроль і діагностування АТ	0,25-0,29
2. Усунення пошкоджень і відмов виробів АТ	0,28-0,34
3. Неякісне ТО АТ	0,38-0,46

Із загальної часу на технічне обслуговування, приблизно 87% часу припадає на визначення несправностей систем, вузла, агрегату, деталі та тільки 13% - на їх усунення. За даними досліджень [17] від 25 до 35% льотних подій та інцидентів у цивільній авіації України відбуваються з вини інженерно-авіаційної служби (ІАС) в основному через низьку якість технічного обслуговування [4].

За даними звіту робочої групи ЈАА про якість ТО за 2018 рік одна з головних причин або принаймні сприяючих факторів у зниженні рівня безпеки польотів (більше 50% загальної кількості відмов АТ) припадає на частку обслуговуючого персоналу внаслідок недостатньої його кваліфікації. В даний час відбувається усвідомлення особливої специфіки роботи авіаційного фахівця. Зневага до потреб технічного складу, недостатня увага до створення сприятливої обстановки для якісного ТО, особливо до контролю за готовністю фахівця виконувати якісно підготовку техніки до

даному конкретному польоту призводить до зниження БП. У частинах ВПС США створені підрозділи забезпечення якості робіт по ТО.

Ці підрозділи проводять комплекс заходів, що сприяють його кваліфікації. В даний час відбувається усвідомлення особливої специфіки роботи авіаційного фахівця. Зневага до потреб технічного складу, недостатня увага до створення сприятливої обстановки для якісного ТО, особливо до контролю за готовністю фахівця виконувати якісно підготовку техніки до даному конкретному польоту призводить до зниження БП [12-14].

У частинах ВПС США створені підрозділи забезпечення якості робіт по ТО. Ці підрозділи проводять комплекс заходів, що сприяють підвищення якості ТО, так як якість залежить не тільки від контролю, а від дій і умов роботи виконавця [12].

Інспектори в першу чергу перевіряють:

- наявність необхідних фахівців для ТО;
- підготовленість фахівців для виконання майбутніх робіт;
- наявність технологічних карт і покладеної документації; - наявність і стан інструменту та допоміжного інструменту;
- наявність достатнього часу для виконання робіт;
- якість обмундирування і ін.

Сам факт створення спеціального апарату для контролю за умовами роботи технічного складу заслуговує на особливу увагу. це результат глибокого аналізу причин авіаційних подій та інцидентів.

Авіаційно-технічний інститут ВПС США виконав дослідження проблем ТО. Опитування 314 фахівців показав, що найбільше проблем у технічного складу пов'язане з методичним забезпеченням, умовами роботи, забезпеченістю обладнанням і інструментом (табл.1.4). [5]

Керівництво авіації усвідомило зростаючу роль технічного складу в забезпеченні безпеки польотів, необхідність підтримувати високий моральний рівень технічного складу, підвищувати його майстерність і дисципліну. Посилилося увагу до вирішення проблем технічного складу



підтверджується підвищенням вимог до експлуатаційного якості купується АТ [11].

Таблиця 1.4

### Основні проблеми ТО

Найменування проблем	негативні і оцінки, %
Технічні інструкції	87
Настанови і форми обліку	97
Усні вказівки	96
Процедури отримання предметів постачання	98
Умови роботи (температура, освітлення, шум)	96
Стиль контролю і роботи начальників	91
Напруженість, пов'язана з обмеженими термінами виконання робіт по ТО	90
Напруженість, пов'язана з тривалістю робочого дня	88
Достатність робочої сили	97
Безпека при виконанні робіт	90

В даний час вимоги до експлуатаційного якості стали такими ж пріоритетними, як вимоги до льотних якостях. Конкурентоспроможність АТ визначається в даний час ступенем її пристосованості до експлуатації, головним чином до ТО. ведуться спеціальні дослідження з метою визначення вимог до АТ з урахуванням специфіки робіт по ТО на основі аналізу людського фактора, в тому числі антропометрії людини. Це свідчить про те, що вплив людського фактора на безпеку польотів недостатньо повно вивчено в світовій авіаційній науці і цим напрямком слід приділити особливу увагу.

#### 1.4. Методи і моделі управління якістю ТО АТ

Показник якості результату  $Y$  операції є в загальному випадку  $m$  - мірний вектор, що включає в себе три відповідних групи компонент ( $m = m_1 + m_2 + m_3$ ) [1]:

$$Y^{(m)} = \langle g^{(m_1)}, C^{(m_2)}, T^{(m_3)} \rangle,$$

де  $g$  - корисний ефект;

$C$  - витрачені ресурси;

$T$  - час проведення операції.

Вектор  $Y^{(m)}$  може бути остаточно сформований коли сформульована мета операції  $Y_{mp}^{(m)}$ , що задає необхідний результат  $Y_{mp}$  операції. Формулювання мети операції дозволяє сформувати вектор параметрів цілепокладання:  $Y_{mp}^{(m)} = \langle g^{(m_1)}_{mp}, C^{(m_2)}_{mp}, T^{(m_3)}_{mp} \rangle$ , задає в загальному випадку область допустимих значень (кількісних або якісних) відповідних показників якості  $Y^{(m)}$  реального результату операції  $Y$ .

Для кількісного опису відповідності реального результату  $Y$  операції необхідному  $Y_{mp}$  використовують формально вводиться числову функцію відповідності:

$$\rho = \rho(Y^{(m)}, Y_{mp}^{(m)})$$

У практиці дослідження ефективності операцій використовують приватні функції відповідності, що вводяться для окремих груп відповідних компонент векторів  $Y_{mp}^{(m)}$  і  $Y_m$ , тобто .:

$$\rho_{(1)} = \rho_{(1)}(g^{(m_1)}, g_{mp}^{(m_1)})$$

$$\rho_{(2)} = \rho_{(2)}(C^{(m_2)}, C_{mp}^{(m_2)})$$

$$\rho_{(3)} = \rho_{(3)}(T^{(m_3)}, T_{mp}^{(m_3)})$$

або для кожної пари відповідних компонент:

$$\rho_i = \rho_i(y_i, y_{mpi}), \quad i = \overline{1, m}.$$

Показник ефективності операції  $W$  вводиться формально як математичне очікування загальної функції відповідності:

$$W = M[\rho(Y^{(m)}, Y_{mp}^{(m)})]$$

Застосовуюючи операцію математичного очікування до приватних функцій відповідності  $\rho_{(1)}, \rho_{(2)}, \rho_{(3)}, \rho_{(i)}$ , отримують приватні показники ефективності, відповідно  $W_{(1)}, W_{(2)}, W_{(3)}, W_{(i)}$ . Тоді показник ефективності  $W$  операції являє собою сукупність векторних або скалярних приватних показників ефективності, тобто:

$$W = \langle W_{(1)}, W_{(2)}, W_{(3)} \rangle,$$

$$W = \langle W_1, W_2, \dots, W_m \rangle.$$

У загальному випадку реальний результат  $Y$ , а отже, і показник ефективності  $W$  операції залежить від обраної стратегії  $u \in U$ :

$$Y^{(m)}(u) = \langle g^{(m_1)}(u), C^{(m_2)}(u), T^{(m_3)}(u) \rangle,$$

$$W(u) = M \left[ \rho \left( Y^{(m)}(u), Y_{mp}^{(m)} \right) \right]$$

Залежність показника ефективності  $W(u)$  від обраної стратегії  $u \in U$  та інших істотних чинників, що визначають комплекс умов проведення операції, задається в загальному вигляді складовим відображенням:

$$\Psi : \{ H : U \times \Lambda \rightarrow Y^{(m)} \} \rightarrow W,$$

де:  $H : U \times \Lambda \rightarrow Y^{(m)}$  - модель реального результату, що дозволяє виходити  $Y$  операції для кожної стратегії  $u \in U$ ;

$\Lambda$  - множина певних і невизначених факторів, що формують умови обстановки (проведення) операцій.

Найбільший практичний інтерес представляють дослідження ефективності операцій до їх проведення, що вимагає використання методу математичного моделювання. Формально процес дослідження можна представити таким чином:

$$\{X, R\} \times T^{\theta(k)} \Rightarrow \{X^\Gamma(k), R^\Gamma(k)\} \times T^\Gamma \Rightarrow \theta_z^\Gamma(k) \Rightarrow \theta_z(k) \Rightarrow \theta^{(k+1)} = \theta^{(k)} \cup \theta_z(k),$$

$$k = 0, 1, 2, \dots,$$

де:  $\{X, R\}$  - множина елементів  $X$  системи і зв'язків  $R$  між ними;

$T$  - множина моментів часу;

$\{X, R\} \times T$  - процес функціонування технічної системи;

$\{X \Gamma(k), R \Gamma(k)\} \times T \Gamma$  - Відображення процесу  $\{X, R\} \times T$ , (модель операції);  $\theta^k$  - інформація про операції на  $k$ -му кроці дослідження;

$\theta_z^r(k)$  - нова інформація, отримана за результатами моделювання;

$\theta_z(k)$  нові знання про операції, які отримані на основі інформації  $\theta_z^r(k)$ .

Наведена модель змістовно розкриває сутність завдання дослідження як завдання отримання нових знань про об'єкт дослідження для прийняття рішень.

В роботі [5] дослідження надійності ПК зводиться до розгляду надійності ПК, з урахуванням діяльності обслуговуючого персоналу (ОП). Якщо вважати, що ймовірність одночасної появи двох і більше помилок нехтує мала і що кожна помилка може бути практично миттєво компенсована з ймовірністю  $P_{O.K}$ , то ймовірність безвідмовної роботи ЕС протягом часу  $[t_1, t_1 + \Delta t]$  буде визначатися виразом:

$$P_o(t_1, \Delta t) = P_{TC}(t_1, \Delta t) \{ P_{OP}(\Delta t) + [1 - P_{OP}(\Delta t)] P_{O.K} \}$$

де  $P_{TC}(t_1, \Delta t)$ - ймовірність безвідмовної роботи ПК протягом часу  $[t_1, t_1 + \Delta t]$

$P_{OP}(\Delta t)$ - ймовірність безвідмовної роботи ОП протягом часу  $\Delta t$  при умови, що ПК працює безвідмовно.

Компенсація помилок є важливим шляхом підвищення надійності ПК.

При цьому ймовірність безвідмовної роботи ПК протягом часу  $[t_1, t_1 + \Delta t]$

$$P_T(t_1, \Delta t) = P_{OP}(t_1, \Delta t) \{ P_{TC}(\Delta t) + [1 - P_{TC}(\Delta t)] P_{T.K}(t_1, \delta, t_1 + \Delta t) \}$$

де  $P_{Т.К}(t_l, \delta, t_l + \Delta t)$  - умовна ймовірність безвідмовної роботи протягом часу  $[t_l, t_l + \Delta t]$  ПК з компенсацією наслідків відмов ТЗ за умови, що в момент  $\delta$  відбулася відмова і він був компенсований ( $t_l < \delta < t_l + \Delta t$ ).

При компенсації як помилок ОП, так і відмов ТЗ ймовірність безвідмовної роботи ПК протягом часу  $[t_l, t_l + \Delta t]$  дорівнює:  

$$P(t_l, \Delta t) = \{P_{ОП}(\Delta t) + [1 - P_{ОП}(\Delta t)]P_{О.К}\} \{P_{Т.К}(t_l, \Delta t) + [1 - P_{Т.К}(t_l, \Delta t)]P_{Т.К}\}.$$

Для визначення  $P(t_l, \Delta t)$  з урахуванням діяльності обслуговуючого персоналу необхідно:

- знати ймовірні помилки людини, які можуть бути здійснені при виконанні ним кожної одиночної операції, що входить в трудовий процес;
- знати найбільш значні і найбільш часто зустрічаються помилки, які можуть з'явитися при експлуатації АТ;
- визначити очікувану частоту відмов з вини людини для даного ПК.

Ймовірність досягнення мети при цьому [3]

$$P(A_{ij}) = 1 - \bar{P}_{ОП}(H_{ij})P(\bar{A}_{ij} / H_{ij})$$

де  $P_{он}(H_{ij})$  - ймовірність того, що при виконанні завдання  $j$ -го типу виникає помилка  $i$ -го виду;

$P(A_{ij}/H_{ij})$  - умовна ймовірність недосягнення робочої мети при появі  $i$ -го виду помилки ОП в ході виконання  $j$ -го завдання;

$P(\bar{A}_{ij})$  - ймовірність недосягнення робочих цілей в результаті виникнення помилки  $i$  - виду помилки при виконанні завдання  $j$ -го типу.

Якщо помилки вважати незалежними, то

$$P(A_j) = \prod_{i=1}^N [1 - \bar{P}_{ОП}(H_{ij})P(\bar{A}_{ij} / H_{ij})]$$

де  $P(A_j)$  - ймовірність досягнення мети при вирішенні завдання  $j$ -го типу при ПКіх  $N$  видах помилок ОП.

Якщо помилки - взаємовиключні події, то

$$P(A_j) = 1 - \sum_{i=1}^N \bar{P}_{оп}(H_{ij}) P(\bar{A}_{ij} / H_{ij})$$

Імовірність досягнення робочої мети у ПКіх  $n_j$

випадках виконання завдань  $j$ -го типу, якщо види помилок незалежні, буде

$$P(A_j) = \left\{ \prod_{i=1}^N [1 - \bar{P}_{оп}(H_{ij}) P(\bar{A}_{ij} / H_{ij})] \right\}^{n_j}.$$

Якщо ПКе  $m$  типів завдань і  $N$  видів помилок незалежні, загальна

ймовірність досягнення робочої мети  $P(A_j) = \prod_{j=1}^m \left\{ \prod_{i=1}^N [1 - \bar{P}_{оп}(H_{ij}) P(\bar{A}_{ij} / H_{ij})] \right\}^{n_j}.$

Якщо помилки взаємно виключають одна одну, то

$$P(A_j) = \prod_{j=1}^m \left[ 1 - \sum_{i=1}^N \bar{P}_{оп}(H_{ij}) P(\bar{A}_{ij} / H_{ij}) \right]^{n_j}$$

Працездатність різних технічних систем характеризується зазвичай значенням складових деякого вектора параметрів  $\bar{u} \{U_i\}$ ,  $i = \overline{1, n}$ . Через встановлений проміжок часу  $T_j$  ( $j$  - умовний номер виду профілактичного обслуговування об'єкта) проводиться контроль стану  $\{U_i\}$  і за його результатами - управління якістю системи за заздалегідь розробленим алгоритму.

Імовірність функціонування системи, що визначається відходом параметра, є функцією алгоритму управління якістю системи і може бути представлена у вигляді [5]

$$P(y_i \in \{D_i\}, \tau) = \int f_{\langle D_i \rangle} (y, t_2 / y_{0i}, t_1) dy,$$

де  $y_{0i}$  - рівень параметра після управління якістю;

$t_1$  - момент управління якістю;

$t_2$  - довільний момент часу;

$\tau = t_2 - t_1$ ;

$T$  - період управління якістю;

$\{D_i\}$  - область знаходження  $i$ -ого параметра.

Значення параметрів, що контролюються в загальному випадку при їх вимірі визначаються з помилками, які нерідко можуть бути суттєвими і вносити велику невизначеність в аналіз технічного стану об'єкта. Крім того, часто вимірювання параметрів, що визначають стан і працездатність ПК, проводиться опосередковано.

У таких випадках помилки вимірювання можуть бути дуже високі. Наявність помилок вимірювання, зокрема, може привести до невірних рішень про виконання попереджувальних або ремонтних робіт. Широкий клас систем технічної експлуатації можна описати з допомогою математичних моделей на основі напівмарковських процесів з кінцевим множинною станів. [5, 6]

У таких моделях неважко врахувати різні припущення про надійність систем і елементів, правила проведення відновлювальних та профілактичних робіт і характеристиках прояви відмов. Оскільки втручання в роботу технічної системи проводиться в дискретні моменти часу, то в моделях можна враховувати лише дискретні управління.

Напівмарковських процес  $\xi(t)$  з кінцевим множинною станів  $E = (e_0, \dots, e_F)$  задається набором монотонних по  $t$ -функцій

$$Q_{ij}(t, x), i, j \in (0, 1 \dots F) \text{ таких, що } 0 \leq Q_{ij}(t, x) \leq 1, Q_{ij}(\infty, x) = p_{ij}(x);$$

$$\sum_j p_{ij} = 1.$$

Рішення  $x_k$  приймається при переході процесу в стан  $e_k$ .

З урахуванням управління процес задається функціями

$$Q_{ij}(t) = \int_X Q_{ij}(t, x_i) d\Phi(x_1, \dots, x_F) = \int_X Q_{ij}(t, x_i) d\Phi_i(x_i);$$

$$p_{ij} = \int_X p_{ij}(x_i) d\Phi_i(x_i).$$

Якщо в деякий момент  $T$  процес перейшов в стан  $e_i$ , тобто  $\xi(T) = e_i$ , то призначають керуючий вплив  $x$  відповідно до розподілу  $\Phi_i(x)$ . Обраний  $x$  визначить ймовірність переходу в наступний стан  $p_{ij}(x)$  і функцію розподілу  $F_{ij}(t, x)$  випадкового часу  $\tau$  перебування в стані  $e_i$ .

Ця функція розподілу дорівнює

$$F_{ij}(t, x) = Q_{ij}(t, x) / p_{ij}(x).$$

Введення операцій технічного обслуговування робить процес  $\xi(t)$  зміни стану системи керованим ергодичним марковским процесом. Матриця ймовірностей переходів такого процесу  $\{p_{ij}\}$  виходить в результаті множення матриці рішень  $R$  на матрицю ймовірностей переходів некерованою ланцюга Маркова  $Q$ .

$$p_{ij} = \sum_{s=0}^F q_{iz} r_{sj}, \quad i, j = 0 \dots F$$

У керованого процесу з'являються стаціонарні ймовірності  $\pi$  знаходження системи в будь-якому стані  $i = 0 \dots F$ . Ймовірності окремих станів для керованого процесу  $\xi(t)$  задовольняють системі рівнянь

$$\pi_j = \sum_{i=0}^F \pi_i p_{ij}, \quad j = 0 \dots F;$$

$$\sum_{j=1}^F \pi_j = 1, \quad \pi_i \geq 0.$$

Математичне сподівання виграшу і витрат за один крок

складеде 
$$M_g = \sum_{i=0}^F \sum_{j=0}^F \sum_{s=0}^F \pi_i r_{is} q_{sj} (f_{sj} + h_{sj}) + \sum_{i=0}^F \sum_{s=0}^F \pi_i r_{is} g_{is}$$

перший член відображає дохід і витрати на контроль. А другий - витрати на технічне обслуговування.

Для напівмарковських моделей вираз для середнього питомої виграшу:

$$\tilde{\rho} = \sum_{i=0}^F g_i \pi_i / \sum_{i=0}^F \tau_i \pi_i$$

де  $\pi_i$  - стаціонарні ймовірності вкладеної ланцюга Маркова;

$g_i$  - середній виграш за період перебування системи в стані  $e_i$

$$g_i = \int_X \left[ \int_0^\infty \sum_{j=0}^F G_{ij}(\tau, x) d_T Q_{ij}(\tau, x) \right] d\Phi_i(x)$$



де  $\tau_i$  - середній час перебування процесу в стані  $e_i$  до першого виходу з нього,

$$\tau_i = \int_X \left[ \int_0^\infty \sum_{j=0}^F \tau d_T Q_{ij}(\tau, x) \right] d\Phi_i(x).$$

У напівмарковських процесах вихідна інформація у вигляді матриць перехідних ймовірностей  $P = [P_{ij}]$  і законів розподілу  $F(x)_t = [F_{ij}(x)]$  дозволяє врахувати як елемент випадковості у виборі поведінки (при прийнятті рішення, внаслідок помилок виконання і т.д.) за рахунок ймовірностей  $P_{ij}$ , так і елемент випадковості в тривалості виконання операцій за рахунок законів розподілу  $F_{ij}(x)$ .

Однак апарат напівмарковських процесів не дозволяє моделювати виконуються операції, кінцеве число виконання операцій. Таким чином вони задовольняють тільки вимогам оцінюваності процесу, але основний їх недолік полягає в неадекватності логіці процесів функціонування. Реальному стану відповідає наступна модель виникнення та усунення відмов авіатехніки [7]. Вважаємо, що всі агрегати літака розбиті на три групи. Виникнення відмов агрегатів першої групи описуються функцією надійності  $F_1$ . Ці відмови можуть проявлятися в польоті або бути виявлені при оперативно-технічному обслуговуванні (ОТО).

Відмови другої групи (функція надійності  $F_2$ ) виявляються і усуваються при Ф1. Відмови агрегатів і вузлів третин групи (Функція надійності  $F_3$ ) виявляються за програмою Ф2. Позначимо нулем стан, коли відмови відповідного типу відсутні і одиницею, коли відмова є, отримаємо умовну запис стану всього літака в вигляді тризначного комбінацій:

000 - літак справний і готовий до польотів, відмов немає;

100 - літак несправний, відмови має місце серед агрегатів, які перевіряються під час ОТО;

101 - літак несправний, відмови мають місце серед агрегатів, які перевіряються при ОТО і Ф2;

111 - літак несправний, відмови є у всіх групах агрегатів.

Перша цифра 2 означає, що на літаку проводяться роботи і контрольні операції з ОТО.

У цей час можуть бути стану:

200 - літак справний, але до польотом не готовий тому, що на ньому ведуться роботи;

201 - на літаку в процесі ОТО виявлено та усунуто відмову, після проведення робіт відмов більше немає;

202 - після усунення відмов, які були виявлені при ОТО на літаку залишилися ще відмови, які можна виявити тільки при контролі за ширшої програми.

Аналогічно з цифри 3 починаються стану, коли літак проходить Ф1 і з цифрою 4 - Ф2.

З цифри 5 починаються їхні капітали застосування літака за призначенням. В процесі застосування можливі такі випадки:

500 - літак справний і використовується з максимальною ефективністю;

501 - під час польоту було виявлено відмову, усунення якого переведе літак в справний стан;

502, 503 - в польоті виявився відмова, усунення якого не призведе літак до справного стану;

511, 512, 513 - літак несправний, але в польоті відмов не виявив.

Граф, який характеризує поява і усунення відмов в процесі експлуатації авіаційної техніки, з урахуванням всіх перерахованих станів наведено на рис.1.13. Перехідні ймовірності зі стану  $e_i$  и в стану  $e_2, e_3, e_4$  рівні:

$$P_{i2} = \sum_{v=0}^{\frac{\Delta t_3}{\Delta t_2}} \sum_{k=0}^{\frac{\Delta t_2}{\Delta t_1}} \bar{F}_3(v\Delta t_2 + (k+1)\Delta t_1) [\bar{F}_2(\Delta t_2)]^v \bar{F}_2((k+1)\Delta t_1) [\bar{F}_1(\Delta t_1)]^{m_2+k} F_1(\Delta t_1).$$

$$\begin{aligned}
P_{i3} &= \sum_{\nu=0}^{\frac{\Delta t_3}{\Delta t_2}} \bar{F}_3[(\nu+1)\Delta t_2] [\bar{F}_2(\Delta t_2)]^\nu [F_1(\Delta t_1)]^{(\nu+1)n_2} F_2(\Delta t_2) + \\
&+ \sum_{\nu=0}^{\frac{\Delta t_3}{\Delta t_2}} \sum_{k=0}^{\frac{\Delta t_2}{\Delta t_1}} \bar{F}_3(\nu\Delta t_2 + (k+1)\Delta t_1) [\bar{F}_2(\Delta t_2)]^\nu \bar{F}_2(k\Delta t_1) [F_1(\Delta t_1)]^{m_2+k} \int_0^{\Delta t_1} F_2(k\Delta t_1 - \Theta) dF_1(\Theta). \\
P_{i4} &= \sum_{\nu=0}^{\frac{\Delta t_3}{\Delta t_2}} \bar{F}_1(\nu\Delta t_2) \bar{F}_3(\nu\Delta t_2) \bar{F}_2(\nu\Delta t_2) \int_{t_2^\nu}^{\Delta t_2^{\nu+1}} \bar{F}_1(\Theta) F_3(\nu\Delta t_2 - \Theta) dF_2(\Theta) = \\
&= \sum_{\nu=0}^{\frac{\Delta t_3}{\Delta t_2}} \bar{F}_3(\nu\Delta t_2) [\bar{F}_2(\Delta t_2)]^\nu [\bar{F}_1(\Delta t_1)]^{m_2} \int_0^{\Delta t_2} \bar{F}_1(\Theta) F_3((\nu+1)\Delta t_2 - \Theta) dF_2(\Theta).
\end{aligned}$$

Якщо відмови виникають відповідно до функцією надійності  $F(\Theta)$  в випадковий момент часу  $\Theta$ , то ймовірність їх прояву в польоті до моменту

$$x: P(\Theta + \xi < x) = \int_0^x P_3(x - \Theta) dF(\Theta).$$

У практичних розрахунках досить приймати  $1 - P_3(x - \theta) = e^{-q(x-\theta)}$ , так як проявляються відмови рідко.

Узагальнена характеристика технічної системи як об'єкта експлуатації з урахуванням різних за своєю природою властивостей дозволяє в методичному плані розглядати питання синтезу складних систем і їх експлуатації на основі загальних критеріїв. Функціональні мережі (ФС) мають зараз найбільшими можливостями опису і оцінки процесів функціонування ЧМС по порівняно з вищеописаними методами, а також іншими моделями. Вони є продовженням і розвитком формальної мови узагальненого структурного методу (УСМ). [8]

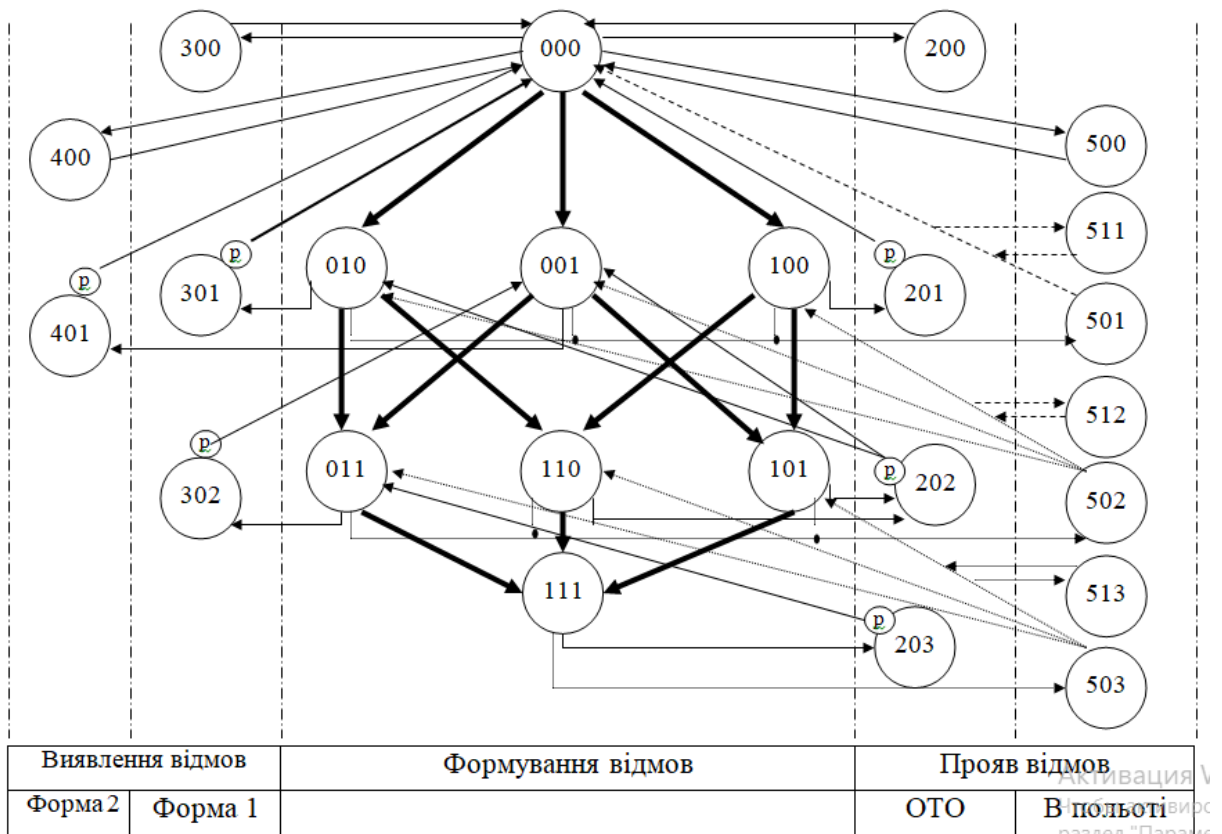


Рис.1.13 Граф станів ПК в процесі експлуатації

Формально процес функціонування в УСМ визначається у вигляді кортежу з трьох елементів:

$$\Phi = \langle Snt \Phi, Sem \Phi, Aks \Phi \rangle,$$

Де:  $Snt \Phi = \langle Snt \Phi E, Snt \Phi C \rangle$  - синтаксис різних фрагментів діяльності (Функціональних одиниць і структур);

$Sem \Phi = \langle Sem \Phi E, Sem \Phi C \rangle$  - семантика різних фрагментів діяльності;

$Aks \Phi = \langle Aks \Phi E, Aks \Phi C \rangle$  - аксіологія (оцінка) різних фрагментів діяльності (функціональних одиниць і структур).

Ймовірно-алгоритмічна складова задається четвіркою множин

$$\langle U, \bar{B}, \Omega_1, \Omega_2 \rangle,$$

де  $U = ( \bar{A}, \bar{B}, \bar{C}, \dots )$  - множина функціональних одиниць;

$B = ( \bar{\alpha}, \bar{\beta}, \bar{\gamma}, \dots )$  - множина функціональних логічних одиниць;

$\Omega_1$  і  $\Omega_2$  - множина логічних і функціональних операційних структур.

Логічні та функціональні операційні одиниці визначимо як пари виду:

$$\bar{A} = \langle A, \chi_A \rangle; \quad \bar{\alpha} = \langle \alpha, \chi_\alpha \rangle,$$

де:  $A$  ( $\alpha$ ) - оператор (умова);

$\chi_A$  ( $\chi_\alpha$ ) - кортеж характеристик якості і часу виконання оператора  $A$  (Умови  $\alpha$ ).

Логічні та функціональні операторні структури визначимо як пари виду:

$$\begin{aligned} \bar{A}_1 \bar{A}_2 &= \langle A_1 A_2, \chi_{A_1} \chi_{A_2} \rangle; \quad \alpha(\bar{A}_1 \vee \bar{A}_2) = \langle \alpha(A_1 \vee A_2), \chi_\alpha(\chi_{A_1} \vee \chi_{A_2}) \rangle; \\ \bar{\alpha}\{\bar{A}\} &= \langle \alpha\{A\}, \chi_\alpha\{\chi_A\} \rangle; \quad [\bar{A}_1, \bar{A}_2] = \langle [A_1 A_2], [\chi_{A_1}, \chi_{A_2}] \rangle; \\ \bar{\alpha}_1 \bar{\alpha}_2 &= \langle \alpha_1 \alpha_2, \chi_{\alpha_1} \chi_{\alpha_2} \rangle; \quad \bar{\alpha}_1 \vee \bar{\alpha}_2 = \langle \alpha_1 \vee \alpha_2, \chi_{\alpha_1} \vee \chi_{\alpha_2} \rangle; \\ \tilde{\alpha} &= \langle \bar{\alpha}, \chi_{\bar{\alpha}} \rangle; \quad \tilde{\beta} = \tilde{A}\tilde{\alpha} = \langle A\alpha, \chi_A, \chi_\alpha \rangle, \end{aligned}$$

в яких ліві частини - це описові операції з множин  $\Omega_1$  і  $\Omega_2$ , а праві - відповідні розрахункові операції над кортежами характеристик якості та вартості виконання вхідних операторів і умов. Крім того, з'являється можливість формалізації процедур аналізу та синтезу якості на основі формальної граматики:

$$\Phi = \langle V_m, V_n, S, \Pi_1 \cup \Pi_2 \cup \Pi_3 \rangle,$$

де:  $V_m = \bar{U} \cup \bar{B}$  - множина базових елементів;

$V_n = \Omega_1 \cup \Omega_2$  - множина синтаксичних правил;

$S$  - аксіома (алгоритмічний опис початкового варіанту трудового процесу);

$\Pi_1, \Pi_2, \Pi_3$  - множина спрощують, укрупнюються і поліпшують підстановок.

Завдання аналізу якості вирішується шляхом переходу від алгоритмічного опису трудового процесу до відповідного матрично-вероятностному опису за такими правилами. Логічні функціональні структури (множина  $\Omega_1$ ):

$$\begin{aligned}\alpha &= \alpha_1 \alpha_2 \Rightarrow P_\alpha = P_{\alpha_1} P_{\alpha_2}; \quad K_\alpha^1 = K_{\alpha_1}^1 K_{\alpha_2}^1; \\ \beta &= \alpha_1 \vee \alpha_2 \Rightarrow P_\beta = P_{\alpha_1} + P_{\alpha_2} - P_{\alpha_1} P_{\alpha_2}; \quad K_\beta^1 = K_{\alpha_1}^1 + K_{\alpha_2}^1 - K_{\alpha_1}^1 K_{\alpha_2}^1; \\ \gamma &= \bar{\alpha} \Rightarrow P_\alpha = I - P_\alpha; \quad K_\gamma^1 = K_\alpha^0; \\ \eta &= A\alpha \Rightarrow K_\eta^1 = K_\alpha^1.\end{aligned}$$

Операційні функціональні структури (множина  $\Omega_2$ ):

$$\begin{aligned}B &= A_1 A_2 \Rightarrow P_B = P_{A_1} P_{A_2}; \quad C_B = C_{A_1} + C_{A_2}; \\ C &= {}_\alpha(A_1 \vee A_2) \Rightarrow P_C = P_\alpha (K_\alpha^1 P_{A_1} + K_\alpha^0 P_{A_2}); \quad C_C = C_\alpha + (1-b)C_{A_1} + bC_{A_2}; \\ D &= {}_\alpha\{A\} \Rightarrow P_D = P_\alpha (I - K_\alpha^0 P_\alpha)^{-1} K_\alpha^1; \quad C_D = C_\alpha + b \frac{C_\alpha + C_A}{1-b}; \\ G &= [A_1 A_2] \Rightarrow P_G = P_{A_1} P_{A_2}; \quad C_G = (C_{A_1} + C_{A_2}) \text{ чи } \max(C_{A_1}, C_{A_2}),\end{aligned}$$

де:  $b$  - ймовірність, що обчислюється через елементи матриць  $P_\alpha$ ,  $K_\alpha^1$  и  $K_\alpha^0$ .

Зауважимо, що ці правила, на відміну від відомих моделей оцінки якості виконання алгоритмічних процесів, дозволяють одночасно враховувати дефекти різних типів.

Розроблений в функціонально-структурної теорії підхід, призводить до необхідності врахування таких особливостей при моделюванні ПФ ЧМС:

- а) цілеспрямованість поведінки ЧМС;
- б) різноманітність елементів, що беруть участь в виконанні кожної технологічної операції (людина і які він використовував кошти);
- в) наявність переривань в ПФ ЧМС внаслідок відмов і помилок людини при виконанні технологічних операцій;
- г) наявність мислительно-планувальних, так і виконавчих дій людини;
- д) можливості перебудови діяльності людини при зміні ситуативних умов (появи дефіциту часу, емоційних факторів і т.п.);
- е) наявність мінливості в характеристиках дій людини (коливання витрат часу, стомлення і ін.).

Такий підхід відкриває великі можливості для моделювання мінливості в характеристиках дій людини; для перебудови поведінки при зміні

ситуативних умов; для зміни цілей з деякого їх множини і інші, які не дає жоден з вищеписаних методів моделювання системи людина-машина.

Важливою проблемою в цивільній авіації є забезпечення надійності складних функціональних систем ПК у процесі експлуатації, дослідження яких зводиться до розгляду надійності технічних систем з урахуванням діяльності обслуговуючого персоналу і своєчасності виконання ними робіт по ТО.

Функціонування складних систем АТ в експлуатації забезпечується спеціальними засобами і планомірної цілеспрямованою роботою колективів і організацій ТО АТ.

Основні напрямки досліджень експлуатації АТ пов'язані з розбкою технологічних процесів ТО, з управлінням технічним станом ПК, збереженням їх льотної придатності і забезпеченням безпеки польотів. Система ТО АТ як організаційно-технічна система, що забезпечує збереження льотної придатності літака в процесі експлуатації, складається з об'єктів експлуатації, засобів технологічного оснащення, виконавців і передбачає виконання в регламентованих умовах і режимах заданих технологічних процесів [22-25].

Таким чином, система ТО являє собою складну організаційно технічну систему, що є самостійним об'єктом дослідження і вдосконалення. Система ТО віднесена до об'єктів типу; діяльність ;, що представляє собою сукупність протікають в часі процесів праці, при здійсненні яких приймаються і реалізуються множина взаємопов'язаних рішень, спрямованих на досягнення кінцевого результату [12-14].

Ці рішення людина реалізує у взаємодії з предметами і засобами праці, які визначають якість ТО АТ, як одного з найважливіших властивостей, що оцінюють діяльність експлуатанта (організації ТО). При сертифікації експлуатант повинен показати, що їм створено систему забезпечення якості ТО, яка регламентує виробничу діяльність підприємства ТО, технологію

процесів і механізми управління якістю на сертифіковані види ТО АТ, і він може забезпечити її функціонування.

Це повністю узгоджується з вимогами міжнародних стандартів серії ISO 9000-2000, Державних стандартів України, розроблених на їх основі ДСТУ ISO 9000-2001, ДСТУ ISO 9001-2001, ДСТУ ISO 9004-2001, а також Авіаційних правил України №204 і №205 від 29.05.98., передбачають обов'язкову сертифікацію систем забезпечення якості ТО експлуатантів та організацій ТО АТ.

Зросла складність ПК, багаторазове резервування і їх автоматизація зменшують навантаження на льотний екіпаж, але підвищує вимоги до авіаційним фахівцям, обслуговуючим ПК.

Крім того, застосування на літаках нового покоління бортових систем контролю, висока ремонтпридатність систем і агрегатів, низька планована трудомісткість планових регулювальних і монтажних-демонтажних робіт, недостатня надійність комплектуючих виробів, поява складних і не підтверджених відмов і збоїв, все це викликає значне зростання частки непланових робіт і їх ускладнення при ТО[2-4].

Це призводить до перерозподілу помилок від однієї категорії людей до іншої, що створює потенційну можливість АП через поєднання технічних відмов з помилками експлуатаційного персоналу при ТО ПК.

Багато помилок, вчинені з вини авіаційних фахівців, не впливають на функціонування систем ПК, але впливають на виконання поставленого завдання, в зв'язку з чим слід [22-24]:

1. При аналізі діяльності визначити найбільш ймовірні помилки людини, які можуть бути здійснені при виконанні кожної операції, що входить в технологічний процес.

2. Передбачити найбільш небезпечні і найбільш часті помилки, які можуть з'явитися при експлуатації і обслуговуванні даної апаратури, підсистеми і системи ПК.



3. Визначити очікувану частоту відмов виробів АТ з вини людини, що дозволить зосередити найбільшу увагу на їх запобігання.

4. Передбачити вплив помилок авіаційних фахівців на працездатність авіаційних систем. При розгляді АП, причиною яких була помилка людини при ТО, не враховується та обставина, що помилка відбувається в організаційних умовах, і всю повноту відповідальності за таке упущення несе авіаційний фахівець (виконавець).

При розгляді помилок авіаційних фахівців в організаційному аспекті ПКя відповідальність покладається на керівників і організаторів робіт організацій ТО, які:

- не забезпечили виконання затверджених програм ТО ПК в повному обсязі;
- не передбачили достатність і ефективність реалізацій процедур по; забезпечення якості; технологічних процесів ТО АТ.

При цьому слід також відзначити неефективність нагляду Авіаційної Адміністрацією за виконанням програми ТО ПК і, забезпечення якості; робіт авіакомпаній. При аналізі надійності АТ як ергатичних системи слід розглядати як взаємодію інженерно-технічного персоналу з технічною системою ПК, так і цілеспрямовану діяльність керівників робіт, які організовують процеси ТО АТ.

В даний час не визначені реальні складності виконання технологічних процесів, не розкриті особливості і складності виконання ТО конкретних типів ПК. Відсутність методів кількісної оцінки якості технологічних процесів ускладнює проведення розрахунків ризиків виконання ТО і, відповідно, управління якістю робіт авіаційних спеціалістів при ТО АТ.

Поєднавши зв'язку обслуговуючий персонал - повітряне судно через технологічні процеси можна більш реально визначити вплив обслуговуючого персоналу на якість ТО (рис.1.14).

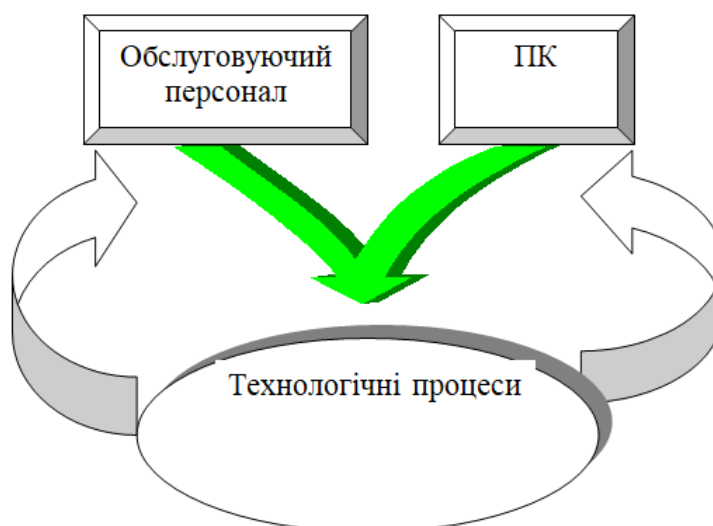


Рис.1.14 Взаємозв'язок процесів ергатичній системі

Цільове ергономічне забезпечення покликане організувати працю обслуговуючого авіаційного персоналу з метою пошуку оптимальних способів використання людських можливостей стосовно АТ. Метою даних досліджень і є забезпечення якості робіт авіаційних фахівців при ТО для підвищення ефективності заходів, спрямованих на збереження льотної придатності ПК в експлуатації.

У кваліфікаційній роботі поставлені такі завдання: аналіз чинників, що впливають на якість роботи авіаційних фахівців при виконанні ТО АТ; побудова моделей типових робіт, що виконуються технічним персоналом при ТО ПК, вибір і розробка методів оцінки показників якості; моделювання та оцінка показників якості технологічних процесів ТО ПК; управління якістю ТО АТ та розробка автоматизованої системи формування добового завдання технічного персоналу з ТО з урахуванням індивідуальних якостей виконавців.

## 2. АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

Кафедра ОАП			НАУ 20. 14.39 200 ПЗ			
Виконав	Собко В.О.		АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА	Літера	Аркуш	Аркушів
Керівник	Шевчук Д.О.				Д 51	68
Консульт.	Шевчук Д.О.			ФТМЛ 275 ОП-201М-з		
Н.Контр.	Дерев'янка Т.А.					
Зав. каф.	Шевчук Д.О.					

## **2.1. Класифікація функцій інженерно-технічного складу**

Однією з головних завдань інженерно-авіаційної служби (ІАС) в ході обслуговування авіатехніки є задача збереження льотної придатності ПК на рівні, відповідно висунутим вимогам. Предметним змістом функцій ІАС ГА є здійснення сукупності заходів з планування, організації і технології проведення робіт по ТО АТ, розрахунку та планування оптимальних комплексів запасних частин, інструменту та засобів контролю, розрахунку необхідного складу і чисельності технічного обслуговуючого персоналу, збору та обробки даних про якість процесів ТО і рішення інших організаційно-технічних задач, що відносяться до технічної експлуатації АТ.

В обслуговуванні авіаційної техніки зайнята велика кількість людей різних спеціальностей і різного рівня кваліфікації. Кожен з них в тому або іншому вигляді підготовки ЗС виконує цілком певний комплекс робіт, передбачений технологічним графіком або графіком контролю виконання робіт. Таким чином, всі фахівці взаємодіють не тільки з авіаційною технікою, а й між собою. Робота авіаційного персоналу має ряд специфічних особливостей, обумовлених великою різноманітністю виконуваних функцій, різновидом парку ПК, використанням різного технологічного устаткування, нерівномірністю надходжень заявок на ТО і ін [22-24].

Наслідком помилок особового складу ІАС є несправності авіаційної техніки, обумовлені неповним і неякісним виконанням регламентів ТО або усуненням виявлених дефектів. Вивчення помилок авіаційного персоналу і розробка конкретних рекомендацій, що сприяють забезпеченню якості технічного обслуговування виробів АТ, є невід'ємною частиною робіт спрямованих на збереження льотної придатності ПК та підтримання необхідної надійності складних авіаційних ергатичних систем [12-14].

Аналіз матеріалів обстеження діяльності інженерно-технічного складу на всіх рівнях дозволяє виділити кілька основних функцій, характерних для ІАС, які включають [12-14]:

- планування роботи інженерно-авіаційної служби;
- організацію робіт на АТ і оперативне управління їх виконанням; - контроль і аналіз виконання планів, оперативних завдань, керівних директив і вказівок;
- забезпечення АТ необхідними запасними частинами і майном;
- забезпечення спорядження і завантаження ПК відповідно до виконуваних завданнями;
- організацію проведення заходів, що забезпечують надійну роботу авіаційної техніки та безпеку польотів.

Аналіз матеріалів обстеження діяльності інженерно-технічного складу на всіх рівнях дозволяє виділити кілька основних функцій, характерних для ІАС, які включають:

- планування роботи інженерно-авіаційної служби;
- організацію робіт на АТ і оперативне управління їх виконанням;
- контроль і аналіз виконання планів, оперативних завдань, керівних директив і вказівок;
- забезпечення АТ необхідними запасними частинами і майном;
- забезпечення спорядження і завантаження ПК відповідно до виконуваних завданнями;
- організацію проведення заходів, що забезпечують надійну роботу авіаційної техніки та безпеку польотів;
- технічних систем дозволяє планувати проведення заходів по їх технічного обслуговування.

Велике коло завдань пов'язаний зі збором, узагальненням і аналізом відомостей про надійність технічних систем, якістю ТО і заходи щодо збереження льотної придатності ПК.

Облік несправностей, виявлених при виконанні контрольних операцій, дозволяє найбільш кардинально вирішити проблему достовірності та об'єктивності збору вихідних даних, використовуваних в аналізах надійності і протоколах якості. Наступну велику групу утворюють завдання диспетчерського типу, що дозволяють створювати технологічні графіки робіт по обслуговуванню і ремонту і контролювати хід їх виконання [14].

Обробка накопичених при їх рішенні результатів дозволяє дати об'єктивний аналіз якості ТО і трудовитрат на виконання різного роду операцій. Пошук оптимальних варіантів технічної експлуатації включає завдання планування підготовки ЗС до польотів і спорядженні ПК відповідно до польотного завдання; організації системи забезпечення запасними частинами; методи оцінки технічного стану об'єктів експлуатації, планування регламентних робіт, які виконуються в організаціях по ТО.

Залежно від ступеня ієрархії і виду виконання робіт складу ІАС може бути розділений на наступні категорії: керівник, організатор, виконавець, контролер, диспетчер [14].

Керівники - це особи, які очолюють різні функціональні служби і підрозділи в організаціях по ТО АТ. Керівник при прийнятті рішень повинен поєднувати свої індивідуальні здібності, форми, прийоми і методи роботи з потребами колективу і об'єктивними тенденціями його розвитку. Форми і методи роботи оператора-керівника залежать від структури підприємства, хоча багато в чому вони є загальними. Керівник повинен всебічно враховувати конкретну складається обстановку, а також групи різних факторів, що характеризують працю колективу. Відсутність стандартних ситуацій вимагає ретельного аналізу обстановки і вироблення індивідуальних рішень [11-13].

Все вище сказане означає, що діяльність керівника не може бути повністю алгоритмізувати, а може бути дуже наближено описана набором евристичних рекомендацій. З огляду на те, що помилки керівника тягнуть за

собою величезні втрати, найбільша складність і відповідальність праці керівника полягає в прийнятті правильного рішення [12-14].

Організатори - це майстри, бригадири, начальники змін, цехів. Організатор - фахівець, зайнятий плануванням робочих завдань і керує комплексом робіт по підготовці ергатичних систем (ЕС) до виконання робочого завдання, в тому числі, приведенням ЕС в організаційне і працездатний стан. Специфічною особливістю діяльності організатора є зміщення акценту на оцінку інформації [9-11].

Організатор має деякий множина альтернатив, вибір однієї з яких обумовлений наявним досвідом роботи. Найбільш важливою рисою організатора є здатність до правильному формуванню рішень з всебічним урахуванням всіх факторів, впливають на якість ТО.

Виконавець - це авіаційний фахівець, що виконує функції по підтримці і відновленню працездатного стану виробів АТ, використовує в якості засобів праці різні технічні пристрої і виконує стандартні дії. Виконавець безпосередньо включений в технологічний процес і керується чітко регламентують дії інструкціями, що містять, як правило, повний набір ситуацій [13-16].

Головною особливістю діяльності виконавця є своєчасна ідентифікація пред'являється набору типових рішень і вибору правильного рішення. Сучасні систем АТ обслуговується колективом виконавців, діяльність яких координується диспетчером [13-16].

Диспетчер, безпосередньо бере участь в технологічному процесі ТО АТ, функціями якого є управління технічними засобами і фахівцями, що забезпечують цей процес і якість його виконання.

Контролер - фахівець, безпосередньо не бере участь в виробничо-технологічному процесі, але стежить за відповідністю продуктів праці встановленим нормативам, в тому числі перевіряючи безвідмовність АТ і безпомилковість виконання проміжних операцій [13-16].

Роль людини в ЕС по виду виконуваних в ній функцій може бути вкрай різноманітною: від однієї (наприклад, тільки планування або тільки підготовка, або тільки виконання) до будь-якої їх сукупності (планування - підготовка - виконання - контроль).

Таким чином, роль авіаційного фахівця в даній ергатичній системі є центральною і повнішим буде аналіз по усього комплексу властивостей людини: мобільності, стійкості, безпомилковості, точності і своєчасності виконання робочого завдання, при цьому слід враховувати вплив зовнішніх факторів, що впливають на якість робіт при ТО.

## **2.2. Синтез моделей і оцінка якості виконання функцій ІТС**

### **2.2.1. Модель процесу діагностування АТ**

Сукупність контрольно-вимірювальних і логічних операцій, з допомогою яких оцінюють технічний стан виробів АТ, визначає основний зміст процесу контролю і діагностування систем і агрегатів ПК.

Процеси контролю технічного стану і діагностування виробів АТ синтезують в собі процеси інформаційного пошуку, сприйняття інформації та прийняття рішення. Як правило, ці процеси призводять людини до діям, спрямованим на локалізацію несправностей і проведення ремонтно-відновлювальних робіт. З великого числа моделей, що описують цей специфічний вид діяльності людини, найбільшого поширення набули моделі, засновані на використанні математичної теорії ігор [5], побудові і аналізі причинно-наслідкових графів [6] або дерев оцінки ситуацій (ДОС) [6].

У реальних же умовах експлуатації процес пошуку несправностей лише частково упорядкований. Реальний процес складається з двох підпроцесів: виходу на певний рівень ДОС і вибору причин відмов на цьому рівні.

Обидва ці підпроцеса є ймовірними, причому чим гірше навчений оператор, тим більше неупорядковані перебір причин і тим менше



ймовірність вибору причин загального характеру, близьких до кореня ДОС. Вихід оператора на певний рівень ДОС виражається стохастичною ланцюгом, в матричній записи яка має вигляд [6]:

$$p_n(t-1) \times \begin{bmatrix} p_{11}(t-1) & \dots & p_{1j}(t-1) & \dots & p_{1n}(t-1) \\ \vdots & & & & \\ p_{i1}(t-1) & \dots & p_{ij}(t-1) & \dots & p_{in}(t-1) \\ \vdots & & & & \\ p_{n1}(t-1) & \dots & p_{nj}(t-1) & \dots & p_{nn}(t-1) \end{bmatrix}$$

$$[p_1(t) \dots p_i(t) \dots p_n(t)] = [p_1(t-1) \dots p_i(t-1) \dots]$$

де:  $p_i(t)$  - ймовірність виходу на рівень  $i$  для дискретного моменту часу  $t$ ;

$p_i(t-1)$  - то ж для моменту  $t-1$ ;

$p_{ij}(t-1)$  - ймовірність переходу з рівня  $i$  на рівень  $j$  для моменту  $t-1$ .

Рівність можна представити у вигляді

$$\bar{P}(t) = \bar{P}(t-1)[Q(t-1)],$$

де  $\bar{P}(t)$  и  $\bar{P}(t-1)$  - вектори ймовірності рівнів для моментів  $t$  и  $t-1$ ;

$[Q(t-1)]$  - нестационарна матриця переходу.

Початковий вектор  $P(0)$  і матриця  $[Q(0)]$  залежать від рівня навчання оператора. Зміна ймовірностей переходу в матриці  $[Q(t-1)]$  відбувається на кожному такті і в загальному випадку залежить від таких факторів, як число переходів з одного рівня на інший, успішність переоцінки інформації на заданому рівні і вплив напруженості оператора.

Вибір вихідної множини засобів контролю, пов'язаних з даними ознакою  $\Theta_k$ , здійснюється на підставі відповідності  $\Theta_k \rightarrow W_k^i$ , де  $W_k^i \in W$ , а  $W$  - множина всіх коштів, пов'язаних з оцінкою даної технологічної ситуації і наявних.

На підставі дискретного розподілу ймовірностей  $p(W_k^i)$  ( $k = 1, 2, \dots, d_i$ ) в вихідному множині  $W_k^i$ , вибирається конкретний прилад. Розподіл  $p(W_k^i)$  висловлює накопичений досвід оператора.

Велику ймовірність вибору мають ті засоби контролю, які найчастіше використовувалися оператором в подібній ситуації. Процес інтерпретації надходить від приладу інформації та її переоцінки реалізується на підставі дискретного апіорного розподілу ймовірностей  $p(\Theta_k^i)$  безперервних умовних розподілів  $p(z_j/\Theta_k^i)$ , де  $z$  - спостережуване показання  $j$ -го приладу. При комплексному спостереженні байєсовські оцінки об'єднуються [13-16]:

$$p\left(\Theta_k^i / Z^0\right) = \frac{\prod_{j=1}^b p\left(\Theta_k^i / z_j^0\right)}{\prod_{j=1}^b p\left(\Theta_k^i / z_j^0\right) + \alpha \prod_{j=1}^b p\left(\bar{\Theta}_k^i / z_j^0\right)},$$

$$\alpha = \frac{p\left(\Theta_k^i\right)^{b-1}}{p\left(\bar{\Theta}_k^i\right)^{b-1}};$$

де  $Z^0 = (z_1^0, z_2^0 \dots z_b^0)$  - вектор спостережень.

За результатами контролю об'єкт експлуатації може бути віднесений до категорії працездатного або непрацездатного (рис.2.1).

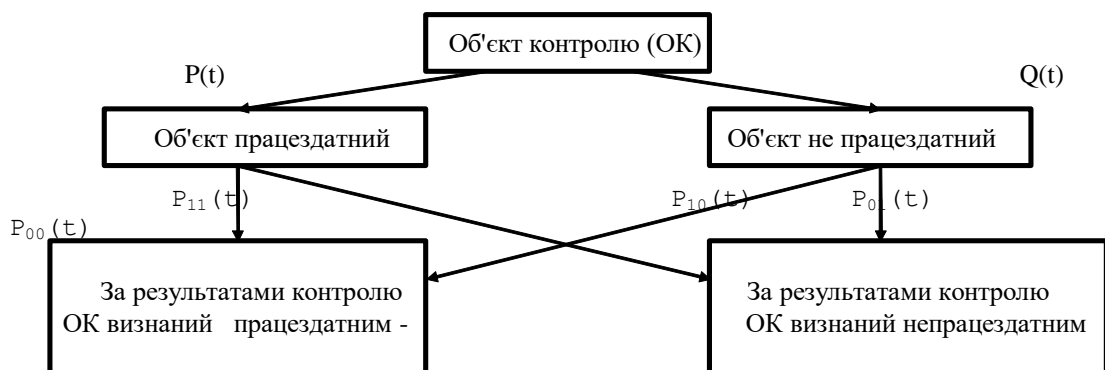


Рис.2.1. Схема обліку контрольних операцій за параметрами якості ТО.

Умовні ймовірності помилок результатів прийняття рішень про стан об'єкта, звані помилковим відмовою  $\alpha(t)$  (помилка I-ого роду) і невиявленим відмовою  $\beta(t)$  (помилка II-ого роду) є функціями часу та є рівними [6]:

$$\alpha(t) = \frac{P_{10}(t)}{P(t)}; \quad \beta(t) = \frac{P_{01}(t)}{1 - P(t)};$$

тоді ймовірності переходу рівні:

$$P_{11}(t) = P(t)[1 - \alpha(t)]$$

$$P_{10}(t) = P(t)\alpha(t)$$

$$P_{01}(t) = [1 - P(t)]\beta(t)$$

$$P_{00}(t) = [1 - P(t)][1 - \beta(t)]$$

Достовірність прийняття за результатами контролю станів працездатності  $P_K(t)$  і непрацездатності  $Q_K(t)$  визначається виразами:

$$P_K(t) = \frac{P(t)[1 - \alpha(t)]}{P(t)[1 - \alpha(t)] + Q(t)\beta(t)};$$

$$Q_K(t) = \frac{Q(t)[1 - \beta(t)]}{Q(t)[1 - \beta(t)] + P(t)\alpha(t)}.$$

Отже, однакові значення достовірності контролю можуть бути отримані як підвищенням надійності виробів АТ ( $P(t)$ ), так і зміною помилок першого і другого роду. Характер зміни достовірності контролю від надійності виробів АТ і параметра  $C_K$  показаний на рис.2.2, [6] де:

$$C_K = \frac{1 - \alpha(t)}{\beta(t)}$$

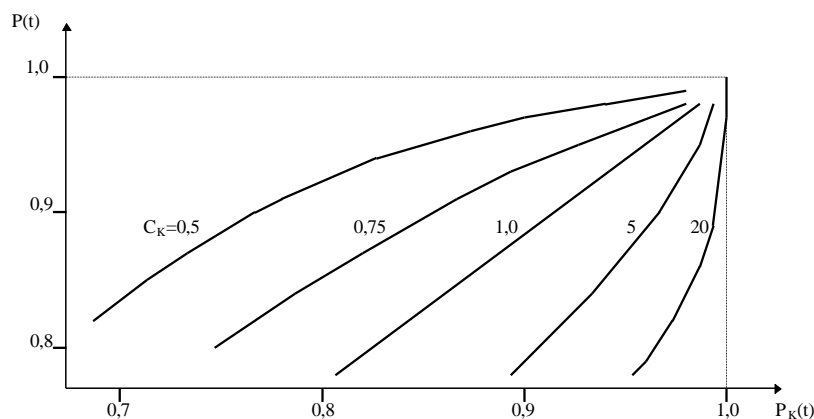


Рис. 2.2. Залежність вірогідності контролю від надійності виробу і параметра  $C_k$ . [6]

Таким чином, якість ТО виробів АТ визначається ефективністю використання засобів контролю і діагностування включаючи повноту контролю та методичну ймовірність виявлення відмов, достовірність контролю і інтенсивність відмов виробів, режим контролю і якість його проведення. Вдосконаленням організації і технології ТО можна забезпечити різні часи перебування виробу в можливих станах, а отже, і різні значення ймовірностей  $P_{00}, P_{10}, P_{01}, P_{11}$  які є показниками якості ТО виробу АТ.

### 2.2.2. Модель організаційних функцій диспетчера

Якість роботи диспетчера залежить від кількості керуючої інформації, переробленої диспетчером, що представляє собою експонентну функцію, що характеризує систему підготовки [5]

$$Q(t) = Q_{\max} (1 - W_0 e^{-t/t_0}),$$

$$W_0 = (Q_{\max} - Q_0) / Q_{\max}; t_0,$$

де  $Q(t)$  - коефіцієнт, що характеризує здатність оператора до навчання;

$Q_0$  - початкове значення показника  $Q(t)$ ;

$W_0$  - вихідна невпорядкованість діяльності оператора.

Для практичних цілей виявляється зручнішою інша форма запису вираження:

$$Q(n) = Q_{\max} (1 - W_0 e^{-n/n_0})$$

де  $n$  - число тренувань;

$n_0$  - число тренувань, що характеризує здатність оператора до навчання.

Заслуговує на увагу отримала хорошу практичну перевірку модель процесів придбання і втрати навичок [6].

У даній моделі в якості показників ступеня досконалості будь-якого досвіду використовують безпомилковість і тривалість виконання дій оператором.

Математично ці показники описуються рівнянням [13-16]

$$K(n) = K_0 f(n),$$
$$\tau(n) = \tau_{\min} + \varphi(n),$$

де  $K(n)$  - число помилок, допущених фахівцем при виконанні заданого обсягу робіт в  $n$ -му циклі тренування;

$K_0$  - число помилок, що допускаються фахівцем при виконанні заданого обсягу робіт до початку тренувань;

$f(n)$  - спадна функція, що характеризує зменшення числа помилок в  $n$ -м циклі в процесі тренування;

$\tau(n)$  - час, що витрачається фахівцем на виконання заданого обсягу робіт в  $n$ -му циклі тренування;

$\tau_{\min}$  - мінімальний час, що витрачається фахівцем на виконання заданого обсягу робіт;

$\varphi(n)$  - спадна функція, що характеризує зменшення тривалості виконання заданого обсягу робіт в процесі тренування.

Сформовані навички не залишаються постійними. Тривалі перерви в роботі призводять до їх втрати, в першу чергу сенсорних навичок, які менш стійкі, ніж рухові. Зміна рівня навчання  $J$  при проведенні тренаж протягом

часу  $dt$  пропорційно різниці між граничним і досягнутим значеннями рівня навчання

$$\frac{dJ}{dt} = c(J_{\text{пр}} - J)$$

де  $J_{\text{пр}}$  - граничне значення рівня навченості;

$c$  - коефіцієнт пропорційності, що відображає методику навчання.

Рішення даного рівняння при  $t = 0$ .  $J = J_0$  має вигляд

$$J(t) = J_0 \exp(-ct) + [1 - \exp(-ct)]J_{\text{пр}},$$

$$J(t) = J_0 q^t + (1 - q^t)J_{\text{пр}}$$

де  $J_0$  - початкове значення рівня навченості;

$q = \exp(-c)$  - показник ефективності навчання.

Як впливає з малюнка (рис. 2.3), перерви в роботі призводять до зниження рівня навченості, його відновлення відбувається за експоненціальним законом, а час відновлення залежить від тривалості перерви в навчанні [13].

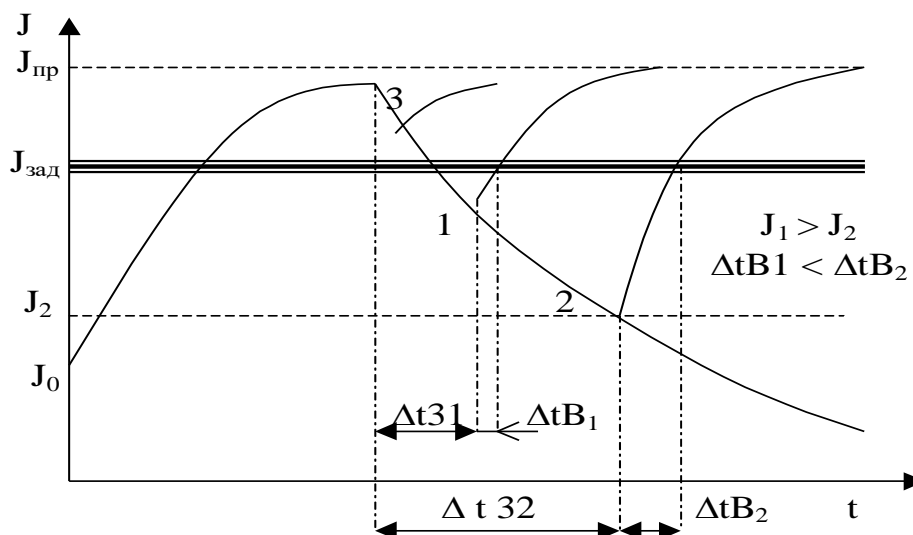


Рис. 2.3 Залежність рівня навченості від часу навчання при наявності перерви в підготовці. [5]

Моделювання процесів придбання і втрати навичок дозволили отримати закони розподілу часу  $t_0$  і  $t_y$  досягнення мінімально допустимого

рівня навченості в процесі придбання та втрати навички відповідно і часу  $t_{max0}$  досягнення максимального рівня навченості.

Аналіз отриманих результатів показав, що величини  $t_0$ ,  $t_y$ ,  $t_{max0}$  підпорядкованих  $\alpha$ -розподілу і можуть бути описані наступними рівняннями [11]:

$$f(t_0) = \frac{37,6}{t_0^2} e^{-0,5(94/t_0 - 5,87)^2}; \quad \chi^2 = 9,98 \quad \text{и} \quad p = 0,27;$$

$$f(t_y) = \frac{23,6}{(t_y)^2} e^{-0,5(59/t_y - 4,51)^2}; \quad \chi^2 = 9,87 \quad \text{и} \quad p = 0,19;$$

$$f(t_{max0}) = \frac{138}{t_{max0}^2} e^{-0,5(348/t_{max0} - 6,36)^2}; \quad \chi^2 = 6,89 \quad \text{и} \quad p = 0,44$$

Розглянута математична модель процесів придбання і втрати навичок може бути використана як основа для прогнозування якості роботи диспетчера.

### 2.2.3. Оцінка якості діяльності виконавця

Будь-яка діяльність людини в системі людина-техніка (ЧТ) може бути зведена до чотирьох послідовно реалізованим етапам [6]:

- I - пошуку, сприйняття і декодування інформації;
- II - оцінці інформації та виділення сукупності інформативних ознак;
- III - формування концептуальної моделі діяльності і прийняття рішення;
- IV - практичної реалізації прийнятого рішення.

Для людини, що реалізує функції виконавця, що забезпечує технічне обслуговування повітряних суден, перший етап діяльності зводиться до оцінки інформації, що характеризує технічний стан контрольованої системи і знімається з вихідних пристроїв контрольно-перевірочного устаткування, т. е. до оцінки сукупності значень функцій працездатності по кожному з

і визначальних параметрів ( $i = 1, 2, \dots, k$ ) шляхом перевірки здійсненності логічних залежностей

$$B(t_{np}) = \{B_1(t_{np}) \wedge \dots \wedge B_k(t_{np})\};$$

$$B(t_{np}) = \begin{cases} 1 & \text{при } \delta_i \leq \delta_{i\text{дон}}; \\ 0 & \text{при } \delta_i > \delta_{i\text{дон}}. \end{cases}$$

При цьому вважається, що система працездатна в момент  $t_{np}$  перевірки, якщо кон'юнкція функцій працездатності  $B_i(t_{np})$  за всіма  $k$  визначальним параметрам дорівнює одиниці, і не працездатна, якщо  $B(t_{np}) = 0$ .

На цьому етапі роль людини зводиться до констатації фактів «система працездатна» або «система втратила працездатність». Другий етап в діяльності виконавця реалізується лише при появі другої альтернативи першого етапу, при якій мала місце констатація факту «Система втратила працездатність», тобто при  $B(t_{np}) = 0$ .

При такій альтернативі роль людини зводиться або до аналізу додаткової інформації, одержуваної від вивідних пристроїв контрольно-перевірочного обладнання та дозволяє встановити причини і місце втрати працездатності перевіряється системи [16].

Залежно від прийнятої глибини контролю стратегії пошуку здійснюється по набору перехідних ймовірностей  $\{P_{\pi_i}(X_{i+1}/X_i)\}$  що залежать від перевірок  $\pi_i \in \pi$ , де  $P_{\pi_i}(X_{i+1}/x_i)$  - ймовірність виявлення факту переходу перевіряється системи зі стану  $X_i$  в  $x_{i+1}$  при використанні вирішальною функції  $\pi_i$  входить в сукупність відомих перевірок  $\pi$ .

При наявності АСК, фахівцем реалізується сукупність операцій.

$$\{x_{ак}^1 \equiv (x_{ак}^1)_{дон}; x_{ак}^2 \equiv (x_{ак}^1)_{дон}; \dots x_{ак}^m \equiv (x_{ак}^m)_{дон}\}$$

тобто здійснюється встановлення тотожності фактичних значень параметрів  $(x_{ак}^j)$ , що характеризують працездатність автоматизованих засобів контролю і діагностики, відповідним їх допустимих значень  $(x_{ак}^j)$ .



У загальному випадку завдання II етапу вирішуються людиною евристичний [6] впевній послідовності:

- в порядку надходження інформації здійснюється її збір, аналітично представляється залежністю

$$V_{y_1, \dots, y_{k-1}}(k) = \frac{1}{t_k} \sum_{y_k} P_{y_1, \dots, y_{k-1}}(y_k) \left[ \sum_{\mu} \{P_{y_1, \dots, y_k}(\mu)\} \log_2 \{P_{y_1, \dots, y_k}(\mu)\} - \sum_{\mu} \{P_{y_1, \dots, y_{k-1}}(\mu)\} \log_2 \{P_{y_1, \dots, y_{k-1}}(\mu)\} \right]$$

інформація накопичується і впорядковується відповідно до прикладу

$$\{P_{y_1, \dots, y_k}(\mu)\} = \frac{\{P_{y_1, \dots, y_{k-1}}(\mu)\} P_{\mu, y_1, \dots, y_{k-1}}(y_k)}{\sum_{\mu} \{P_{y_1, \dots, y_{k-1}}(\mu)\} P_{\mu, y_1, \dots, y_{k-1}}(y_k)}$$

на підставі отриманої інформації робиться висновок про місце чи причини несправності

$$\{P_{y_1, \dots, y_k}(\mu = \mu^*)\} \geq 1 - \Delta$$

де  $\mu^{\mu}$ - умовний індекс причини або місця несправності;

$k$  -  $k$ -й по порядку сприйняття образ-носій діагностичної інформації, наприклад, рішення тестового завдання, електричний, акустичний, гідравлічний і інші сигнали;

$y_k$  - результат співвіднесення  $k$ -го носія інформації з еталоном ( $y_k = 0$  - носій збігається з еталоном,  $y_k = 1$  протилежний результат);

$t_k$  - час отримання фахівцем, які реалізують процедуру діагностики,  $k$ -го носія інформації;

$V_{y_1, \dots, y_{k-1}}(k)$ , - обсяг діагностичної інформації, яка збирається фахівцем з  $k$  сприймаються послідовно носіїв;

$\{P_{y_1, \dots, y_k}(\mu)\}$  - розподіл ймовірностей можливих діагнозів після сприйняття фахівцем  $k$  носіїв інформації;

$P_{\mu, y_1, \dots, y_{k-1}}(y_k)$  - ймовірність того, що фахівець, який проводить діагноз, безпомилково витягне інформацію з  $k$ -го носія про місце або причини несправності, що має умовний індекс  $\mu$ ;

$\Delta$  - міра ризику фахівця у виборі діагнозу  $\mu^*$  при нестачі інформації.

На III етапі виконавець формулює завдання на ремонт втратила працездатність системи, визначає порядок її відновлення, зіставляє час, необхідний для ремонту, з часом, який він має, визначає необхідний склад витратних матеріалів, запасних елементів, інструменту, пристосувань і приладів. В даному випадку завдання прийняття рішень фахівець змушений вирішувати як завдання багатопараметричної оптимізації, яка зводиться до вибору  $j$ -ї стратегії технічного обслуговування у вигляді послідовності ремонтних операцій, при якій функціонал [9]

$$f_j = f(T_{np}, T_u, t_{проф}, t_{расп}, n_3, m_v) \rightarrow extr$$

де  $T_{np}$  - момент початку (ремонту);

$T_u$  - час відновлення втратила працездатність системи;

$t_{проф}$  - час ремонту;

$t_{расп}$  - располагаемий час можливого відновлення відмовили систем;

$n_3$  - потрібне для відновлення число запасних елементів;

$m_v$  - склад витратних матеріалів, інструменту, пристосувань і контрольно-вимірювальної апаратури для  $v$ -го комплекту, що підлягає відновленню обладнання.

Діяльність виконавця на IV етапі зводиться до підготовки засобів ремонту (інструменту, пристосувань, приладів), до реалізації плану ТО, сформованого в процесі прийняття рішення, і до наступної перевірки працездатності відновленої системи.

При цьому якщо причина втрати працездатності перевіряється системи була встановлена правильно і правильно був реалізований план ТО, то заключна перевірка на даному етапі покаже, що система працездатна.

Якщо ж в результаті такої перевірки буде встановлено, що піддавалася профілактиці або ремонту система непрацездатна, то виконавець повинен знову повернутися до I етапу своєї діяльності і повторити заново всі інші її етапи, т. е. на IV етапі функції фахівця зводяться до виконання умови,  $f_j \Leftrightarrow B(t_{np}) = 1$  згідно з яким  $j$ -я стратегія технічного обслуговування вважається

реалізованої тоді, коли після виконання передбачених нею допоміжних і ремонтних операцій функція працездатності системи  $B(t_{np})$  виявиться рівною одиниці.

Зазначене обставина дозволяє зробити висновок про те, що при моделюванні діяльності людини-виконавця доцільно здійснювати за критерієм, який враховував би не тільки складність ремонтних операцій і сумарний час відновлення втратила працездатність системи, але і число переходів від IV етапу до I, так як в цілому воно при заданій ремонтпридатності об'єкта характеризує якість виконання профілактичних і ремонтних робіт.

Оцінка якості діяльності виконавця може бути здійснена в Відповідно до виразом

$$\Theta = \frac{K_{y.p} K_p \xi}{T_{\Sigma} (1 + N_{IV \rightarrow I})}; \quad \Theta = 0 \div 1,$$

де  $K_{y.p}$  - коефіцієнт зручності роботи ( $0 < K_{y.p} \leq 1$ ), який визначається відношенням середніх трудовитрат на виконання фахівцем заданого комплексу моторних і логічних операцій в зручній робочій позі до середніх трудовитрат, мали місце при виконанні цього ж комплексу операцій на реальному об'єкті ремонту;

$K_p$  - коефіцієнт раціональності технологічного процесу;

$T_{\Sigma}$  - сумарний час відновлення (профілактики) втратила працездатність або знаходиться на профілактиці системи;  $\varepsilon$

$\xi$  - коефіцієнт приведення числових значень  $K_{y.p} K_p$  до порядку значень  $T_{\Sigma}$ ;

$N_{IV \rightarrow I}$  - число переходів від IV етапу до I і повторення в подальшому всіх інших етапів.

При аналізі процесу виконання людиною своїх функцій в системі СБ одним з показників якості діяльності є число безпомилково виконаних операцій.

При накладенні обмежень на час виконання людиною операцій показник своєчасності набуває надійнісний сенс. Надійність діяльності людини визначається надійністю організму людини і надійністю виконання людиною функцій по ТО.

Тому надійність діяльності людини зазвичай представляють у вигляді структурної і функціональної надійності. Під структурної надійністю розуміють властивість людини зберігати працездатність протягом заданого часу в певних умов. Функціональна надійність визначається, як властивість людини виконувати покладені на функції відповідно до заданих вимог в Протягом того ж часу і в тих же умовах.

Ця надійність для інженерної практики має особливе значення, оскільки вона дає можливість оцінити якість діяльності людини в конкретних умовах. [6] Показниками функціональної надійності є ймовірність безшлібочного ( $\beta_1$ ) і помилкового ( $\beta^o = 1 - \beta^l$ ) виконання операції, а показниками функціонально-часової надійності - ймовірність своєчасного виконання операції, т. е. виконання її за час  $t$ , що не перевищує гранично допустимий час  $\tau$ .  $\Theta^l(\tau) = P\{t \leq \tau\}$ , і ймовірність несвоечасного виконання операцій  $\Theta^o(\tau) = [1 - \Theta^l(\tau)]$ . В якості закону розподілу випадкової величини - часу, затра- Чіва на виконання одиниці діяльності, може бути прийнято гамма розподіл [6], щільність розподілу якого має вигляд

$$: f(t) = \begin{cases} 0 & \text{при } t < 0 \\ \frac{\beta^\alpha}{\Gamma(\alpha)} t^{\alpha-1} e^{-\beta t} & \text{при } t > 0 \end{cases}$$

Параметри розподілу виражаються через моменти:

$$\alpha = \frac{M^2(T)}{D(T)}; \quad \beta = \frac{M(T)}{D(T)}$$

де  $\alpha$  - параметр, що визначає форму розподілу;

$\beta$  - масштабний параметр.

Таким чином, для визначення показників функціональної надійності необхідно знати математичне сподівання і дисперсію часу виконання одиниці

діяльності. Кількісні показники надійності людини на функціональному рівні можуть бути отримані на підставі аналізу структури його діяльності. Структуру діяльності фахівця передбачається ставити у вигляді сукупності типових блоків, для яких в роботі визначені аналітичні вираження оцінки якості їх виконання.

### **2.3. Аналіз факторів, що впливають на якість ТО АТ**

В процесі експлуатації авіатехніки, яка має досить високу надійність, протягом тривалого часу не виникає необхідність втручання обслуговуючого персоналу в роботу технічних пристроїв.

Разом з тим фахівець не повинен пропустити ту чи іншу несправність, відмова. Виникає своєрідна ситуація, що вимагає одноманітного, тривалого, але ретельного спостереження за станом технічних пристроїв і перевірки їх робочих характеристик.

У подібних ситуаціях у виконавця може наступити стан, близький до стомлення, в результаті чого він може не помітити виник відмови або появи дефекту. У діяльності людини, обслуговуючого авіатехніку, можливі вкрай складні, екстремальні умови, викликані, наприклад, гострим дефіцитом часу. На різні категорії персоналу, в залежності від стану їх нервової системи, ці умови можуть по-різному впливати, іноді не сприяють ефективному виконанню завдання [13-16].

Зайве емоційне напруження може бути також викликано перешкодами, джерела яких лежать в самій діяльності технічного складу. Такими джерелами перешкод є: одночасна робота декількох фахівців на одному робочому місці, короткочасне відволікання на виконання операцій інших фахівців, що працює апаратура і ін. Найбільш небезпечними перешкодами є короткочасні відволікання від виконання своєї безпосередньої роботи. При досить високому темпі роботи подібна ситуація призводить до сильних

нервових напруг, що може стати причиною неправильного дії - внесення помилки [19].

Серед основних причин помилок людини можна виділити такі, як [6]:

- незадовільна підготовка або низька кваліфікація обслуговуючого персоналу;
- проходження обслуговуючого персоналу незадовільним процедурам ТО або експлуатації;
- погані умови роботи, пов'язані, наприклад, з поганою доступністю до обладнання, тісністю робочого приміщення або надмірно високою (низькою) температурою;
- незадовільний оснащення необхідною апаратурою та інструментами;
- недостатнє стимулювання фахівців з ТО, що не дозволяє досягти оптимального рівня якості їх роботи та ін.

Низький рівень інтересу до роботи і морального стану може проявлятися у випадках неправильного розподілу функцій в ергатичній системі обслуговування, а саме:

- коли від низько кваліфікованого виконавця потреба у технічному обслуговуванні обладнання високої кваліфікації; коли від висококваліфікованого персоналу фахівця потреба у технічному обслуговуванні обладнання низької кваліфікації.

В обох випадках збільшується число помилок, час простою обладнання, частота застосування запасних частин, а також зменшується рівень готовності обладнання до обслуговування і його працездатність. За характером виконуваних фахівцем функцій ергатичних системи обслуговування поділяються на пошукові та відновлюють [6].

Пошукова ергатичній система, як правило, виникає при відмові функціонуючої ЕС, коли потрібне втручання оператора для визначення причин і місця відмови в системі, коли оператор в тій чи іншій мірі включений в роботу з пошуку несправностей.

Критерієм оптимізації його діяльності в даному випадку є мінімум часу пошуку причини відмови.

Відновлювальний система (рис.2.4) починає функціонувати після визначення причин відмови діагностується системи, в момент початку дій оператора по її відновленню. У відновлювальній системі головне завдання функції людини - відновити систему, для чого він виконує ряд приватних задач: демонтаж відмовив блоку, вузла, агрегату, вибір справного і монтаж його в відмовила систему. При цьому технік повинен оцінити його справність блоку, тобто налаштувати, перевірити й випробувати її. Внесені помилки: як правило, це помилки, для яких важко встановити причину їх виникнення, тобто визначити, чи виникли вони з вини людини або ж пов'язані з обладнанням [16].



Рис. 2.4. Схема дій оператора в відновлювальній ергатичній системі

При аналізі безпеки польотів порівнюються фактичний наліт з нальотом Пк, який слід було виконувати, виходячи з укомплектованості служби ТО [8].

Наліт перевищує розрахунковий, виходячи з чисельності служби ТО, розглядається як наліт в умовах загрози безпеки польотів (рис. 2.5). За даними [9] рівень підготовки технічного складу відстає від рівня розвитку авіації, що є причиною значної кількості помилок при виконанні ТО.

Так, число помилково демонтованих агрегатів досягає 42%, при цьому витрачається до 32% робочого часу авіаційних фахівців.



Рис.2.5 Графічне визначення зон підвищеної небезпеки польотів через не укомплектованості служби ТО:

- 1 - фактичний наліт парку ПК;
- 2 - планований наліт, виходячи з укомплектованості служби ТО.

Для забезпечення високої якості ТО у роботі визначено основні групи чинників, що впливають на якість ТО (рис. 2.6):

- а) надійність роботи інженерно-технічного складу;
- б) організації технічного обслуговування ПК;
- в) властивостей ПК;
- г) технологічні процеси ТО;
- д) умови праці інженерно-технічного складу.



На основі інформації про помилки ІАС, яка визначалася з актів розслідування, карток обліку несправностей, записів засобів об'єктивного контролю, інших документів, що містять відомості про причини виникнення відмов АТ, що призвели до авіаційних пригод або інцидентів, у роботі проведено аналіз і представлені розподілу помилок технічного персоналу в залежно від досліджуваних факторів (рис. 2.7-2.12). [7]

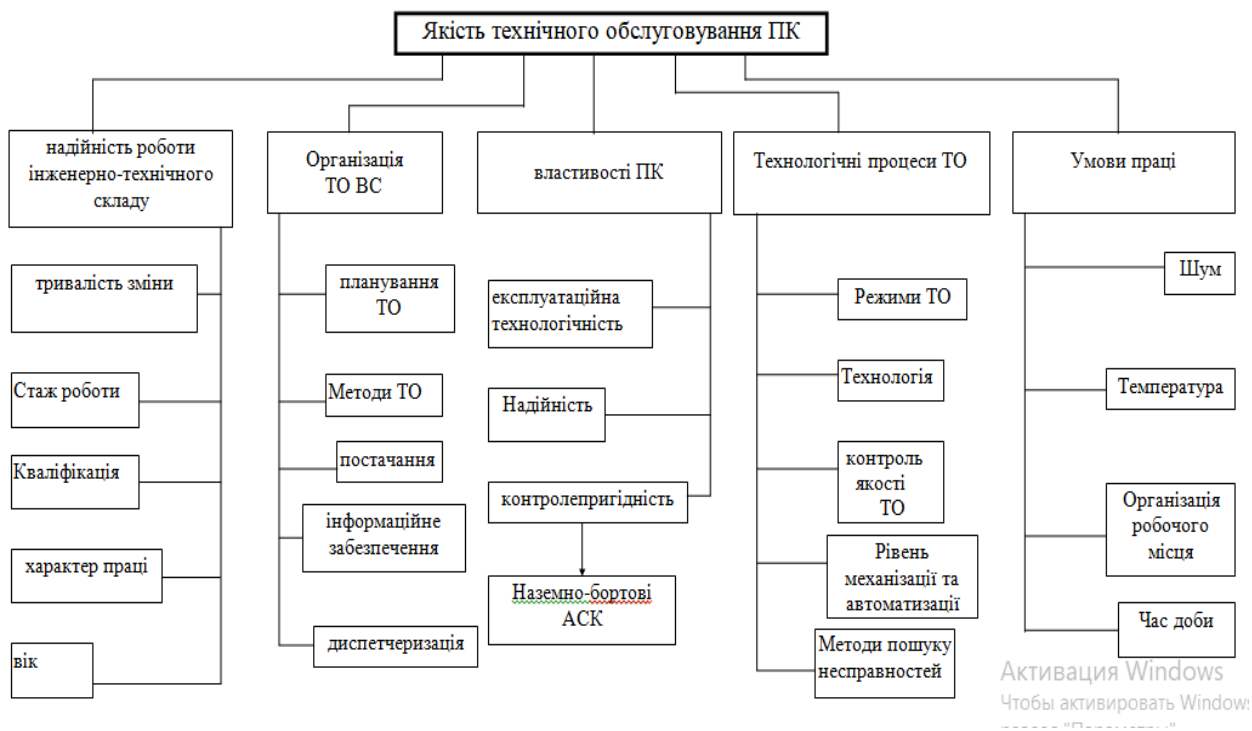


Рис.2.6 Основні напрямки підвищення якості ТО

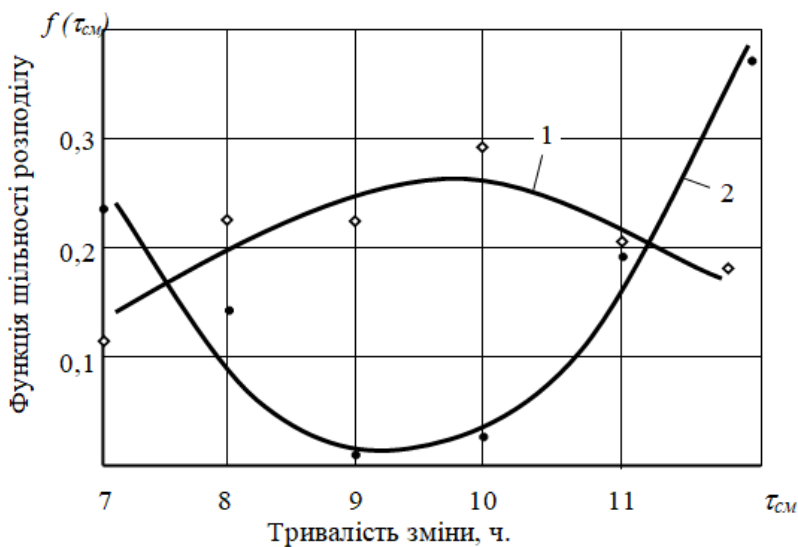


Рис. 2.7 Розподіл помилок ІТС в залежності від тривалості зміни:

- 1 – оперативні форми ТО;
- 2 – трудомісткі форми ТО.

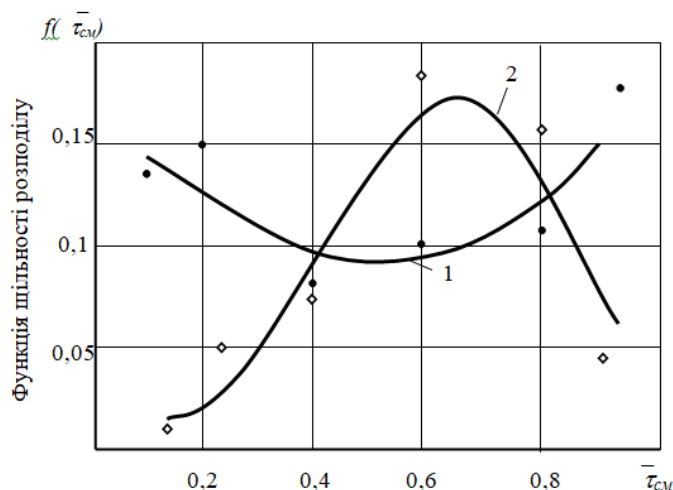


Рис. 2.8 Розподіл помилок ІТС за відносним часом роботи в зміні:

- 1 - оперативні форми ТО;
- 2 – трудомісткі форми ТО.

Дослідження якості ТО з метою виявлення причин і факторів, що призводять до інцидентів з вини ІТС, проведені методами кореляційно-регресійного аналізу на основі матеріалів 169 авіаційних подій дали наступні результати:

1. На оперативних формах ТО розподіл числа помилок в залежності від тривалості зміни щодо стабільно, в зв'язку з чергуванням безперервного виконання роботи з перервами в очікуванні ТО.

Такі перерви дозволяють авіатехнікам зняти психічну напругу і тим самим підтримувати працездатність при збільшенні тривалості зміни (рис.2.7). Так ж слід зазначити, що оперативне час (час безпосереднього виконання операцій з ТО) на оперативних формах ТО становить не більше 40%. На трудомістких формах ТО розподіл помилок виконавців в залежності від тривалості зміни відповідає аналогічним характеристикам отриманих для працівників машинобудівних підприємств з явно вираженими періодами; вработиваємості; і підвищенням числа помилок при збільшенні часу роботи, пов'язаних з втомою людини. [6, 7]

2. Значне зростання числа помилок виконавців при виконанні трудомістких форм ТО (рис.2.8) пов'язано з часом виконання функціонально значущих для працездатності систем ПК робіт.

3. Аналіз розподілу помилок технічного персоналу за віком (рис.2.9) показав, що вікові групи нижче 30 років допускають помилки переважно пов'язані з відсутністю достатніх практичних навичок по ТО АТ. Вікові групи вище 40 років - допускають помилки через недостатні знання нових конструкцій АТ і сучасних вимог по ТО ПК. Ці результати слід враховувати при складанні програм підвищення кваліфікації авіаційних фахівців і формуванні навчальних груп.

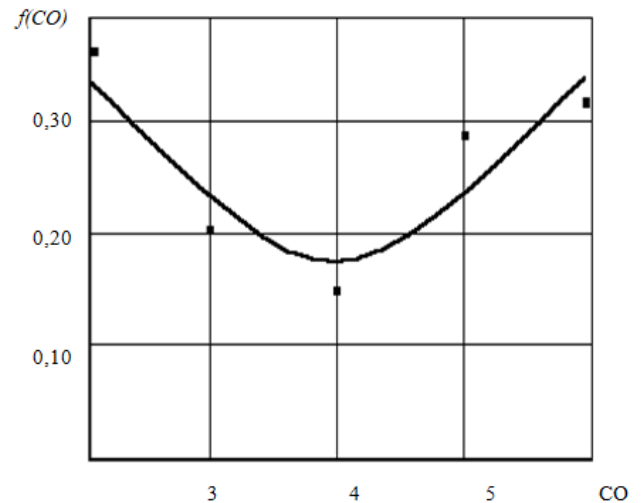
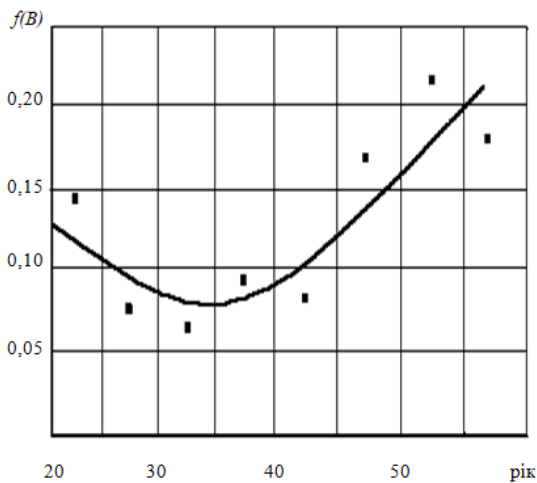


Рис.2.9. Розподіл помилок технічного персоналу за віком

Рис.2.10 Залежність помилок виконавця від складності операції ТО

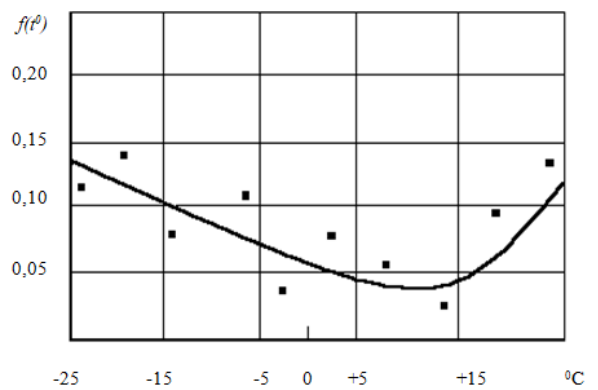
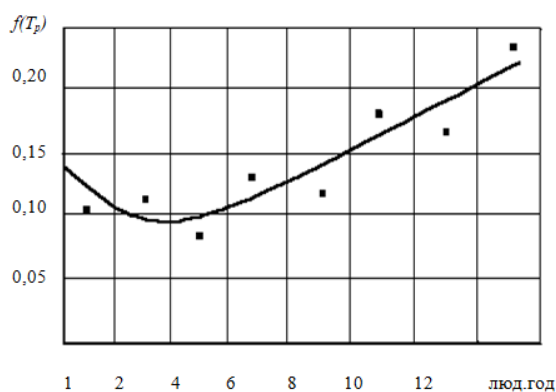


Рис. 2.11 Залежність приведеного числа помилок на один людину-годину від трудомісткості роботи

Рис. 2.12 Зміна помилок технічного персоналу від температури

4. Характер зміни помилок виконавців від складності операцій ТО (Рис.2.10) пояснюється невідповідністю кваліфікації виконавців складності

виконуваних робіт, особливо це проявляється на оперативних формах ТО, коли за зауваженням екіпажу технік намагається їх усунути, не маючи достатніх навичок виконання даних робіт.

5. При виконанні трудомістких робіт (рис.2.11) характерні помилки людини на підготовчо-заключних операцій. Варто зазначити, що 20-25% інцидентів сталися через невиконання таких простих операцій як, незаконтрите з'єднання, не зняті заглушки, не закриті люки або замки капотів, залишений інструмент і т.д.

6. Отримана кількісна залежність помилок виконавців від температури на робочому місці (рис.2.12) показує, що оптимальні температурні умови роботи 5-18 ° С. Вплив даного чинника на якість ТО АТ слід оцінювати з урахуванням адаптаційних властивостей людини, тобто оптимальні значення температури на робочому місці будуть різні для різних регіонів світу.

Фактично контролюється тільки 50-70% операцій з числа, що підлягають обов'язковому контролю ВТК. Крім того, нерівномірне надходження вимог на контроль призводить до неповного і неякісного контролю робіт,; самоусуненню; від контролю, втрат робочого часу виконавців, затримок ПК на ТО. В результаті чого, більше 20% інцидентів сталися через помилок виконавців при виконанні операцій регламенту, які підлягають обов'язковому контролю ВТК.

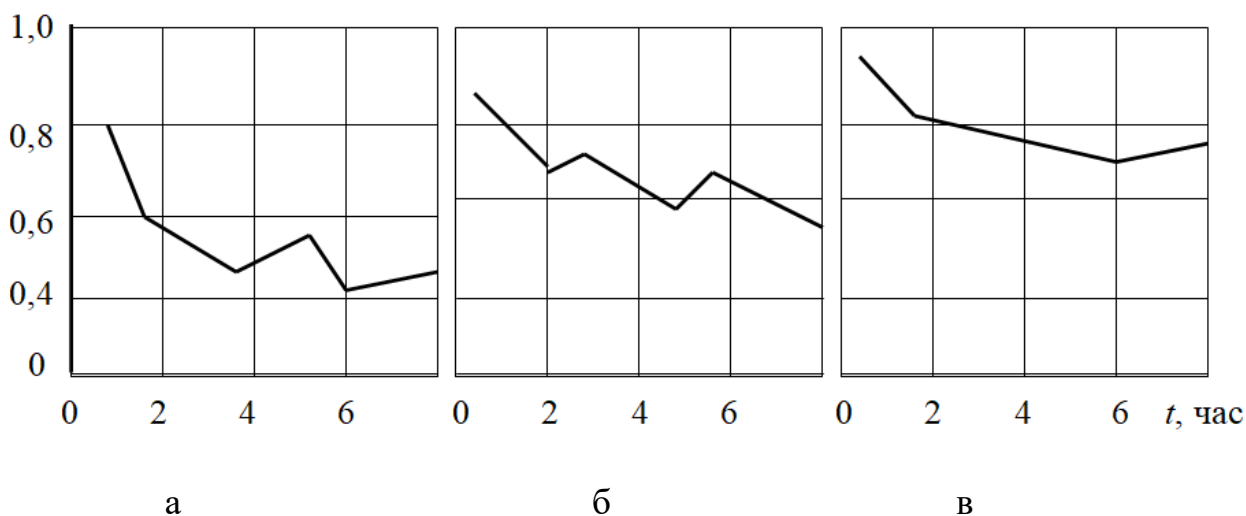


Рис. 2.13 Ефективність роботи виконавця

На рис.2.13 нанесені графіки ефективності роботи виконавців в системі при наявності функціональної перевантаженія без контролю (а), з контролем (б) і в системі без функціонального навантаження і при наявності контролю роботи (в) [7]. З наведеного малюнка видно, що при наявності навіть функціональної перевантаженія ефективність роботи людини підвищується в разі контролю за його роботою.

#### **2.4. Висновки**

1. При формуванні програм ТО необхідно враховувати можливості інженерно-технічного персоналу і передбачати заходи, спрямовані на скорочення числа несприятливих наслідків через помилки обслуговуючого персоналу при ТО ПК.

2. Визначено основні завдання, які вирішуються інженерно-авіаційною службою експлуатанта (організації ТО) і встановлено інформаційне забезпечення цих задач. Залежно від функцій, які виконуються авіаційними фахівцями при ТО виробів АТ, визначено такі категорії обслуговуючого персоналу: керівник, організатор, виконавець, контролер, диспетчер.

3. Синтезовано математичні моделі роботи авіаційних фахівців (диспетчера, контролера, виконавця) та визначені параметри, необхідні для їх побудови.

4. Представлено отримані результати досліджень якості роботи авіаційних фахівців (виконавців) при ТО ПК в залежності від таких факторів, як - тривалість зміни, характер роботи, складність операцій, вік виконавців і ін. і побудовані функції розподілу впливу цих факторів на якість ТО АТ.

### 3. ПРОЕКТНА ЧАСТИНА

Кафедра ОАП				НАУ 19. 01.53 300 ПЗ			
Виконав	Собко В.О.			ПРОЕКТНА ЧАСТИНА	Літера	Аркуш	Аркушів
Керівник	Шевчук Д.О.					Д 121	30
Консульт.	Шевчук Д.О.				ФТМЛ 275 ОП-201М-з		
Н.Контр.	Дерев'янка Т.А.						
Зав. каф.	Шевчук Д.О.						

### **3.1. Розробка методики розрахунку показників якості роботи авіаційних фахівців**

Даний розділ присвячено розробці методики оцінки показників якості роботи авіаційних фахівців при виконанні технологічного процесу ТО АТ. Методика заснована на використанні моделей типових структур робіт і призначена для управління якістю робіт при ТО АТ. Розглянуто питання планування використання робочого часу фахівців на основі автоматизованої системи формування індивідуального плану робіт по ТО ПК.

Ергономічне забезпечення - це сукупність методів і засобів, призначених для формування заданого рівня якості продукту праці шляхом наукового обґрунтування і вибору організаційно-технічних рішень, створюють оптимальні умови для ефективної та якісної діяльності людини. [8]

На стадії експлуатації АТ ергономічне забезпечення складається переважно в постійному контролі й управлінні якістю діяльності авіаційних фахівців, підтримці їх в працездатному психофізіологічному стані, створення умов для постійного підвищення якості роботи, включаючи і автоматизовані системи управління виробництвом.

Комплекс методів, засобів і організаційно-технічних заходів дозволить експлуатанту забезпечити:

- оптимальний контроль і управління якістю діяльності авіаційних фахівців;
- контроль функціонального стану ергатичних елементів і підтримання необхідного рівня їх працездатності;
- безпека праці людини;
- стійку спрямованість фахівців на високоефективну роботу і вдосконалення методів використання її результатів на основі створення системи морально-психологічного та матеріально економічного стимулювання;

- формувати вимоги до рівня професійної підготовки, необхідним для виконання обов'язків в кожній посаді;

- проводити підготовку, сертифікацію та підвищення кваліфікації авіаційних фахівців і ін.

На основі розгорнутої графічної схеми взаємодії авіаційних фахівців по черзі або паралельно виконують свою частину функцій, складається графічна схема роботи у вигляді одного загального алгоритму. Алгоритми складаються для кожного виду ТО і типу ПК у вигляді формалізованої структури з типових функціональних структур (ТФС).

Кількісні значення вихідних характеристик безпомилковості і часу виконання операцій оцінюються на основі результатів експлуатації АТ і протоколів якості. При відсутності експериментальних даних або при освоєнні нових типів АТ використовувати метод експертних оцінок.

Показником своєчасності є ймовірність виконання завдання в Протягом часу  $\tau \leq t_0$ :

$$Q(\tau) = P(\tau \leq t_0) = \int_0^{t_0} f(\tau) d\tau,$$

де  $t_0$  - допустимий час на виконання завдання;

$f(\tau)$  - функція розподілу часу рішення задачі фахівців. У відповідність з рекомендаціями [6, 9] і результатами розділу 2.2.3. в як закон розподілу часу рішення задачі прийнято гамма розподіл, оцінка параметрів якого проводиться за формулами

$$\alpha = \frac{(MT)^2}{DT}; \quad \gamma = \frac{MT}{DT}.$$

Тоді ймовірність безпомилкового і своєчасного виконання ТО дорівнює:

$$\varphi(\beta, \tau) = \pi(\beta)Q(\tau).$$

У разі невідповідності якості робіт по ТО заданим вимогам необхідно шляхом впровадження заходів, що сприяють підвищенню якості робіт



провести перерахунок характеристик якості робіт типових функціональних структур і технологічного процесу ТО в цілому.

При недостатності часу на виконання ТО необхідно враховувати операційну напруженість авіаційних фахівців. Слід зазначити, що при виконанні ТО з операційної напруженістю нетривалий час дефіцит часу впливає на поведінку людини як організуючий фактор.

При цьому мотивація сприяє виконанню істотних елементарних актів в даній операції, що призводить до зменшення періоду її виконання і підвищення ймовірності виконання дій в заданий час.

При тривалій роботі дію напруженості надає дезорганізують вплив, за рахунок чого якість роботи погіршується (зростає ймовірність помилкових дій фахівців).

У зв'язку з цим, слід звернути особливу увагу на контроль якості робіт в цих умовах. Для умов діяльності фахівця з урахуванням операційної напруженості, кількісні значення показників безпомилковості і часу виконання окремих типових структур перераховуються за формулою [9]:

$$\beta_{in} = \beta_i - \frac{(1 - \beta_i)(H - 1)}{\Pi - 1},$$
$$M_n(T) = \frac{M(T)}{H},$$
$$D_n(T) = \frac{D(T)}{H}.$$

де  $\Pi$  - показник напруженості, вибирається в залежності від особистісних якостей фахівця, в межах  $1,9 \div 2,4$  [90],

( $1,9 \div 2,2$  - для; спокійніших; у віці фахівців,

$2,2 \div 2,4$  - для; менш спокійних; більш молодих фахівців);

$H$  - показник операційної напруженості,  $H = \frac{MT'}{\tau_f}$ ;

$MT'$  - час, витрачений на виконання ТО;

$\tau_f$  - фактичний час на виконання ТО.

Для розрахунку показників якості роботи фахівця при виконанні технологічного процесу по ТО АТ розроблений алгоритм (рис.3.1) [8].

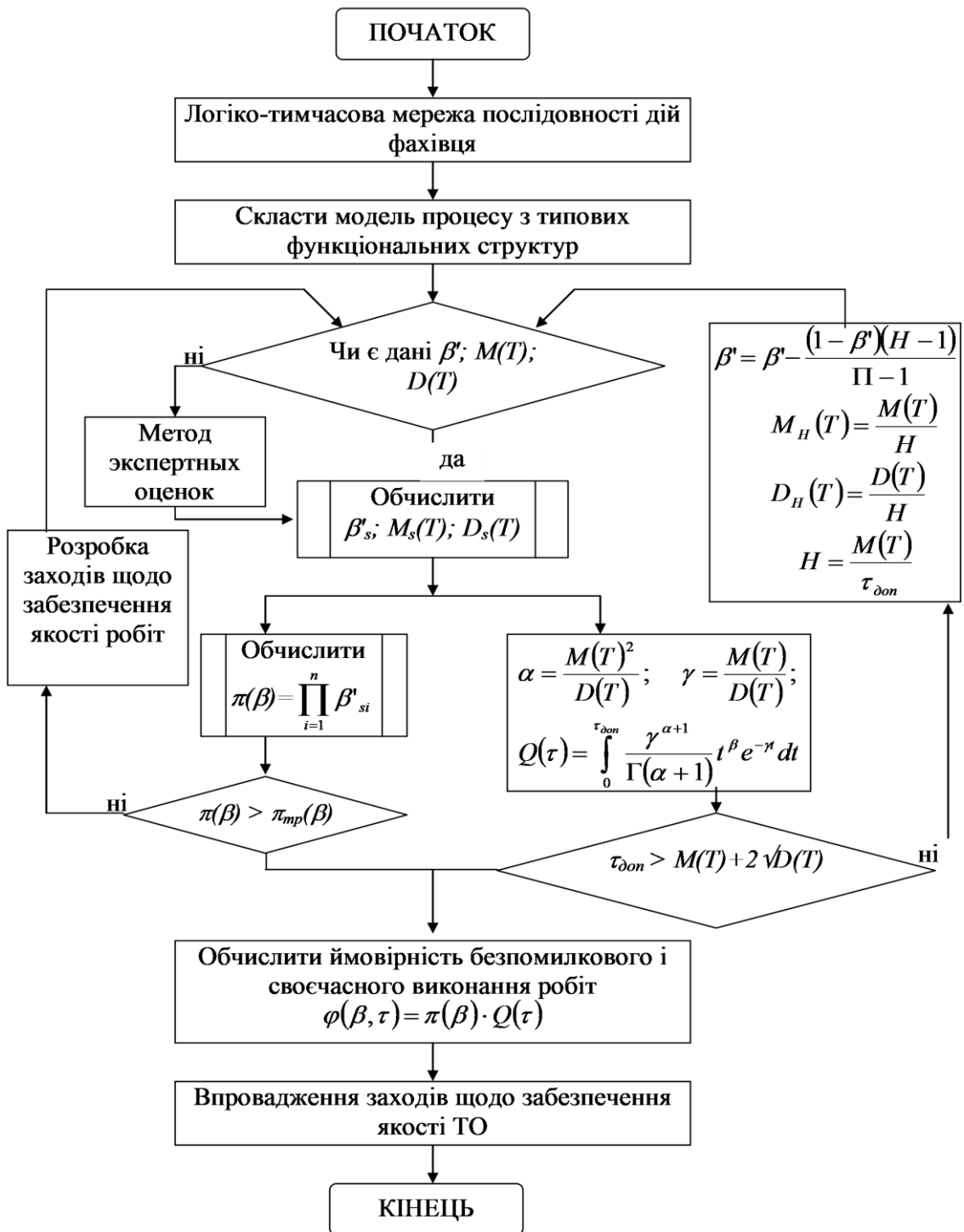


Рис.3.1. Алгоритм розрахунку показників якості роботи фахівця

Проведено розрахунок показників якості роботи виконавця процесу технічного обслуговування по трудомісткого регламенту (форма 2) двигуна Д-36 ПК Ан-140. Кожну силову установку літака Ан-140 обслуговує 1 технік.

Зміст робіт по ТО двигунів Д-36, виконаних по Ф2 з періодичністю  $600 \pm 25$  годин представлено в таблиці 3.1. [9]

Таблиця 3.1

### Зміст робіт по ТО Д-36 на формі Ф2

№	Зміст робіт (Перелік операцій)	Трудомісткість люди / год.
1	2	3
1	Підготовчі роботи	0,25
2	Обслуговування повітряного стартера СВ-36 (зовнішній огляд, заміна масла ТН-210А, промивка повітряного фільтра, огляд турбіни, перевірка працездатності повітряної заслінки)	0,60
3	Обслуговування паливних агрегатів 934 і 935 (зовнішній огляд, промивання фільтра агрегату 934)	0,35
4	Обслуговування приводу генераторів ГП-21 (зовнішній огляд, заміна фільтроелемента, огляд магнітної пробки, заміна масла, огляд теплообмінника)	0,60
5	Огляд гидронасоса (агрегат НП-72), відцентрового суфлера (ЦС-36), воздухоотделителя (ВО-36)	0,12
6	Заміна маслофільтра грубої і тонкої очистки	0,20
7	Обслуговування топлівомаляного агрегату (ТМА) (зовнішній огляд, заміна фільтроелемента, стравити повітряну пробку)	0,25
8	Обслуговування маслобака (зовнішній огляд, заправка маслом)	0,35
9	Заміна масла в двигуні Д-36	0,55
10	Огляд проводки управління двигуна	0,60
11	Огляд вхідного направляючого апарату (ВНА), сопла і турбіни вентилятора	0,75
12	Огляд трубопроводів маслосистеми і системи суфлювання	0,65
13	Обслуговування ТСС-36 і СС-36 (зовнішній огляд, перевірка працездатності)	0,5

1	2	3
14	Огляд трубопроводів паливної системи	0,8
15	Огляд коробки приводів	0,05
16	Огляд силових елементів конструкції двигуна, кріплення двигуна до фюзеляжу, капотів двигуна, кріплення ВНА і проміжного корпусу	1,1
17	Огляд гнучких шлангів гідросистеми	0,05
18	Обслуговування свічки СЕ-7,5 (зовнішній огляд, перевірка працездатності)	0,60
19	Огляд пожежного крана	0,05
20	Обслуговування заслінок противообледенительной системи (ПОС) (зовнішній огляд, перевірка працездатності)	0,60
21	Обслуговування заслінок системи кондиціонування повітря (ВКВ) (зовнішній огляд, перевірка працездатності)	0,55
22	Випробування двигуна (контроль параметрів двигуна на кожному режимі, вібег роторів і ін.)	0,5 (на кожен двигун)
23	Огляд двигуна після випробування (рівень масла в ГП-21, кількість масла в двигуні, огляд агрегатів і трубопроводів на герметичність і ін.)	0,65
24	заключні роботи	0,5
	$\Sigma$	10,50

В процесі виконання ТО Д-36 усуваються відмови і несправності, виявлені при контролі технічного стану елементів виробу, що збільшує тривалість обслуговування. нормативний час обслуговування Д-36 - 11 год 12 хв.

Зміст робіт складається з операцій, не всі з яких контролюються ОТК. У зв'язку з цим роботи по ТО були згруповані за типовими функціональними структурам і проведена оцінка кількісних значень вихідних характеристик (табл.4.2). Для оцінки ймовірності безпомилкової роботи при виконанні операцій ТО використовуємо інтенсивність помилок [6, 9]:

$$\lambda_j = \frac{n_{ош}}{N_j T_j},$$

де  $\lambda_j$  - інтенсивність помилок;

$n_{ош}$  – число допущених помилок при ТО;

$N_j$  – общее число выполненных операций j-го вида;

$T_j$  – среднее время выполнения операции.

При выполнении различных операций вероятность безошибочного их выполнения равна:

$$\beta' = e^{-\sum_{j=1}^r \lambda_j T_j K_j},$$

Де:  $r$  - число різних операцій;

$K_j$  - число операцій j-го виду.

Таблиця 3.2

### Вихідні характеристики робіт по ТО Д-36

№ Дії	Зміст дії	Модель функціональної структури	Трудомісткість, люд. / год	Тимчасові характеристики		Імовірнісні характеристики		
				MT, хв.	DT, хв.	$\beta'$	$K^{11}$	$K^{00}$
1	Підготовчі роботи	-	0,25	15	3	0,995	-	-
2	Зовнішній огляд виробів без контролю	-	3,40	205	20	0,95	-	-
3	Зовнішній огляд виробів з контролем	РК	1,1	66	6	0,986	0,96	0,95
4	Перевірка кількості масла, дозаправка, заміна масла	ПРК	1,35	80	10	0,965	0,90	0,92
5	Перевірка агрегатів і стан елементів	РК	0,65	40	5	0,985	0,96	0,96
6	Заміна елементів	РК	0,50	30	5	0,970	0,95	0,95
7	Очищення, промивка	-	0,35	20	3	0,980	-	-
8	Перевірка функціонування без контролю	-	1,20	72	8	0,985	-	-
9	Перевірка функціонування з контролем	РКД	0,70	42	5	0,975	0,97	0,97
10	Контроль працездатності	ПРК	0,50	30	6	0,98	0,98	0,97
11	Заклучні роботи	-	0,5	30	6	0,98	-	-

При обліку стомлюваності виконавців в процесі ТО необхідно використовувати різні значення  $\lambda_j$  протягом роботи зміни. Облік складності робіт і їх функціональні значущості на безпеку польотів призводить до необхідності оцінки інтенсивності відмов для різних класифікаційних груп робіт. Структурна діяльність фахівця з ТО Д-36 перетворена в найпростішу лінійно-послідовну структуру робіт (рис.3.2.), що складається з типових функціональних елементів.

В результаті розрахунку отримано:

Імовірність безпомилкового виконання робіт	$\pi(\beta)$	0,886
Математичне сподівання часу виконання	$MT$	680 мин
Дисперсія часу виконання робіт	$DT$	224 мин <sup>2</sup>
Імовірність своєчасного закінчення робіт	$Q(t)$	0,41
Імовірність безпомилкового і своєчасного виконання роботи	$\varphi(\beta, \tau)$	0,36

Така низька ймовірність  $\varphi(\beta, \tau)$  викликає необхідність прийняття термінових заходів щодо забезпечення якості даного виду робіт. Слід зазначити, що даний розрахунок проведено без урахування відновлювальних робіт по усуненню відмов і несправностей Д-36.

Фактично середній час технічного обслуговування Д-36 з урахуванням усунення можливих несправностей за даними експлуатаційних спостережень становить 21 год 07 хв., тобто майже в 2 рази перевищує нормативне значення. Крім того, якість ТО знижується при виконанні робіт різними виконавцями і передачі незакінчених робіт (рис.3.2.).

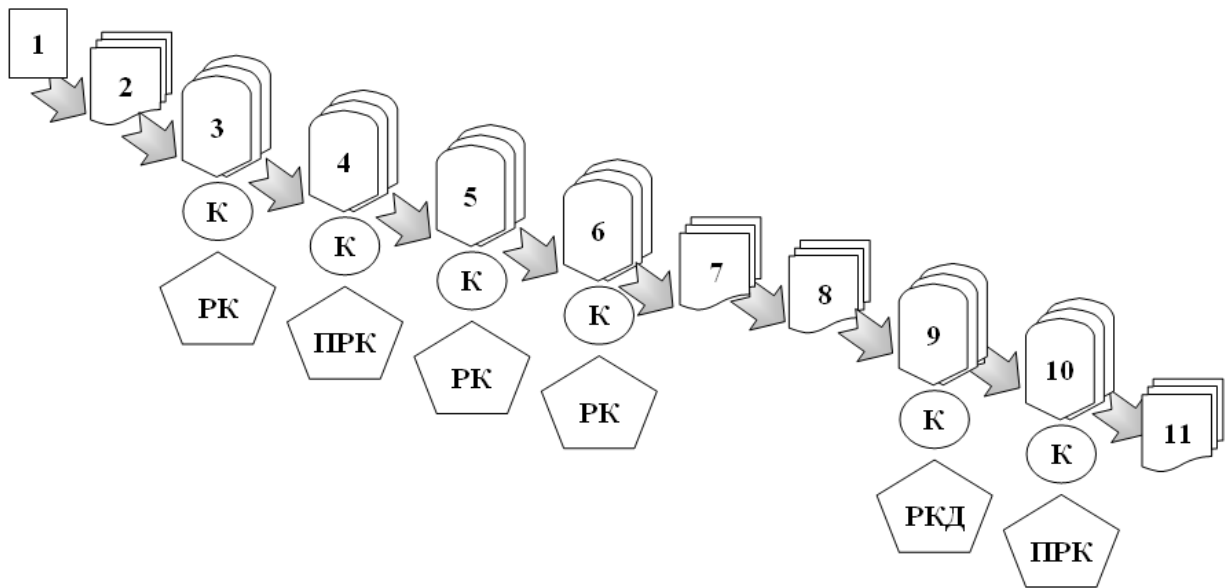


Рис.3.2. Структурна діяльності фахівця з ТО Д-36 при виконанні трудомістких регламентних робіт за формою

### 3.2. Розробка автоматизованої системи формування добового завдання технічного персоналу по ТО ПК

Завдання планування використання робочого часу фахівця зводиться до складання індивідуального плану робіт фахівця на робочий період. На сучасних ЗС технічне обслуговування здійснюється групою фахівців, що виконують роботи по ТО, які реалізуються як комплексний процес використання деякого безлічі фахівців - бригади, що становить частину зміни. Найбільше навантаження лягає на фахівців, які здійснюють спільно з основними функціями управління процесом роботи інших фахівців. При цьому співвідношення між реальними затратами різних фахівців може досягати 2 ... 3 рази. [3, 9].

Завдання оптимізації процесу використання фахівців протягом робочої зміни розділяється на ряд самостійних, але взаємозависящих один від друга блоків (рис.3.3).



Рис. 3.3 Блок-схема програмного комплексу формування індивідуальних завдань технічного персоналу

Інтенсивність надходження заявок на виконання технічного обслуговування за відповідними формами різних типів і модифікацій ПК формується на основі:

- розкладу польотів регулярних рейсів ПК;
- заявок на виконання чартерних рейсів;
- напрацювань ПК на планований період;
- позапланових заявок на проведення ТО або усунення несправностей ПК.

На рис. 3.4 приведена стандартна форма розкладу прильотів – вильотів ПК. Як видно з наведеного прикладу, масив інформації, що надається вимагає додаткової обробки, на основі якої формується ступінчастий графік функції наявного часу перебування ПК на ТО в аеропорту (Рис. 3.5) [7].



Прибуття	Виліт	Тип ПК	Час стоянки	Час початку ТО	Час завершення ТО	Тривалість ТО
1:30	3:10	Ан-140	1:40	2:00	2:40	<b>0:40</b>
2:00	3:20	В-747	1:20	2:25	2:55	<b>0:30</b>
2:15	3:35	Ан-140	1:20	2:40	3:10	<b>0:30</b>
3:10	4:50	Ан-140	1:40	3:40	4:20	<b>0:40</b>
3:35	4:55	Ан-140	1:20	4:00	4:30	<b>0:30</b>
4:40	6:20	Ан-140	1:40	5:10	5:50	<b>0:40</b>
5:10	6:50	Ан-140	1:40	5:40	6:20	<b>0:40</b>
6:05	7:25	Ан-140	1:20	6:30	7:00	<b>0:30</b>
...	...	...	...	...	...	...
...	...	...	...	...	...	...
...	...	...	...	...	...	...
...	...	...	...	...	...	...
21:45	23:25	Ан-140	1:40	22:15	22:55	<b>0:40</b>
22:15	23:25	Ан-140	1:10	22:00	23:05	<b>1:05</b>
22:35	23:55	Ан-140	1:20	23:00	23:30	<b>0:30</b>
23:05	0:45	Ан-140	1:40	23:35	0:15	<b>0:40</b>
23:25	1:05	Ан-140	1:40	23:55	0:35	<b>0:40</b>
23:55	1:15	В-747	1:20	0:20	0:50	<b>0:30</b>

Рис. 3.4. Приклад розкладу руху ПК аеропорту.

План обслуговування ПК формується виходячи з ступінчастої функції наявного часу знаходження ПК в АП, заданих розкладом часів звершення подій - часу початку і закінчення ТО ПК. Аналіз ступінчастої функції надходження заявок на виконання оперативних видів ТО (рис.4.5) показує на необхідність її коригування.

Коригування проводиться шляхом згладжування «піку» ступінчастою функції потоку заявок на ТО за допомогою використання резервів часу або інтенсивності праці, що сприяє скороченню числа потрібних бригад для обслуговування парку ПК.

Якщо розглянути співвідношення площ, між прямокутником, утвореним максимумом ступінчастої функції і площею під ступінчастою функцією, то їх співвідношення дасть коефіцієнт завантаження технічного складу.

$$K_z = S_{стф} / S_{полное}$$

У наводиться прикладі  $K_z = 35\%$ , що говорить про значні резерви вільного часу технічного складу, якщо виконувати планування «по максимальному вимогу».

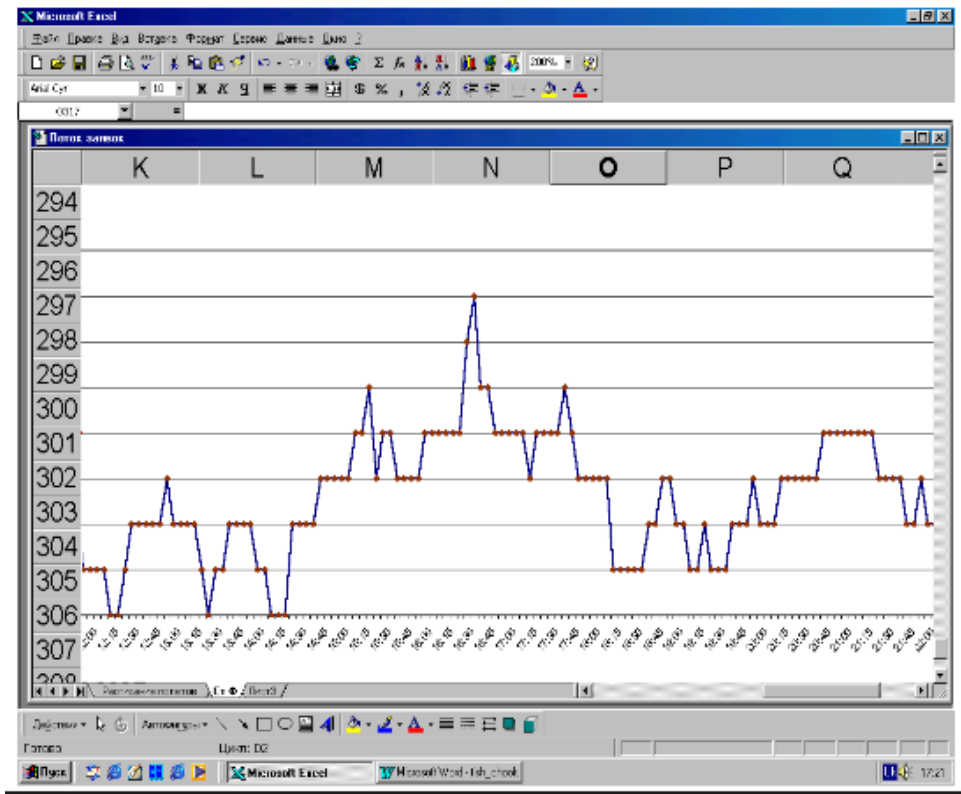


Рис. 3.5. Ступінчаста функція надходження заявок на ТО за оперативними формам.

Аналіз резервів можливостей авіаційного персоналу допускає короткочасне перевантаження в 2,4 рази в порівнянні з оптимальною. [6, 9] Таким чином, використання внутрішніх резервів персоналу дозволяє зменшити кількість бригад, а Кз підвищити до 75 ... 80%. При цьому за рахунок раціонального розподілу часу відпочинку дотримуються умови компенсації за інтенсивний короткочасний працю.

Таким чином, завдання розбита на два взаємопов'язані блоки – блок формування вимог на проведення ТО і блок формування плану технічного обслуговування.

Другий блок є залежно-підлеглим по відношенню до першого блоку, оскільки в першому блоці визначається обсяг ТО і одночасно формується функція потрібного робочого часу фахівця для його проведення. У другому блоці формується план обслуговування потоку заявок, виходячи з розподілу робочого часу авіаційних фахівців (рис.3.6).

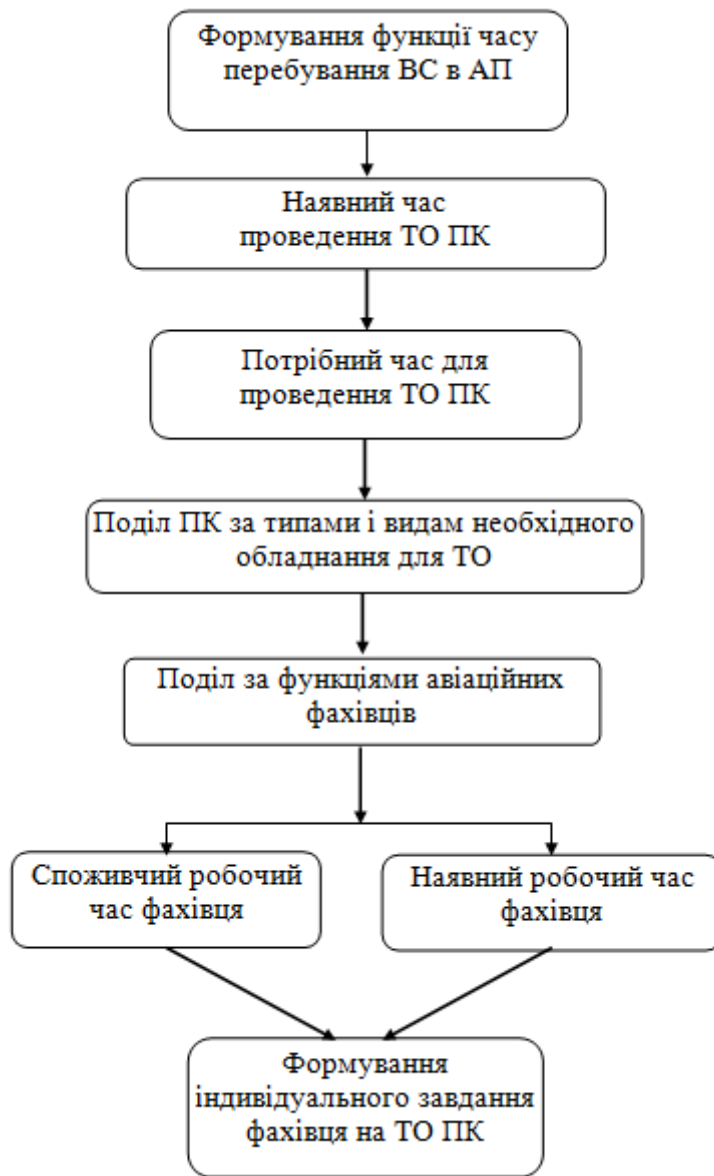


Рис. 3.6 Блок-схема формування індивідуальних завдань фахівців на ТО ПК.

Для вирішення комбінаторної завдання - оптимального розподілу робіт між працівниками технічного персоналу згідно їх фізико психологічними даними, використовується середу мови високого рівня «Delphy», забезпечує зчитування інформації з бази даних про технічний персонал. Формування бази даних про технічний персонал представлено у вигляді форми облікової картки фахівця (рис. 3.7) [4-7].

Картки - облікові форми оформляються у вигляді таблиць в середовищі електронної таблиці "Excel" і збираються в «Книгу» під загальною назвою «персонал». Такий принцип формування бази даних - у вигляді файлів - книг з

листами, віднесеними до окремого фахівцеві, забезпечує легкий доступ до даних.

Специалист				
Фамилия	Иванов			
Имя	Иван			
Отчество	Петрович			
Код	121112222			
Уровень спец. класс	Техник механик 3			
Типы ВС	Ан-140	ФА	ФГ	
Типы ВС	В 745	ФА1	ФБ1	ФБ2
Возраст	22			
	Уровни нагрузки	1,60	3,00	
Продолжительность смены	Оптимальный (+5°C ÷ 15°C)	Повышенный (+5°C ÷ 15°C)	Предельный (+5°C ÷ 15°C)	Предельный (t > 25°C)
1:00	0:50	0:70	1:00	0:80
2:00	0:60	0:90	1:30	1:00
3:00	0:70	1:10	1:60	1:30
4:00	0:75	1:10	1:80	1:60
5:00	0:80	1:10	2:40	2:00
6:00	0:80	1:10	2:40	2:00
7:00	0:80	1:10	2:00	2:00
8:00	0:80	1:10	1:80	1:60
9:00	0:75	0:90	1:60	1:30
10:00	0:70	0:90	1:40	1:00
11:00	0:60	0:70	1:20	1:00
12:00	0:50	0:70	1:00	0:80

Рис. 3.7. Форма облікової картки фахівця.

Оскільки планування використання фахівця передбачає можливість його завантаження з різними рівнями інтенсивності, пропонується кілька можливих рівнів завантаження обслуговуючого персоналу - оптимальний, підвищений, граничний - для можливих їх варіацій. Дані графіка відображають рекомендоване завантаження фахівця в Відповідно до його психофізичними характеристиками.

Графіки можливої завантаження фахівця представлені на рис. 3.8.

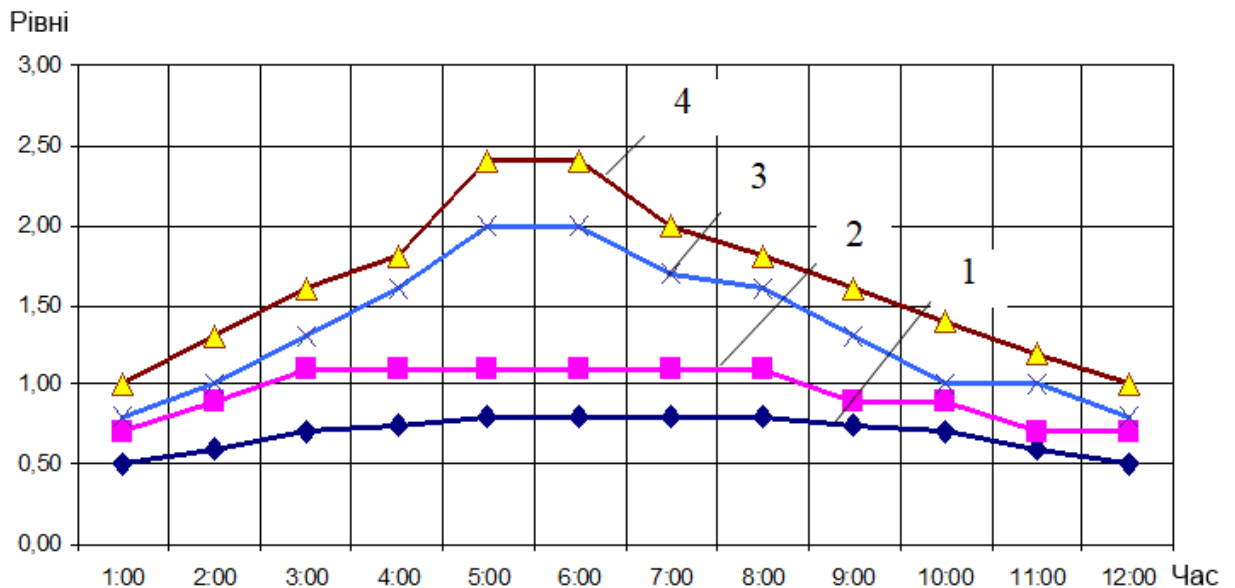


Рис. 3.8. Графіки рівнів завантаження фахівця по годинах роботи в зміні:

- 1 - оптимальний ( $t = +5 \dots 15^{\circ} \text{C}$ );
- 2 - підвищений ( $t = +5 \dots 15^{\circ} \text{C}$ );
- 3 - граничний ( $t = +5 \dots 15^{\circ} \text{C}$ );
- 4 - граничний ( $t > +25^{\circ} \text{C}$ ).

Зі збільшенням віку і підвищенням кваліфікації фахівця відбувається «згладжування» кривої можливих перевантажень, що в основному пов'язано з накопиченням досвіду роботи в позаштатних ситуаціях, придбанням психологічної стійкості до стресів. [9]

Маючи в своєму розпорядженні інформацією про рекомендовану завантаженні кожного окремо члена бригади, можна зробити розрахунок сумарної продуктивності бригади в перебігу зміни і встановити межі можливих сумарних навантажень. Для реалізації розроблюваного підходу формування індивідуальних робочих планів запропонована наступна схема інформаційних потоків автоматизованої системи (рис. 3.9):

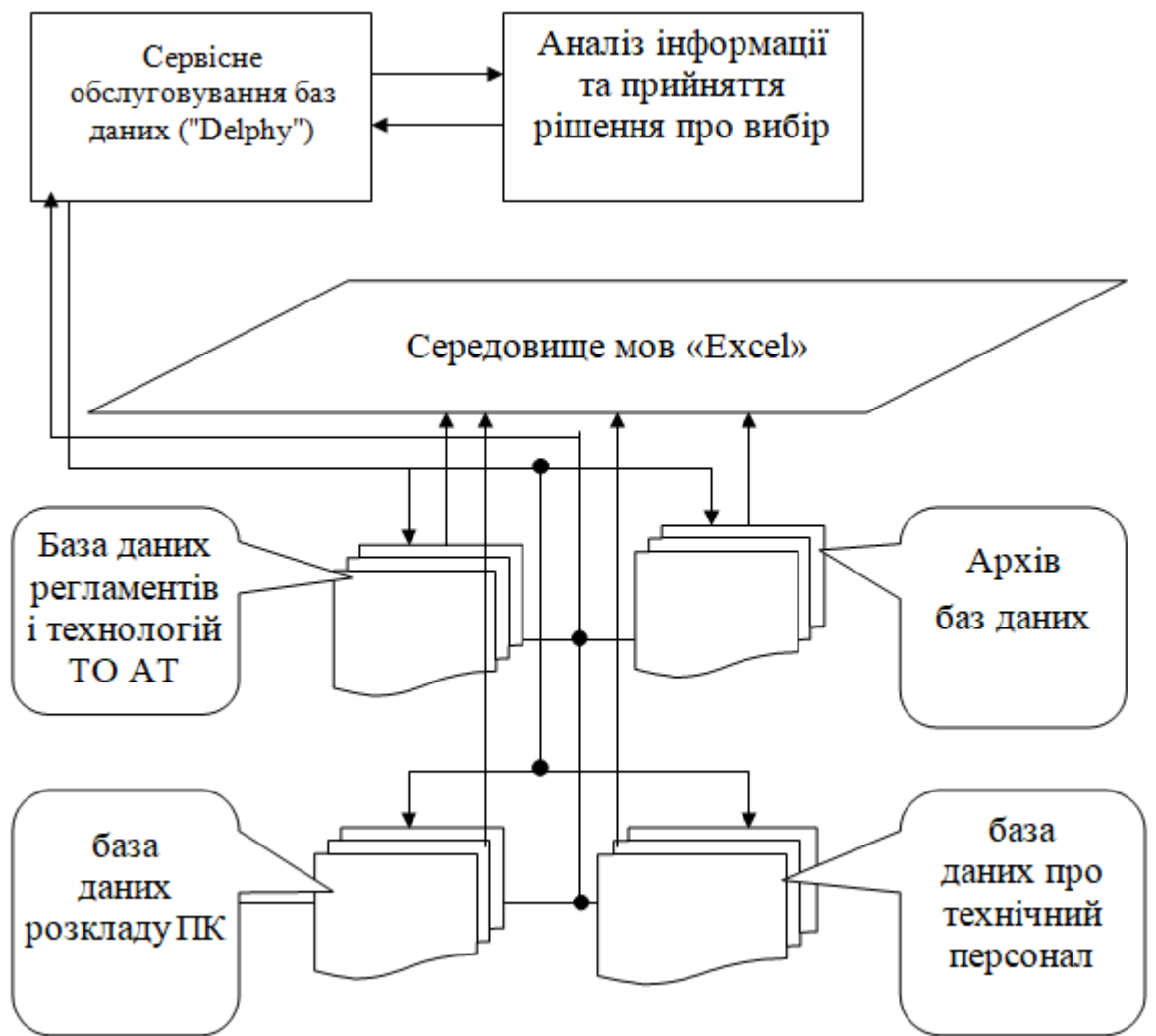


Рис. 3.9. Схема інформаційних потоків в системі формування індивідуальних завдань технічного персоналу

Характерною особливістю пропонованої системи є її «робота в режимі дружнього інтерфейсу».

Для забезпечення зручності сприйняття і аналізу інформації, розрахунку варіантів розподілу навантаження (рис. 3.10) і складання добового завдання авіаційним фахівцям (рис. 3.11) проводиться в форматі середовища «Excel», що не вимагає спеціального навчання персоналу і при необхідності дозволяє використовувати для аналізу даних широкі можливості «Excel» [8].

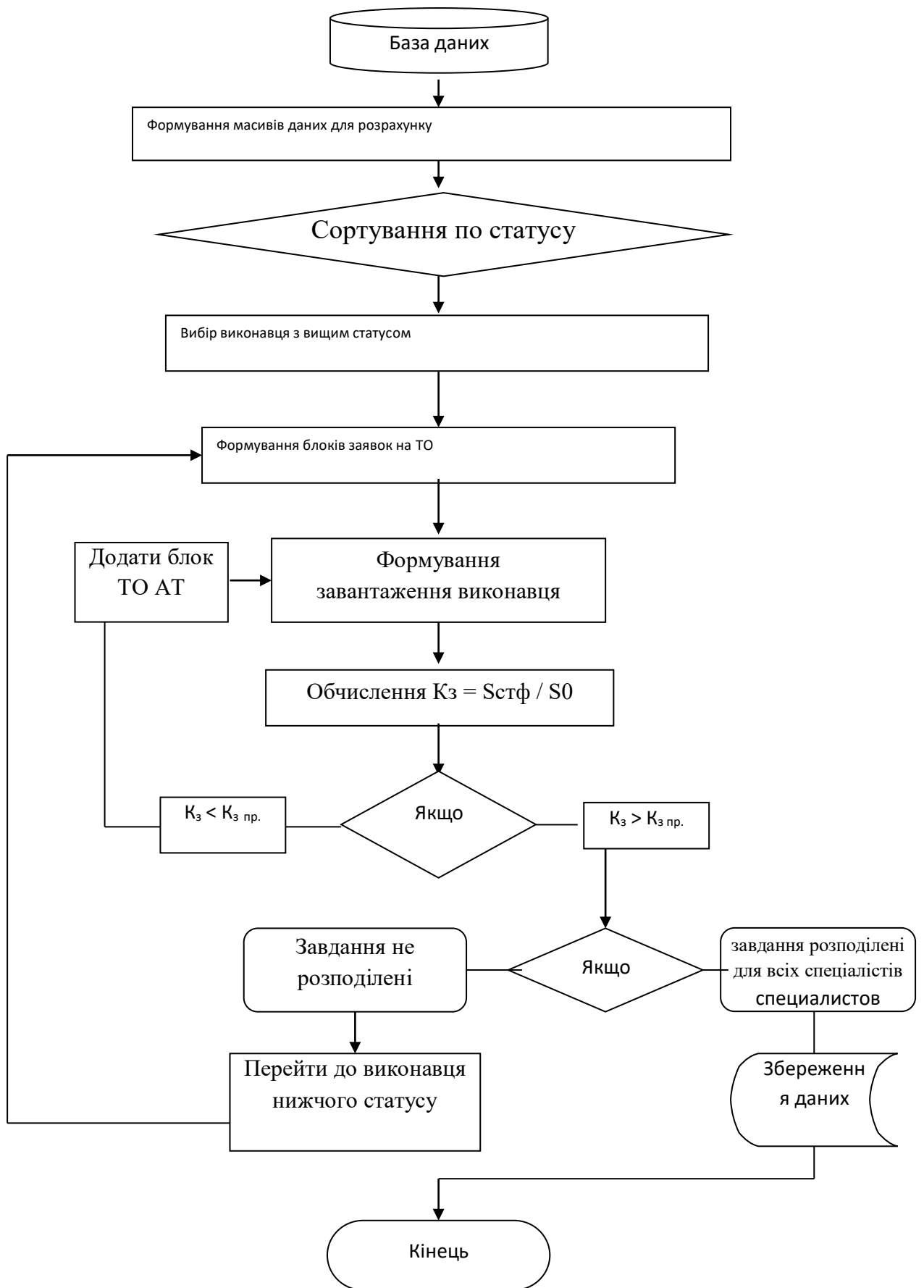


Рис. 3.10. Алгоритм формування індивідуальних завдань авіаційному персоналу з урахуванням їх індивідуальних характеристик

Индивидуальный план работ на		01.01.02	с	8:00	по	20:00	12 раб. часов			
Специалист										
Фамилия	Иванов									
Имя	Иван									
Отчество	Петрович									
Код	121112222									
Ном д/п	Вид работ	ВС	Ф ТО	Дата	Начало	Продолжи-тельность	Конец	Трудоемкость	Кoeffициент сложности	Суммарный тр. уч
1	Инструктаж				8:00	0:30	8:30	0		0
2	Подготовка к работе	42446	ФА1		8:30	0:30	9:00	0		0
3	Выполнение работы	42446	ФА1	01.01.02	9:00	1:00	10:00	1,00	1,10	1,1
4	Переход на ВС	85445	ФА2	01.01.02	10:00	0:20	10:20	0,00		0
5	Выполнение работы	85445	ФА2	01.01.02	10:20	1:20	11:40	1,20	1,50	1,8
6	Переход на ВС	85610	ФБ1	01.01.02	11:40	0:20	12:00	0,00		0
7	Выполнение работы	85610	ФБ1	01.01.02	12:00	2:00	14:00	2,00	1,50	3
8	Перерыв на обед			01.01.02	14:00	1:00	15:00	0,00		0
9	Переход на ВС	42443	ФА1	01.01.02	15:00	0:10	15:10	0,00		0
10	Выполнение работы	42443	ФА1	01.01.02	15:10	1:00	16:10	1,00	1,1	1,1
11	Переход на ВС	85620	ФА1	01.01.02	16:10	0:10	16:20	0,00		0
12	Выполнение работы	85620	ФА1	01.01.02	16:20	1:00	17:20	1,00	1,2	1,2
13	Переход на ВС	42338	ФБ	01.01.02	17:20	0:10	17:30	0,00		0
14	Выполнение работы	42338	ФБ	00.01.00	17:30	1:10	18:40	1,00	1,1	1,1
15	Переход на ВС	85390	ФА2	01.01.02	18:40	0:20	19:00	0,00		0
16	Выполнение работы	85390	ФА2	01.01.02	19:00	0:40	19:40	0,70	1,20	0,84
17	Разбор работы			01.01.02	19:40	0:20	20:00	0		0
						12:00		7,9		10,14

Рис. 3.11. Варіант індивідуального завдання на виконання робіт техніку - механіку 3 класу, що займає сертифікатом для проведення оперативного ТО на ПК Ан-140 і В 747.

### 3.3. Перспективи розвитку системи ТО сучасної АТ

Нове покоління літаків ГА має цілу низку особливостей, які призводять до необхідності вдосконалення існуючої системи технічної експлуатації АТ.

Для забезпечення ефективної експлуатації в конструкцію сучасної ПК закладається цілий ряд нових рішень, реалізація яких можлива тільки на основі створення принципово нової системи технічної експлуатації АТ, що включає комплекс організаційних, економічних і технологічних заходів. Основними особливостями конструкції літаків нового покоління є: [9,10]

- наявність на борту принципово нового цифрового обладнання;
- наявність розвиненої системи бортового контролю технічного стану виробів АТ, що дозволяє в польоті і на землі локалізувати несправності із заданою вірогідністю;
- широке застосування композиційних матеріалів;
- модульна конструкція двигунів і панеліровані агрегатів систем;



- наявність об'єктивного контролю з документуванням результатів в МСРП;

- висока ремонтпридатність систем АТ та ін.

Обсяг регламентних робіт включає порівняно невелика кількість простих оглядових робіт, що в поєднанні з появою складних, прихованих відмов, несправностей і збоїв, призведе до значного зростання ролі непланових робіт та їх складності, до необхідності перегляду організації робіт, системи планування, забезпечення якості ТО, обліку та оплати праці. Додатково зростає відповідальність керівного складу за прийняття рішення на виліт або проведення ТО за результатами об'єктивного бортового контролю, особливо в випадках не підтвердилися відмов і несправностей [9-11].

Ці особливості викликають необхідність переробки цілого ряду діючих галузевих нормативних документів, які передбачають в них [7]:

- завдання, які вирішуються ІАС по супроводу експлуатаційного програмного забезпечення алгоритмів функціонування бортових систем і компонентів;

- основні положення щодо використання інформації бортових засобів контролю для організацій ТО;

- порядок і відповідальність за прийняття рішень за результатами інформації бортових систем контролю, а також в випадках не підтвердилися відмов і несправностей внаслідок апаратурних і програмних збоїв;

- основи організації відновлення відмовили виробів АТ в умовах експлуатаційних підприємств;

- основні принципи та організація інформаційного забезпечення процесів ТО і управління справністю парку ПК і ін.

Для підвищення ефективності та якості технічного обслуговування існуючих АТ пропонується функціональний розподіл за видами ТО, що дозволить:

- використовувати персонал нижчої кваліфікації, скоротити вартість і час його підготовки;

- стимулювати персонал до збільшення кількості допусків до самостійного обслуговування за типами літаків, а також до підвищення кваліфікації;

- матеріально зацікавити інженерів, бригаду, зміну в найбільш ефективному усуненні відмов;

- вести персональний облік фактично виконаних робіт;

- оптимізувати завантаження персоналу на основі врахування та нормування фактичних трудовитрат на пошук і усунення відмов;

- впровадити засоби автоматизованого інформаційного забезпечення завдань планування і управління роботами цеху, зокрема - завдання розстановки виконавців в змінах. Так, при існуючій організації робіт цеху оперативного обслуговування бригадир при видачі змінних завдань виконавцям, як правило, не знає всього переліку вимагають усунення відмов, тому він не може розподіляти роботи з урахуванням кваліфікації виконавців, складності та відповідальності робіт і керується принципом рівномірного завантаження членів бригади. Розподіливши роботу на початку зміни між членами бригади, бригадир сам стає виконавцем і протягом зміни роботою практично не керує. Кожен виконавець протягом зміни виконує всі види робіт, від простих до найскладніших, часто не маючи достатнього досвіду або кваліфікації. При цьому середній час, витрачений на усунення відмов, виходить завищеною, а якість - низьким. Для ефективного розподілу функцій цеху оперативного ТО доцільно розділити зміни на дві бригади - перон і технічну. До функцій перонної бригади слід віднести:

- зустріч і прийом-передачу літаків, установку і зйомку штирів шасі;

- буксирування, зміст і доставку водив;

- мийку, обробку літаків від обледеніння, протирання скла;

- заправку і злив ПММ, заправку газами, слив відстою;

- заправку, слив та обробку санвузлів;

- перекомпонування салону;

- обслуговування побутового устаткування;

- підігрів літака і двигунів перед вильотом, забезпечення підігріву при роботах на літаку;
- заміну коліс;
- ведення зв'язку з СПУ перед вильотом;
- забезпечення літака драбинами, колодками, вогнегасниками;
- підготовку двигунів до випробування;
- підготовку до вивішування літаків на вантажопідйомники;
- зйомку та установку заглушок; - відкриття і закриття багажних люків, дверей і аварійних виходів;
- огляд літака перед вильотом;
- установку літака на гальмо стоянки, вимкнути всі вимикачів і автоматів захисту мережі в кабіні літака після прильоту;
- підключення та відключення електроживлення і освітлення літака для прибирання;
- утримання та догляд за ємностями для зливу ПММ;
- відкриття і закриття люків і люків на планері літака для доступу до агрегатів;
- роботи з огляду за всіма видами оперативних регламентів, крім форм Б і Г;
- інші малокваліфіковані роботи, що входять до переліку по II- IV розрядів технічного персоналу.

До функцій технічної бригади слід віднести:

- пошук і усунення відмов за повідомленнями з повітря, цеху обробки засобів об'єктивного контролю при відмовах перед вильотом;
- регламентні роботи по формі Б з усуненням виявлених дефектів;
- заміну агрегатів після відпрацювання ресурсів;
- додаткові роботи за завданнями виробничо диспетчерського відділу - виконання бюлетенів, разових робіт, робіт по технічним актам, листам технічних рішень і т.д .;

- виконання регламентних робіт, пов'язаних з перевітками, монтажем Регулюванням, випробовуванням двигунів;

- інші роботи, пов'язані із забезпеченням справності авіатехніки. Такий поділ бригад на оперативних видах ТО сприяє забезпечення якості технічного обслуговування АТ.

### **3.4. Висновки**

1. Запропоновано методику розрахунку показників якості робіт авіаційних фахівців при ТО АТ. Методика заснована на використанні моделей типових функціональних структур і розглянутих принципів забезпечення якості робіт на основі поліпшених показників якості підстановок, а також за рахунок короткочасного збільшення напруженості праці. Подання діяльності фахівця у вигляді лінійно-послідовної структури, що складається з моделей типових функціональних робіт, сприяє глибшого аналізу технологічних процесів і управління їх якістю.

2. Аналіз процесу ТО Д-36 літака Ан 140, проведений на основі запропонованої методики показує, що ймовірність безпомилкової роботи  $\pi(\beta) = 0,886$ , а ймовірність своєчасного закінчення роботи  $Q(t) = 0,41$ . викликають необхідність вживання термінових заходів щодо забезпечення якості робіт Це збігається з результатами експлуатаційних спостережень, так як середній час технічного обслуговування Д-36 становить 21 год 07 хв.

3. Керування якістю обслуговування на оперативних видах ТО запропонована автоматизована система і розроблені алгоритми формування індивідуальних завдань авіаційним фахівцям. Характерною особливістю автоматизованої системи є введення облікової картки фахівця, що відображає його завантаження з урахуванням впливу зовнішніх факторів і напруженості роботи. Розроблена блок-схема системи може входити складовою частиною в автоматизовану систему інформаційної підтримки процесів технічної експлуатації АТ.

4. На основі аналізу конструктивних рішень, які втілені в сучасній авіаційній техніці, розглянуті перспективи розвитку системи ТО літаків нового покоління. Запропоновано функціональний розподіл ТО по видам робіт. Дано конкретні пропозиції по використанню цього принципу на оперативних видах ТО ПК.

# ВИСНОВКИ

Кафедра ОАП				НАУ 20. 14.39 002 ПЗ			
Виконав	Собко В.О.			ВИСНОВКИ	Літера	Аркуш	Аркушів
Керівник	Шевчук Д.О.				Д	152	3
Консульт.	Шевчук Д.О.						
Н.Контр.	Дерев'янко Т.А.						
Зав. каф.	Шевчук Д.О.						
					ФТМЛ 275 ОП 201М-з		

1. В роботі проведена подальша розробка питань забезпечення якості технічного обслуговування складних систем ПК. Розглянуто особливості дослідження надійності ергатичних систем, описані методи їх оцінки з урахуванням діяльності авіаційного персоналу, показана необхідність врахування можливостей інженерно-технічного персоналу при формуванні програм ТО АТ.

2. На основі аналізу статистичних даних про результати експлуатації виробів АТ встановлено, що число інцидентів з-за неякісного ТО зросло до 40%, спостерігається зростання числа авіаційних пригод з вини інженерно-технічного складу в середньому на 4% на рік.

3. Розроблено класифікацію помилок авіаційного персоналу і представлено їх розподіл за технологічними операціями, які виконуються при ТО АТ. Отримані результати призначені для безпосереднього впливу на джерело самої помилки - зниження ймовірності помилок виконавців при ТО ПК.

4. Розглянуто основні завдання, які вирішуються ІАС експлуатанта (організації ТО) і в залежності від функцій, які виконуються ІТС обрані математичні моделі роботи авіаційних фахівців (організатор, диспетчер, контролер, виконавець) та визначено параметри необхідні для їх побудови. Представлені результати досліджень якості роботи авіаційних фахівців в залежності від таких факторів, як тривалість зміни, характер роботи, складність операції, оснащеність підприємства та побудовані функції розподілу впливу цих факторів на якість ТО. Отримані результати використано для вдосконалення організації робіт при ТО АТ у Міжнародному аеропорті Кривий Ріг .

5. Запропоновано показники якості робіт (ймовірність безпомилкового і своєчасного виконання роботи), принциповою особливістю обчислення яких є порівнева оцінка і роздільний облік характеристик діяльності і структури системи. Розроблено алгоритм розрахунку показників якості робіт авіаційних спеціалістів при ТО АТ.

6. Прикладний характер і основні результати досліджень можуть бути використані при управлінні якістю ТО АТ, та призначені як інструмент для оптимізації програм ТО АТ з метою забезпечення необхідної якості робіт і збереження льотної придатності ПК в їх експлуатації.



## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Назаренко П.В., Комаров А. А., Бурлаков В. И., и др. Проблемы надежности авиационной техники / Итоги науки и техники. ВИНТИ. Сер. Воздушный транспорт. - Т.20.-1990 с.204.
2. Ицкович А. А. Оптимизация программ технического обслуживания и ремонта машин. -М.: Знание, 1987.- 124 с.
3. Барзилович Е. Ю., Воскобоев В. Ф. Эксплуатация авиационных систем по состоянию: Элементы теории. - М.: Транспорт, 1981.
4. Северцев Н. А. Надежность сложных систем в эксплуатации и отработке. - М.: Высшая школа, 1989. - 431 с.
5. Пожарский Л.А. О методе эвристической технической диагностики. В кн.: Техническая диагностика. – М.: Наука, 1972. С.285-288.
6. Диллон Бэлбир, Сингх Чанан. Инженерные методы обеспечения надежности систем \ Пер. с англ.-М.:Мир,1984.-318с.
7. Денисов В. Г., Скрипец А. В., и др. - «Авиационная инженерная психология».М.: Машиностроение –1976.-216 с.
8. Boutwell F. R. Reliability and maintainability program //39<sup>th</sup> Ann Forum Helicopter Soc., St. Louis, Mo, May 9-10, 1983. Suppl.- с .1-9.
9. С. Н. Friend, Aircraft maintenance management.,- Longman scientific and technical, England, 1992 - P.33-34.
10. Nakada D. Introduction to MSF-3 / Technical paper series, aerospace Congress and Exposition Long Beach. California, October 15-18, 1988. - P.1-4.
11. Dimitri Kececioglu. Reliability Engineering Handbook PTR Printice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey -1991. p. 541
12. Ramsden J M. Affordable safety // Flight int. 1986. - 129. № 3995. - P.41-43 М., 1993, №1 стр.35-44.
13. Кузнецов Н. Д. Обеспечение надежности современных авиадвигателей \ Проблемы надежности и ресурса в машиностроении. -М.: 1986, - с. 51-68.

14. Повышение надежности деталей и узлов авиационной техники и оценка их технического состояния в процессе обслуживания и ремонта: Сб. научн. тр. \ КИИГА. - Киев, 1986. - 108 с.
15. Кузьмин Ф. И. Задачи обеспечения надежности технических систем. -М.: Радио и связь, 1982. - 176 с.
16. Данилов Ж. Н., Парфенов В. Н., Загребельный В. И. Анализ надежности гидросистем воздушных судов и основные условия перевода их на прогрессивные методы технического обслуживания и ремонта \Совершенствование методов технической эксплуатации летательных аппаратов. -Рига, 1985. - с. 46-50.
17. Ружан В. М. Комплексная система управления надежностью гидросистем воздушных судов \Труды Всесоюзной научно-технической конференции Совершенствование методов технической эксплуатации авиационной техники, Киев, 1984. с. 32-41.
18. Германчук Ф.К., Бурлаков В.И. Оптимизация методов ТО механических устройств самолетов ГА. -Киев, КИИГА, 1981. с. 33-37.
19. Салимов Р.М., Шпица Е.А. и др. Методологические аспекты формирования программ технического обслуживания АТ. –Киев. Сб. научн. трудов, КМУГА, 2000.
20. Салимов Р.М., Бурлаков В.И. и др. Управление процессами технической эксплуатации АТ. –Киев. Сб. Научн. трудов, КМУГА. 2000.
21. Руководство по организации работ в области летной годности. ИКАО Doc. 9389-AN/919-1983.
22. Руководство по сохранению летной годности. ИКАО, Doc. 9642-AN/941-1995.
23. Нормы летной годности IAA и FAR -25. Europe ahead on safety \ Learmount D. Flight int.-1989.-136, N4174. - P. 44-46.
24. Каштанов В. А. Полумарковские модели процесса технического обслуживания. -М.: Знание, 1984.-104 с.

25. Савенков М. В. Автоматизация управления технической эксплуатацией систем. -М.; Транспорт, 1992. - 285 с.
26. Губинский А. И. Надежность и качество функционирования эргатических систем. -Л.: Наука, 1982. - 269 с.
27. Венда В.Ф. Инженерная психология и синтез систем отображения информации. –М.; Машиностроение, 1975. – 396 с.
28. Галактионов А.И. Основы инженерно-психологического проектирования АСУ ТП. – М.: Энергия, 1978. – 160 с.
29. Губинский А.И., Гречко Ю.П., Ротштейн А.Т. Методические рекомендации по аналитическим методам оценки эффективности качества и надежности эргатических систем. – Ленинград: 1978.
30. Игнатов В.А. Элементы теории оптимального обслуживания технических изделий. Минск : Наука и техника, 1974 . с 191.
31. Бурлаков В. И., « Прикладная теория надежности.».Киев,КИИГА. 1992. -116с.