

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
АЕРОКОСМІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ  
КАФЕДРА ТЕХНОЛОГІЙ АЕРОПОРТІВ

ДОПУСТИТИ ДО ЗАХИСТУ  
Завідувач випускової кафедри

\_\_\_\_\_ О.Тамаргазін

" \_\_\_ " \_\_\_\_\_ 2021 р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

(ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА)

ВИПУСКНИКА ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТРА

ЗА ОСВІТНО-ПРОФЕСІЙНОЮ ПРОГРАМОЮ  
«ТЕХНОЛОГІЇ РОБІТ ТА ТЕХНОЛОГІЧНЕ ОБЛАДНАННЯ АЕРОПОРТІВ»

Тема: Оптимізація використання наземної техніки та обладнання під час оперативного технічного обслуговування повітряних суден

Виконавець: здобувач вищої освіти групи ТА-205М  
Трубін Володимир Вікторович  
(група, прізвище, ім'я, по батькові)

Керівник: д.т.н., професор Тамаргазін Олександр Анатолійович  
(науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ім'я, по батькові)

Консультант розділу «Охорона праці»: \_\_\_\_\_ Гунченко О.М.  
(підпис) (П.І.Б.)

Консультант розділу  
«Охорона навколишнього середовища»: \_\_\_\_\_ Бовсуновський Є.О.  
(підпис) (П.І.Б.)

Нормоконтролер: \_\_\_\_\_ Білякович О.М  
(підпис) (П.І.Б.)

КИЇВ 2021

## РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до кваліфікаційної роботи «Оптимізація використання наземної техніки та обладнання під час оперативного технічного обслуговування повітряних суден»: сторінок 98, ілюстрацій 39, таблиць 8, інформаційних джерел 16.

Об'єктом досліджень є системи неруйнівного контролю авіаційних компонентів

Метою роботи є оптимізація процесів контролю авіаційних компонентів вихрострумовим методом контролю

Виходячи з мети кваліфікаційної роботи у пояснювальній записці сформульовано та вирішено наступні задачі:

1. Провести інформаційний пошук з тематики магістерської роботи з метою обґрунтування її актуальності.

2. Проаналізувати основні методи вихрострумового контролю на підприємстві ТОВ «Авіадинаміка». Оптимізувати методику виконання вихрострумового контролю шляхом вдосконалення системи обертання колеса. Знайти практичне застосування акустичної методики інспекції в авіаційній галузі.

3. Розробка рекомендацій, що до поліпшення охорони праці та екологічної безпеки при використанні наземної техніки та обладнання при наземному обслуговуванні авіаційних компонентів.

АЕРОПОРТ, АВІАПЕРЕВІЗНИК, ТЕХНІЧНЕ ОБСЛУГОВУВАННЯ, НЕРУЙНІВНИЙ МЕТОД КОНТРОЛЯ, ВИХРОСТРУМ, ІНДУКЦІЯ, АКУСТИКА, ПОВІТРЯНЕ СУДНО, МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ, АВІАЦІЙНА ТЕХНІКА, ДЕФЕКТОСКОП.

## ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ, ПОЗНАЧЕНЬ, ТЕРМІНІВ.....	7
ВСТУП.....	8
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЙ НЕРУЙНІВНОГО МЕТОДУ КОНТРОЛ ЯК НЕВІД'ЄМНОГО ЕЛЕМЕНТУ ОПЕРАТИВНОГО ТО ПС.....	10
1.1. Огляд сучасних методів неруйнівного контролю.....	10
1.2. Фізична сутність вихрострумowego методу НМК.....	14
1.3. Прилади для ВМК.....	17
1.4. Специфіка використання ВМК в авіаційній галузі.....	20
Висновки по розділу.....	23
РОЗДІЛ 2. ПОКРАЩЕННЯ МЕТОДИКИ ВИХРОСТРУМОВОГО МЕТОДУ НЕРУЙНІВНОГО КОНТРОЛЮ.....	24
2.1. Область дослідження вихрострумowego методу контролю.....	24
2.2. Ймовірність виникнення дефекту та типи дефектів.....	27
2.3. Технічні характеристики стенду перевірки коліс АWT 950 NG та дефектоскопу ELOTEST M3.....	30
2.4. Аналіз продуктивності дефектоскопу ELOTEST M3.....	48
Висновки по розділу.....	49
РОЗДІЛ 3. АКУСТИЧНИЙ КОНТРОЛЬ ГАБАРИТНИХ КОНСТРУКЦІЙ ПОВІТРЯНИХ СУДЕН З ПОЛІМЕРНИХ КОМПОЗИЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ.....	51
3.1. Сигнали засобів неруйнівного контролю.....	51
3.2. Математичні моделі сигналів та інформаційних сигналів.....	52
3.3. Математичні моделі вимірювань.....	52
3.4. Контроль габаритних конструкцій з ПКМ.....	54
Висновки по розділу .....	69
РОЗДІЛ 4. Охорона праці .....	70
4.1. Аналіз умов праці спеціаліста з НМК.....	70
4.2. Заходи з поліпшення умов праці .....	71
Висновки по розділу .....	78

РОЗДІЛ 5. Охорона навколишнього середовища .....	79
5.1. Аналіз впливу методів неруйнівного контролю на навколишнє середовище..	79
5.2. Акустичні забруднення навколишнього середовища .....	79
5.3. Джерела електромагнітних випромінювань.....	86
Висновки по розділу .....	94
ВИСНОВКИ.....	95
СПИСОК БІБЛІОГРАФІЧНИХ ПОСИЛАНЬ ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	97

## **ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СКОРОЧЕНЬ, ТЕРМІНІВ**

ПС – Повітряне судно;

EASA – Європейське агентство авіаційної безпеки;

АС – Автоматизована система;

ДП – Державне підприємство;

MRO – Maintenance repair and overhaul (технічне обслуговування та ремонт)

ТО – Технічне обслуговування

IATA – International Air Transport Association (Міжнародна асоціація повітряного транспорту)

НМК – Неруйнівний метод контролю

ВСК – Вихрострумний контроль

ОК – Об'єкт контролю

.

## ВСТУП

Літаки вигідні тільки при польоті, отже, для того, щоб залишатися конкурентоспроможними в конкурентоспроможній глобальній галузі, тобто авіації, авіакомпанії намагаються покращити доступність, а також польоти їхнього літака. Це доступність і, отже, рентабельність літаків дуже залежить від належного обслуговування. Технічне обслуговування описується як комбінація всіх технічних та адміністративних дій, включаючи нагляд, дій, призначених для збереження або відновлення системи в стані в яку система може виконувати потрібну функцію. Оптимізація технічного обслуговування повітряних суден викликає великий інтерес для як наукова спільнота, так і авіаційна промисловість.

Недарма технічне обслуговування, ремонт та капітальний ремонт (MRO) становить близько 10-15% операційних витрат авіакомпаній на загальну суму 67,6 мільярдів доларів США 2016 року і, як очікується, зросте до 100,6 мільярдів доларів у 2026 році згідно останніх аналізів (IATA). Більше того, історичні записи показують, що вартість експлуатації та обслуговування літака може перевищувати початкову ціну покупки в десять разів (Asiedu & Gu, 1998). Ці оцінки RUL можуть бути розгорнуто не лише для зменшення оперативних перешкод, але й також покращити операції (MRO) в технічному обслуговуванні літаків.

Підвищення ефективності експлуатаційних процесів технічного обслуговування повітряних суден дозволить знизити час на між польотну підготовку та збільшить продуктивність авіакомпаній. Під час формування оптимізації процесів обслуговування авіакомпанії наполегливо прагнуть скоротити час перебування ПС на землі тим самим збільшуючи час ефективного використання ПС. Рівень витрат з оплати послуг, які пов'язані із (ТО) (ПС) складає 15–21% від загального об'єму витрат авіакомпаній та безумовно впливає на рівень авіаційних тарифів.

Сьогодні відбувається суттєва трансформація нашого часу – діджиталізація. Це явище, яке покликане спростити наше життя, а ведення авіаційного бізнесу зробити більш ефективним. Воно дозволяє переводити величезний обсяг інформації в структуровану систему даних і полегшувати роботу всіх підприємств, в тому числі

авіаційної, які відрізняються своєю галузевою специфікою та вимогами до системи управління. Діджиталізація в авіаційній галузі суттєво перевертає підхід до організації технічного обслуговування, інспекції та ремонту авіаційних компонентів та літака в цілому, знижуючи витрати на виробництво і підвищуючи продуктивність роботи, а значить і рентабельність.

В данній роботі розглянуті шляхи оптимізації часу витраченого на один з етапів технічного обслуговування такого як неруйнівний метод контролю. На основі вихреструмової методики інспекції ПС досліджено час та людино-ресурс на виконання цієї невід'ємної частини ТО авіаційних компонентів таких як авіаційний пневматик повітряного судна.

Суть оптимізації полягає в застосуванні спеціалізованої методики обертання колеса в обладнанні для перевірки данного типу компонентів таким чином, що оператор, який виконує данну процедуру, використовує мінімальний ресурс для впливу на цей процес і фактично виконує роль контролера за адекватністю роботи обладнання. В данній роботі порівняно старий зразок перевірки авіаційного пневматика на базі дефектоскопу типу ELOTEST M3, який базується на механічному принципі інспекції, коли оператор фактично виконує перевірку всієї площі самостійно та обладнання типу AWT 950 NG, яке здійснює перевірку більшої частини поверхні колеса самостійно.

Сутність полегшення роботи персоналу по здійсненню обслуговування авіаційних компонентів є шляхом вирішення багатьох проблем, які пов'язані з великою затратною часу та ресурсу а також помилкою оператора через вплив людського фактора. Також оптимізація зменшує похибку вимірювання та дозволяє гарантовано бути впевненим в надійності виконання робіт, пов'язаних з областю тестування та інспекції компонентів ТО.

# РОЗДІЛ 1

## АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЙ НЕРУЙНІВНОГО МЕТОДУ КОНТРОЛЮ ЯК НЕВІД'ЄМНОГО ЕЛЕМЕНТУ ОПЕРАТИВНОГО ТО ПС

### 1.1. Огляд сучасних методів неруйнівного контролю

Дефектоскопія – це мережа методик неруйнівного контролю якості матеріалів і виробів з метою виявлення внутрішніх і прихованих дефектів металевих і неметалевих матеріалів і виробів та визначення місця їх розташування (без їх руйнування фізичними методами) [1].

Методи дефектоскопії зазвичай класифікують залежно від фізичного ефекту, що його використовують для контролю. Найпростіший – візуальний принцип базується на неоднаковому відбиванні світла від бездефектної поверхні й від дефектів. Зовнішню поверхню вивчають неозброєним оком або за допомогою лупи, для дослідження внутрішніх шарів використовують спеціальні трубки з освітлювачами. Таким методом (з використанням лупи) виявляють поверхневі дефекти розміром до 0,01 мм. Основою акустичної дефектоскопії (у тому числі і ультразвукової) є контроль параметрів пружних коливань, збуджених у контрольованих виробках. Методи магнітної дефектоскопії ґрунтуються на реєстрації магнітних полів розсіяння на дефектах або магнітних властивостей досліджуваних виробів. Засобами електроіндуктивної дефектоскопії аналізують ефект, викликаний зміною (через наявність дефектів) взаємодії власного електромагнітного поля котушки з електромагнітним полем вихрових струмів, що наводяться цією котушкою в контрольованих виробках промислової галузі.

За методом рентгенодефектоскопії вироби просвічують рентгенівським промінням. Методи оптичної дефектоскопії ґрунтуються на взаємодії світлового проміння з виробами. Поширені електростатична дефектоскопія і трибоелектрична дефектоскопія. Є й капілярна дефектоскопія, гамма-дефектоскопія, інфрачервона дефектоскопія, радіодефектоскопія і термоелектрична дефектоскопія як така.



Дефектоскоп – пристрій для виявлення дефектів у виробах з різних металевих і неметалічних матеріалів методами неруйнівного контролю. До дефектів відносяться порушення суцільності або однорідності структури, зони корозійного ураження, відхилення хімічного складу і розмірів та ін. Область техніки і технології, що займається розробкою і використанням дефектоскопів називається дефектоскопією. З дефектоскопами функціонально пов'язані й інші види засобів неруйнівного контролю: течешукачі, товщиноміри, твердоміри, структуроскопи, інтроскопи і стилоскопи.

Загалом неруйнівний контроль за ГОСТ 18353-79 «Контроль неразрушающий. Классификация видов и методов» [2] об'єднує дев'ять видів контролю (магнітний, електричний, вихрострумний, тепловий, радіохвильовий, акустичний, радіаційний, оптичний, контроль проникними речовинами) та сотні методів. До методів і засобів неруйнівного контролю висувуються такі вимоги: простота методик контролю, технічна доступність засобів в умовах виробництва, ремонту та експлуатації; можливість механізації і автоматизації контролю технологічних процесів, а також управління ними з використанням сигналів, що видаються засобами контролю; висока надійність дефектоскопічної апаратури і можливість використання її в різних умовах; узгодженість часу, що витрачається на контроль, з часом роботи іншого технологічного обладнання; можливість здійснення контролю на всіх стадіях виготовлення, експлуатації та ремонті виробів; можливість контролю якості продукції за більшістю заданих параметрів; висока достовірність результатів контролю тощо.

Таблиця 1.1

Основні види методів неруйнівного контролю та їх коротка характеристика

Тип НМК	Фізична сутність	Дефекти, що виявляються	Область Застосувань	Чинники, що мінімізують ефективність методу
Інструментальний	Вимір абсолютних розмірів деталей	Овальність, корсетність, конусність деталей, величини	Контроль доступних для вимірювання поверхонь	Наявність випадкових, систематичних та інструментальних

		зазорів. Взаємне розташування геометричних осей та поверхонь	та деталей з будь-яких матеріалів. Визначення розмірів різних дефектів та якості обробки поверхонь	x похибок. Складність підходу до важкодоступних об'єктів контролю. Недостатня освітленість зони
Оптичний	Взаємодія світлового випромінювання із контрольованим об'єктом	Поверхневі тріщини, механічні пошкодження, залишкова деформація, корозія, негерметичність	Контролює відкриті, доступні для прямого огляду поверхонь деталей та вузлів, визначення нових видів зношування. Огляд закритих елементів конструкції	Суб'єктивність контролю. Невисока роздільна здатність при контролі тріщин. Шорсткість поверхні. Наявність плівок оксидів, забруднень та лакофарбових покриттів

Таблиця 1.2

Основні види методів неруйнівного контролю та їх коротка характеристика.

Тип НМК	Фізична сутність	Дефекти, що виявляються	Область застосування	Чинники, що мінімізують ефективність методу
Капілярний	Суб'єктивність контролю. Невисока роздільна здатність при контролі тріщин. Шорсткість поверхні. Наявність плівок оксидів,	Поверхневі тріщини будь-якого походжень раковини, пористості, корозія, підтікання палива або інших	Контроль деталей з немагнітних та магнітних матеріалів щодо доступних для спостереження ділянок. Контроль герметичності	Наявність поверхні плівок різного походження. Заповнення дефектів окислами та іншими речовинами та забрудненнями

	забруднень та лакофарбових покриттів	робочих рідин	паливних та гідросистем	
Магнітний (магнітнопоршковий)	Реєстрація магнітних полів розсіювання дефектів або магнітних властивостей контрольованого об'єкта	Тріщини будь-якого походження, що виходять на поверхню	Контролює деталі з феромагнітних матеріалів. Контролює зварні з'єднання, дефекти металургійного походження. Контроль розмагнічування	Неперпендикулярність магнітного потоку до площини тріщини. Наявність поверхневих плівок завтовшки понад 30-40 мкм. Різкі зміни перерізу деталей. Наявність намагнічених ділянок

Таблиця 1.3

Основні види методів неруйнівного контролю та їх коротка характеристика

Тип НМК	Фізична сутність	Дефекти, що виявляються	Область застосування	Чинники, що мінімізують ефективність методу
Акустичний	Реєстрація параметрів пружних коливань, що збуджуються у контрольованому об'єкті	Тріщини різного роду, макро- та мікронесправності (раковини, пористість), включення, зони корозійного ураження. Дефекти клейових, паяних та зварних з'єднань	Визначення дефектів, розміщених у глибині матеріалу. Вимірювання товщини за одностороннього доступу. Безрозбірна дефектація елементів конструкції	
Вихрострумівий	Реєстрація зміни взаємодії власного електромагнітного поля	Тріщини будь-якого походження у поверхневих шарах деталей	Контроль за якістю хімічної обробки. Вимірювання	Складність відбудови факторів, що заважають, пов'язаних з

	котушки з електромагнітним полем вихрових струмів, що наводяться котушкою в контрольованому об'єкті.	із електропровідних матеріалів. Структурні зміни електропровідних матеріалів, корозійні ушкодження.	товщини за одностороннього доступу. Безрозбірна дефектація силових вузлів та деталей	величиною зазору між датчиком і контрольованим матеріалом, кривизною контрольованої поверхні,
--	--	---	--	---

## 1.2. Фізична сутність вихрострумowego методу НМК

Вихрострумний контроль заснований на аналізі зміни електромагнітного поля вихрових струмів під дією тих чи інших неоднорідностей. Оскільки вихрові струми можуть порушуватися в електропровідних матеріалах, цей метод контролю може бути використаний для будь-яких металів [3].

Синусоїдальний (або імпульсний) струм, що протікає в котушках вихрострумowego перетворювача, створює електромагнітне поле, яке збуджує вихрові струми в електромагнітному об'єкті. Електромагнітне поле вихрових струмів впливає на котушки перетворювача, наводячи в них ЕРС або змінюючи їх повний електричний опір. Реєструючи напругу на котушках або їх опір, отримують інформацію про властивості об'єкта і про стан перетворювача залежно від його розташування відносно об'єкта. Особливість вихрострумowego контролю полягає у тому, що його можна проводити без механічного контакту перетворювача з об'єктом. Їх взаємодія відбувається на відстанях, достатніх для вільного руху перетворювача відносно об'єкта (від часток міліметра до декількох міліметрів). Тому цими методами можна отримувати добрі результати контролю навіть за високих швидкостей відносного руху об'єктів. Вихрострумний контроль дозволяє виявляти як поверхневі, так і підповерхневі (залягають на глибині до 1...4 мм) дефекти.

Збудником вихрових струмів може бути поле магніту, що рухається, змінне поле струму у дроті, хвиля радіовипромінювання. Найчастіше поблизу поверхні контрольованого виробу міститься котушка індуктивності зі змінним струмом, що збуджує вихрові струми, або комбінація декількох котушок. У свою чергу

електромагнітне поле вихрових струмів впливає на котушки перетворювача, наводячи в них електрорушійну силу або змінюючи їх повний опір. Сигнал може формуватися в тій же обмотці, по якій йде збуджуючий струм, або використовується додаткова котушка або котушки. Для контролю всі виріб або його частину поміщають у поледатчика (рис.1.1).

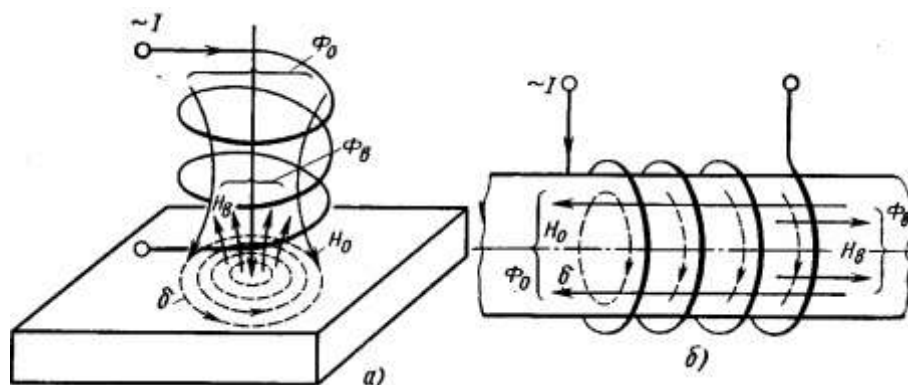


Рис. 1.1. Лінії напруженості магнітних полів  $H_0$ ,  $H_B$  та щільності вихрових струмів д при контролі накладним (а) та прохідним (б) датчиком

Вихрові струми збуджують змінним магнітним потоком.

Інформацію про властивості виробу датчик отримує через магнітний потік  $\Phi_B$ , створений вихровими струмами з щільністю  $d$ . електрорушійна сила в обмотці датчика пропорційна різниці потоків  $\Phi_0 - \Phi_B$ .

Реєструючи напругу на котушці або її опір, можна отримати інформацію про контрольованому виробі. Напруга та опір котушки залежать від багатьох параметрів, що обумовлює широкі можливості ТВК (дефектоскопія, товщинометрія, структурометрія, сортування металу за марками, контроль стану поверхні тощо). З іншого боку, ця обставина ускладнює поділ інформації про різні параметри об'єкта та потребує використання спеціальних способів фільтрації шумів.

Для аналізу зміни електромагнітного поля зазвичай використовують активний та індуктивний опір котушки, амплітуду напруги, зсув фаз вимірюваної та опорної напруги. Глибина проникнення вихрових струмів залежить від частоти електромагнітних коливань, електричних та магнітних характеристик металу, форми котушки та поверхні виробу. Зазвичай вона коливається від часток міліметра до 1-3 мм.

Чутливість методу залежить багатьох чинників; за сприятливих умов вдається виявити тріщини глибиною 0,1-0,2 мм завдовжки 1-2 мм, розташовані на глибині до 1 мм.

ВСК можна проводити без контакту між котушкою та металом, зазор може становити від часток міліметра до кількох міліметрів. Це дозволяє вільно переміщати перетворювач, що є істотним для автоматизації процесу контролю. Вихідною величиною ТВК є електричний сигнал, що дозволяє автоматично реєструвати результати контролю. Ще одна перевага методу – можливість здійснення контролю з великою швидкістю, порівнянною зі швидкістю механічної обробки.

### 1.3. Прилади для ВМК

Найпростіша схема приладу для ТВК наведена на рис. 1.2.

Однакові датчики Д1 і Д2 включені в бруківку з реєструючим мікроамперметром мА. На датчики подається від генератора змінна напруга.

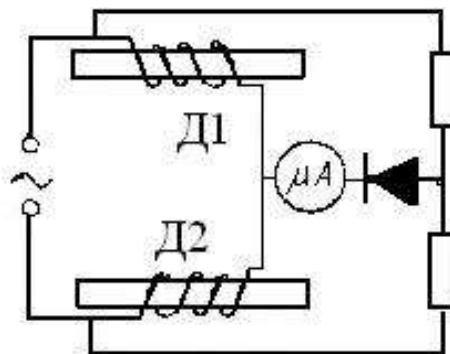


Рис. 1.2. Схема вимірювального моста із двома датчиками

У полі датчика Д1 розташований контрольний зразок 1, а в полі датчика Д2 – контрольований виріб 2. Якщо виріб та зразок однакової якості, то міст збалансований, через індикатор мА струм не тече. Якщо виріб відрізняється від зразка, наприклад, через дефект, то міст розбалансується і прилад мА зафіксує струм, що протікає.

Якщо датчики Д1 і Д2 неоднакові, то при приміщенні в їх полі ідентичних виробів спостерігатиметься залишкова напруга, для усунення якої схема моста ускладнюється [3].

Більш досконала схема диференціального включення датчиків показано на рис. 1.3. У цій схемі обмотки датчиків Д1 та Д2 входять у резонансні контури зі змінними ємностями С1 та С2. Ці ємності, а також змінний опір R3 служать для балансування схеми та установки мА на нуль, коли магнітні поля датчиків Д1 Д2 однакові. При цьому в контурах настає резонанс з однаковими максирисьними напругами  $V_1 = V_2$ . Резонансні криві контурів показано на рис. 1.3 б. Якщо датчик Д1 проходить над дефектною ділянкою виробу, його індуктивність зміниться на величину  $\Delta L$  і дорівнюватиме  $L + \Delta L$ , а опір зміниться на величину  $\Delta R$ . Добротність першого контуру знизиться, і резонансна крива 1 заміниться кривою 1г, а робоча точка займе положення Lг1. Напруга на першому контурі впаде і дорівнюватиме  $V_{г1} < V_2$ . Тоді між контурами виникне різниця потенціалів  $V_2 - V_{г1}$  і стрілка індикатора відхилиться в один бік. Якщо дефект з'явиться під датчиком Д2, стрілка відхилиться в інший бік.

Цю ж схему можна використовувати у вимірниках товщини діелектричних покриттів. В цьому випадку датчик Д2 розміщується усередині приладу. Робоча точка вимірювального контуру вибирається на лівій гілці резонансної кривої  $U(C)$ , коли датчик Д1 розміщений на матеріалі без покриття (крива 1, рис. 6.11, в).

Конденсатором С2 схема врівноважується, і індикатор показує нульове значення, якщо датчик розміщено на металі без покриття або віддалено від металу на велику відстань.

Зі збільшенням товщини покриття зростає індуктивність у вимірювальному контурі, максимум резонансної кривої збільшення. Напруга спочатку зростає, а потім зменшується до значення  $U \rightarrow U_{\infty}$ , змінюючись суцільною кривою. При розміщенні датчика Д1 на металі з покриттям відомої товщини резистором R3 індикатор приладу градуують, встановлюючи цю товщину відповідне значення.

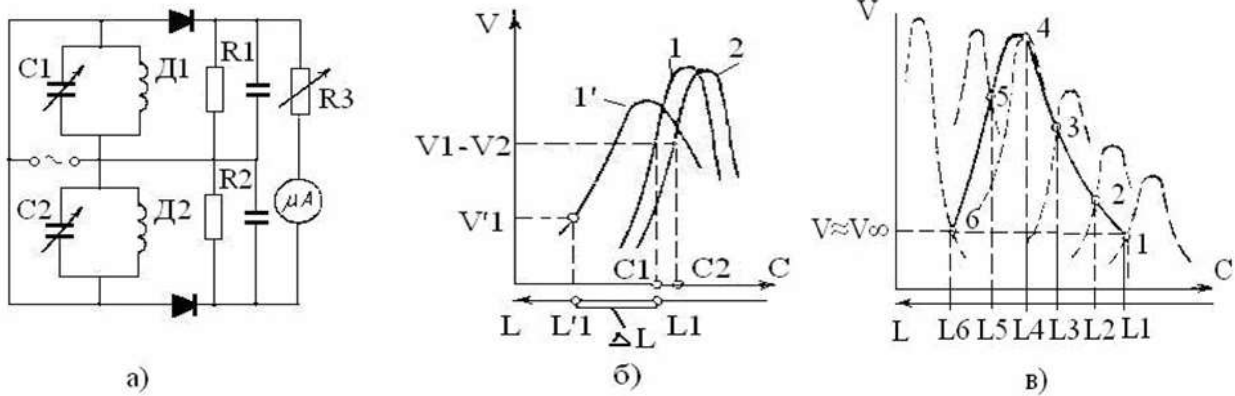


Рис. 1.3. Диференціальна схема з двома паралельними резонансними контурами

Щоб у процесі виявлення дефектів показання індикатора не залежали від відстані датчика до контролюваного виробу, необхідно використовувати складніші схеми.

При контролі електромагнітними індукційними дефектоскопами використовують два диференціально включені датчики, один з яких приєднаний до еталонного зразка, а інший – контрольований виріб. При цьому на виході двох трансформаторних датчиків виникає напруга, амплітуда і фаза якого визначається різницею властивостей і зразка еталонного, і контрольованого виробу. Ця напруга спостерігається на екрані електронно-променевої трубки у вигляді кривої, що дозволяє оцінити властивості виробу декількома способами:

- 1) формою кривої;
- 2) по фазі (положенню нулів та максимумів) кривої;
- 3) за відхиленням кривої від горизонтальної розгортки променя (за амплітудою);
- 4) за поєднанням кількох параметрів кривої.

Переваги методу ВМК у порівнянні з іншими методами виявлення поверхневих дефектів (наприклад, капілярним методом) є найбільш значними при контролі сталей із захисними покриттями; під час контролю деталей у процесі експлуатації машин; при контролі прокату у технологічному процесі; при масовому



контролі однотипних деталей, наприклад, куль, роликів, втулок, обойм шарикопідшипників і т.п. деталей у процесі їх виготовлення.

#### **1.4 Специфіка використання ВМК в авіаційній галузі**

Наявність значних динамічних навантажень на диски коліс літальних апаратів під час зльотів і особливо приземлень, змусили їх виробників ввести для експлуатуючих і ремонтних компаній обов'язкові процедури з методів неруйнівного контролю авіаційних коліс.

Найбільш відповідальною зоною при контролі вважається зона прилягання реборди половинки колеса до циліндричної поверхні. Адже в разі наявності тріщин в циліндричній поверхні, може статися тільки розгерметизація і спускання колеса, на відміну від ситуації, коли наявність тріщини в зоні радіусного переходу реборди в циліндричну поверхню може призвести до руйнування реборди і потрапляння її частин в двигуни повітряного судна.

Основними методами неруйнівного контролю для виявлення поверхневих дефектів при проведенні робіт на колісно-ремонтних ділянках, є капілярний та вихрострумний методи.

Велика частина робіт по виконанню інспекції виконується вихрострумний методом контролю так як він дозволяє виконувати перевірку коліс без видалення лакофарбового покриття, на відміну від капілярного методу, який застосовується тільки при його відсутності.



Рис. 1.4. Принцип дії вихрострумного методу контролю

Об'єктами вихрострумowego контролю можуть бути: основний метал, зварні з'єднання конструкцій, а також деталі. Вихрострумовим контролем можуть бути виявлені: кувальні, штампувальні, шліфувальні тріщини, надриви в елементах конструкцій та деталях; волосовини, неметалеві включення, пори у поковках та прокаті; тріщини, що виникли в елементах конструкцій та деталях при експлуатації машин.

Вихрострумовим методом не можуть бути проконтрольовані елементи конструкцій та деталі з різкими змінами магнітних або електричних властивостей; з дефектами (тріщинами), плоскості розкриття яких є паралельні до контрольованої поверхні або складають з нею кут менший від  $10^\circ$ . При вихрострумовому контролі не виявляються дефекти в елементах конструкцій та деталях: з поверхнями, на які нанесені електропровідні захисні покриття, якщо дефект не виходить на поверхню покриття; з поверхнями, покритими корозією.

Найкраще виявляються дефекти типу поперечних тріщин, зорієнтовані перпендикулярно до контрольованої поверхні. Ширина розкриття поперечної тріщини у певних межах не впливає на можливість її виявлення (20...30 мкм), однак можливість виявлення дуже щільних тріщин різко зменшується. Таке явище, наприклад, характерне для гартівних тріщин. Ризики та надрізи у порівнянні з поперечними тріщинами, зазвичай, виявляються гірше. Заповнення порожнини дефекту брудом, нагаром, неелектропровідними оксидами тощо не призводить до зниження їх виявленості.

### **1.5 Необхідність оптимізації процесу інспекції авіаційних компонентів**

Хоча оптимізація всієї транспортної системи є важливою для бізнесу, ефективне управління працівниками є ключовим фактором успіху. Адекватне розміщення людських ресурсів відіграє велику роль у задоволеності клієнтів і продуктивності бізнесу. Це особливо актуально для підприємств, які мають розклад і особливі умови, наприклад транспортний сектор. Немає жодних сумнівів у тому, що існує повний зв'язок між якістю роботи та прибутковістю бізнесу, якщо персонал

настільки хороший, як системи оптимізації, які використовує компанія. Тепер виникає питання, чи ваша компанія оптимізувала свої кадри?

Однією з найбільших проблем, з якою стикається транспортна компанія, є розклад і управління ресурсами. Поганий розподіл розкладів може призвести до поганого адміністрування робочого процесу, що, у свою чергу, означатиме втрату якості обслуговування та прихильності персоналу.

Тому для досягнення ефективного розкладу важливо грамотно призначати завдання наявному персоналу, мінімізуючи витрати та максимізуючи задоволеність працівників. Якщо система не досягає оптимальних рішень для своїх проблем, бізнес стикається з недостатнім плануванням, що може призвести до кількох проблем як внутрішніх, так і зовнішніх.

Як наслідок, необхідно сказати, що оптимальним є планування, яке прагне досягти бізнес-цілей. Ефективне управління має звести до мінімуму потребу в додаткових годинах, оскільки воно рівномірно розподіляє розклад і, у свою чергу, зменшить витрати на оплату цих додаткових годин. Це також дозволить призначити оптимальні ресурси для кожного завдання, зменшуючи додаткову роботу для кваліфікованих працівників.

Оптимізація продуктивності персоналу є найкращою практикою галузі, оскільки вона розподіляє людські ресурси рівномірно з метою надання більшої кількості послуг у межах тих самих ресурсів.

Таким чином, підприємства, які вирішують оптимізувати своє планування, отримують щорічне збільшення доходів, скорочення витрат на оплату праці та точність даних. Зрештою, це досягає вдосконалення на всіх рівнях і адаптації ресурсів до стратегічних рішень компанії.

Крім того, розподіл і впорядковане застосування розкладів не є простим завданням. Таким чином, ми рекомендуємо використовувати програмне забезпечення для оптимізації для управління людськими ресурсами, таке як GoalStaff®. Ця система дозволяє оптимізувати співвідношення між пропозицією та попитом, щоб запропонувати кращу якість послуг за найкращими цінами.

## **Висновки до розділу**

В даний час широко застосовуються методи та засоби неруйнівного контролю (НК) виробів машинобудування, що дозволяють перевіряти якість, не порушуючи їх придатності для подальшого використання за призначенням.

Дослідження змін фізичних характеристик матеріалів та виявлення дефектів, що є причиною цих змін, становить фізичну основу методів неруйнівного контролю.

Перевагами методів ПК є висока надійність та достовірність контролю, можливість застосування ПК у поопераційному контроль виробів, можливість застосування методів ПК в умовах експлуатації, порівняно велика швидкість контролю та ін.

## РОЗДІЛ 2

### ПОКРАЩЕННЯ МЕТОДИКИ ВИХРОСТРУМОВОГО МЕТОДУ НЕРУЙНІВНОГО КОНТРОЛЮ

#### 2.1 Область дослідження вихрострумового методу НМК

Неруйнівний контроль цивільних літаків – це переважно випробування в експлуатації, яке дуже відрізняється від неруйнівного контролю сировини та процесів обробки. Через суворі умови експлуатації цивільних літаків, окрім пошкоджень від втоми, викликаних звичайним польотом літака, існують фактори навколишнього середовища. Конструкційна корозія тощо, виникнення цих дефектів пошкодить цілісність конструкції, викликаючи зниження міцності конструкції. Відповідно до вимог проекту стійкості до пошкоджень, дефекти необхідно перевірити та усунути до зниження міцності конструкції до залишкової міцності конструкції та відновити її до проектної міцності. Тому під час експлуатації цивільної авіації дуже важливою є робота з неруйнівного контролю. У програмі технічного обслуговування конструкції, рекомендованій виробником цивільного повітряного судна, детально вказано порогове значення, метод перевірки та інтервал перевірки структурної перевірки. Оскільки багато видів неруйнівного контролю цивільних літальних апаратів є технічною інспекцією, існують проблеми із запровадженням неруйнівного контролю, такі як складність, складні умови поверхні, складні та різноманітні форми дефектів.

Особливості неруйнівного контролю технічного обслуговування цивільних літальних апаратів знаходять відображення і в неруйнівному контролі, який переважно здійснюється вручну. За винятком кількох спеціальних компонентів, в принципі немає автоматичного чи напівавтоматичного пристрою перевірки. Це пояснюється тим, що конструкція та компоненти літака мають складну форму, різні за розміром та різним станом поверхні. Більшість перевірок у технічному обслуговуванні літаків є частковими контрольними перевірками, тому автоматичні або напівавтоматичні прилади перевірки використовувати не можна. При перевірці окремих спеціальних компонентів використовуються лише автоматичні або напівавтоматичні контрольні пристрої, наприклад, турбінні диски для певних

двигунів. Оскільки переважна більшість перевірок проводиться вручну, якість неруйнівного контролю технічного обслуговування ПС значною мірою залежить від фактичної роботи персоналу неруйнівного контролю. Фактори, що впливають на якість неруйнівного контролю, особливо людський фактор, вимагають від персоналу з неруйнівного контролю високого ступеня відповідальності та хорошого технічного рівня, висувають підвищені вимоги до підготовки персоналу з неруйнівного контролю цивільної авіації.

Існує багато видів матеріалів для неруйнівного контролю цивільної авіації. Існують традиційні металеві матеріали, такі як алюмінієвий сплав, титановий сплав, легвана сталь, а також різні типи композиційних матеріалів, таких як металева стільникова структура, вуглецеве волокно, скловолокнисті композитні матеріали тощо. Основним конструкційним матеріалом корпусу літака є алюміній. сплав. Взевши за приклад літак Boeing, 2024 широко використовується в обшивках фюзеляжу, верхніх і нижніх аеродинамічних стабілізаторах тощо. 7075 зазвичай використовується в таких конструктивних частинах, як каркаси фюзеляжу та прогони. Різні типи легованих сталей використовуються для виготовлення шасі, підвіски двигуна, високоміцних конструкцій тощо. Титанові сплави часто використовуються для гарячих компонентів двигуна, гідравлічних трубопроводів, шасі тощо. Використання композитних матеріалів також набуває все більшого поширення в конструкціях літальних апаратів, таких як закрилки, елерони, рулі і т. д., і типові типи пошкоджень і місця розташування цих матеріалів різні, що ускладнює неруйнівний контроль цивільних літаків. . Щоб перевірити різні типи дефектів у цих різних типах конструкційних матеріалів, кожен підрозділ технічного обслуговування в основному має можливість мати різноманітні методи тестування, але багато підрозділів технічного обслуговування не застосовували багато методів тестування через навантаження на технічне обслуговування. Сприяють накопиченню практичного досвіду персоналу з неруйнівного контролю, тому підвищуються вимоги до підготовки персоналу цивільної авіації з неруйнівного контролю.

Неруйнівний контроль цивільної авіації має різноманітні конструктивні форми, включаючи обшивки, прогони, перегородки, обідки, армовані листи тощо, а також

різноманітні форми компонентів, таких як різні типи кріплень, колеса та відкидну раму, деталі двигуна тощо, а різні конструктивні частини мають різні принципи проектування, як структуру безпеки (рис. 2.1), так і структуру захисту від пошкоджень і структуру конструкції стійкості до пошкоджень (рис. 2.2), тому неруйнівний контроль цивільних літаків на даний момент, необхідно зрозуміти принципи проектування, положення установки, форму зусилля та типове положення тріщини цих різних конструктивних компонентів. При цьому через компактну конструкцію та складну структуру конструкції та компонентів літального апарату визначається, коли цивільне ПС проходить натурний неруйнівний контроль. Важливе значення має місце огляду та розташування типової тріщини. Щоб визначити місце розташування конкретної частини літака, необхідно покладатися на систему станцій літака, надану виробником.

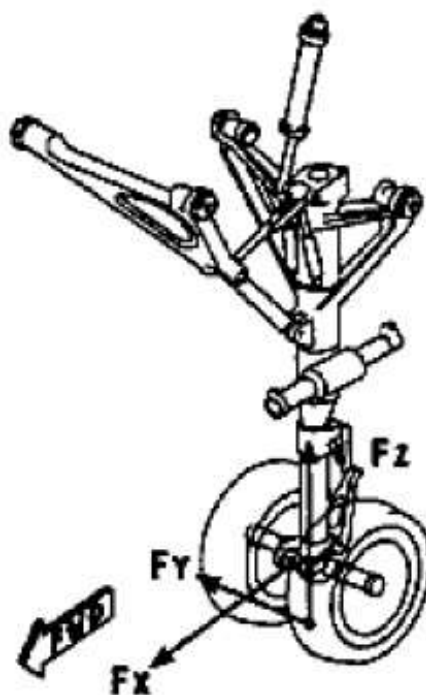


Рис. 2.1 Конструкція шасі

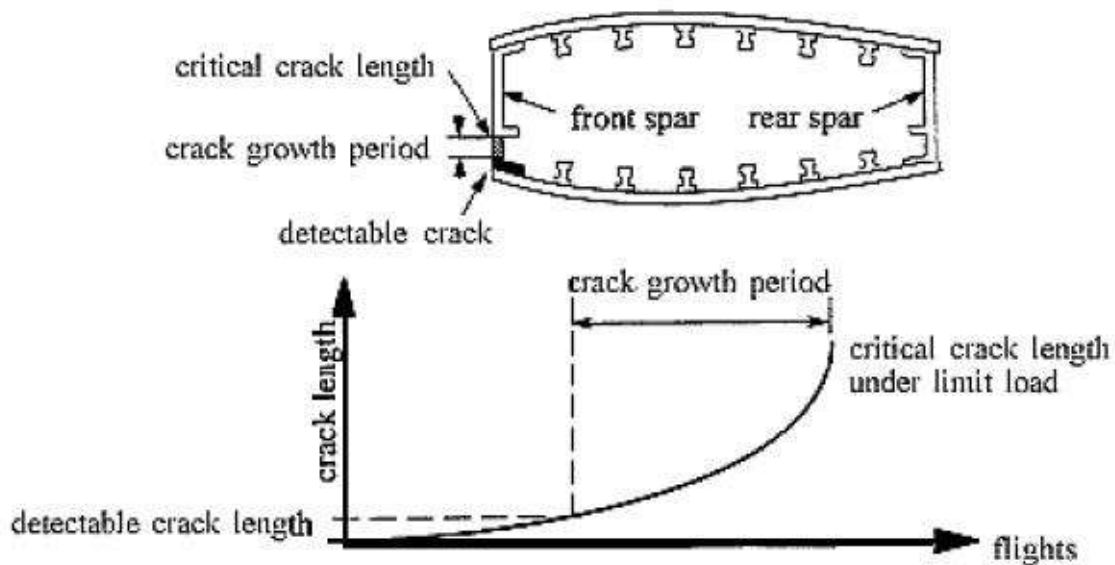


Рис. 2.2 Графік конструкційної стійкості до пошкоджень

## 2.2 Ймовірність виникнення дефекту та типи дефектів

Дефектною формою неруйнівного контролю цивільної авіації є в основному розрив конструкції, що утворюється під час використання, тобто втомна тріщина, викликана втомним пошкодженням (рис. 2.3), корозія, викликана пошкодженням навколишнього середовища (рис. 2.4) і випадковим пошкодженням (рис. 2.5) Три типи пошкоджень, як правило, не включають металургійні дефекти та дефекти обробки, спричинені виготовленням та переробкою сировини. Вимоги до неруйнівного контролю при технічному обслуговуванні цивільних повітряних суден полягають у виявленні дефектів, викликаних процесом використання, головним чином утомних пошкоджень та корозії. Через великий вплив втомної тріщини на міцність конструкції літака це катастрофічний вихід з ладу конструкції цивільного літака.

Отже, головною причиною типових дефектів, які досліджуються за допомогою неруйнівного контролю цивільної авіації, є втомні тріщини, а необхідний розмір втомних тріщин повинен бути рисим. Пошкодження конструкції літака також дуже серйозні. Особливо у флотах авіакомпаній, які базуються переважно на прибережних районах, проблема корозії є дуже гострою. Через високу ціну та тривалий термін служби літаків цивільної авіації весь термін служби флоту стає важливим аспектом



роботи авіакомпанії щодо зниження витрат на технічне обслуговування. Щоб зменшити витрати на утримання конструкції, необхідно своєчасно проводити ремонт при незначній корозії конструкції. Як тільки корозія перевищує певний стандарт, структурне обслуговування призведе до витрат на технічне обслуговування, а час простою літака значно збільшився, тому при неруйнівному випробуванні цивільних літаків перевірка на корозію також дуже важлива. Для ефективної перевірки та усунення пошкоджень, що існують у конструкції літака, кожному підрозділу технічного обслуговування необхідно розробити структурну програму технічного обслуговування для конкретної ситуації флоту (рис. 2.6).



Рис. 2.3 Пошкодження від втоми



Рис. 2.4 Корозія



Рис. 2.5 Ситуативне пошкодження

Неруйнівний контроль цивільних літаків вимагає більш високої чутливості виявлення та ймовірності виявлення дефектів, тобто необхідно перевіряти менші дефекти з більшою ймовірністю виявлення. Візьмемо для прикладу літак Boeing. У керівництві з неруйнівного контролю, наданому Boeing, при вихрострумових випробуваннях конструкції кузова, як правило, потрібно мати можливість виявити втомні тріщини довжиною 2,5 мм, а в деяких спеціальних процесах потрібно перевірити довжина тріщини повинна бути меншою. При обслуговуванні компонентів двигуна потрібен високочутливий або надвисокочутливий контроль проникнення флуоресценції, а також дефекти шириною від 0,5 мкм до 1 мкм і глибиною від 2 мкм до 20 мкм можуть бути перевірені, що потрібно щоб відповідати такій чутливості виявлення. Велика ймовірність виявлення дефекту. Відповідно до вимог принципу проектування стійкості до пошкоджень, неруйнівний контроль вимагає 90% ймовірності перевірки для дефекту певного розміру з 95% довірчим рівнем. Причина високого рівня неруйнівного контролю цивільних літальних апаратів полягає в тому, що дефекти конструкцій та компонентів літального апарату, які вчасно не виявлені та відремонтовані, можуть призвести до серйозних аварій безпеки або дорогого ремонту.

### 2.3 Технічні характеристики стенду перевірки коліс AWT 950 NG та дефектоскопу ELOTEST M3

AWT 950 NG – це стенд, створений для тестування авіаційних коліс за допомогою вихрострумового неруйнівного методу контролю. ELOTEST M3 разом з датчиком KDB-4 вироблена компанією «Rohmann GmbH» використовується як вимірююча система. Вся поверхня колеса, включаючи радіус і поверхня кромки, сканується датчиком автоматично. Колесо встановлене на стіл який обертається і проба зафіксована на двох осьовий маніпулятор. Стенд записує все сканування на комп'ютерну тач-панель, що дозволяє записувати і/або генерувати звіти. Стенд створений як частина конвеєру.

Таблиця 2.1

#### Механічні параметри

Діаметр колеса	150 мм – 950 мм
Максимальна висота колеса	До 450 мм
Висота поверхні сканування	30 мм – 430 мм
Максимальне навантаження	100 кг
Окружна швидкість поверхні сканування	1 мм/с – 2000 мм/с
Крок датчика за оберт	0 – 10 мм за оберт

#### Електричні параметри

Система живлення	3+N+PE 400V/230V 50 – 60 Hz
Макс. встановлена потужність	3 kW
Номінальне навантаження	20 A

#### Пневматичні параметри<sup>1</sup>

Тиск пов. на вході	f 2,5 bar – 4 bar
Номінальний пов. тиск	3 bar
Тиск для проби <sup>2</sup>	0,7 bar – 1,1 bar
Номінальний тиск проби	0,9 bar

<sup>1</sup> Стенд включає вхідний редукційний клапан для налаштування вхідного тиску.

<sup>2</sup> Стенд включає редукційний клапан тиску проби.

Опис станду[4].

Станд містить головні елементи:

- 1) Сигнальна колона,
- 2) Комп'ютеризована керуюча панель,
- 3) ELOTEST M3,
- 4) Електричний відділ,
- 5) Центруйючий конус,
- 6) Авіаційне колесо для сканування,
- 7) Роликові дорожки,
- 8) Кнопка аварійного вимикання.

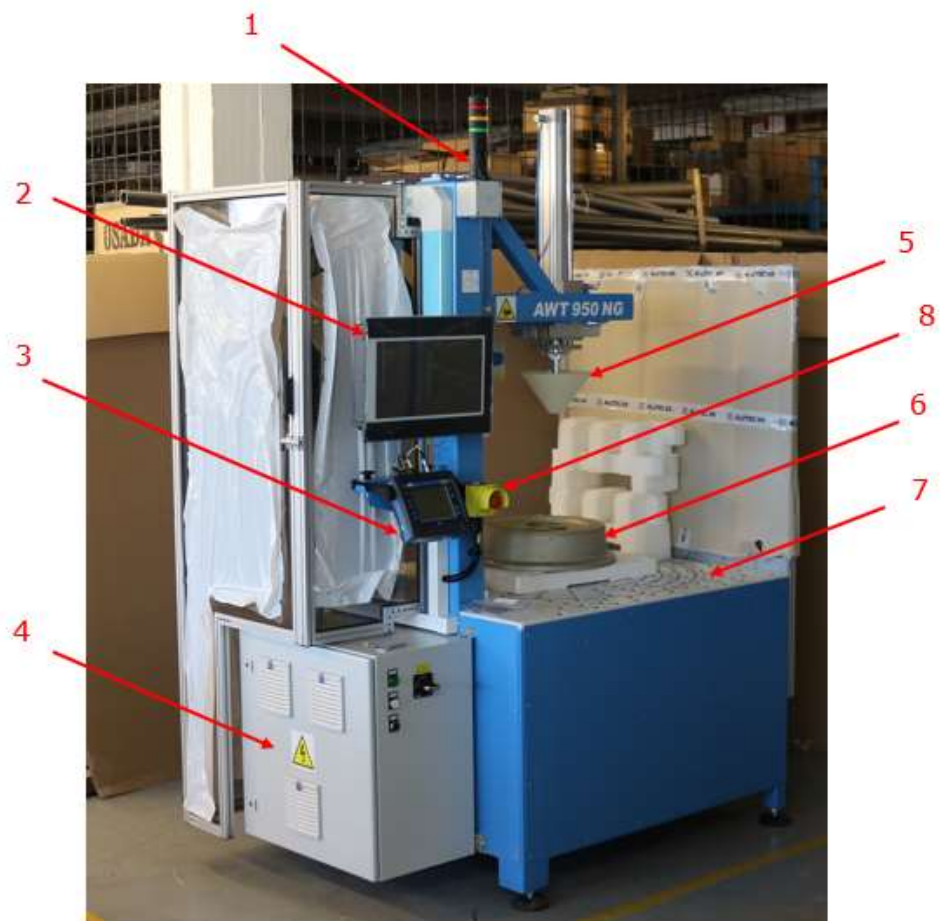


Рис. 2.6 – Основні елементи станду AWT 950 NG

ELOTEST M3 робочі параметри

Користувальницький інтерфейс ELOTEST M3 [5]

- 1) Приміщення піктограми, робота однією рукою за допомогою щелчків по клавіатурі
- 2) 7 мов: англійська, німецька, французька, італійська, шведська, китайська та іспанська
- 3) Клавіші прямого доступу для управління компенсаційними змінами зазору та відриву
- 4) Програмовані функціональні клавіші
- 5) Інтуїтивно зрозуміле управління з допомогою одноуровневого підменю
- 6) Автоматична корекція сигналів датчика
- 7) Корекція відповідального сигналу датчика для оптимізації динаміки
- 8) Автоматичний вибір робочих частот в залежності від характеристики датчика
- 9) Автоматичне узгодження абсолютного датчика з точно встановленою внутрішньою компенсуючою навантаженням (зовнішні елементи не вимагаються)

#### Діапазон частот

- 1) Від 10 Гц до 12 МГц з плавною регульованою та показною в Гц, кГц, МГц
- 2) Регулювання напрямку від 0% до 100% з шагом 2% (100% Напряження возбуждення  $\pm 10$  В)
- 3) Двухчастотна робота в багатофункціональному режимі

#### Підсилення

- 1) Підсилення 0 – 60 дБ з шагом 0,5 дБ (при частотах нижче 100 Гц – від 0 до 40 дБ), 20 дБ підсою
- 2) Усилення 0 – 60 дБ з шагом 0,5 дБ
- 3) Розброс по осі 0 – 20 дБ з шагом 1 дБ
- 4) Автоматичний вибір підприємств та посилення

#### Оберт фази

0 – 359,5 ° з шагом 0,5 °; регулюемый шаг

## Фільтр

- НЧ-фільтр від 1,3 Гц до 10 кГц (40 шагів)
- ВЧ-фільтр від 0 Гц до 10 кГц (40 шагів)
- Полосовий фільтр від 0 Гц до 10 кГц (40 шагів); комбінація ФНЧ і ФВЧ
- Автоматичний фільтр для роботи ротора

## ЖК-дисплей

- ЖКД з економічно світлодіодною підсвічуванням, 120 x 89 мм (4,72 "x 3,5")
- Установка контрасту з компенсацією температурних віздів
- Розробка 320 x 240 пікселів; частота оновлення 75 Гц
- 220000 замірів/с без затримки сигналу
- Виведений показник займає 100% екран; при відображенні меню – 89%
- Угол обзору 80 °

## Режими дисплея

- Комплексна плоскість / точечне відображення (X / Y) для всіх датчиків
- Часова розвідка / розвертка (Y / t), від 5 мс до 60 с (17 шагів); синхронізована
- Одночасне відображення X/Y та Y/t (сдвоений режим)
- Можливість фоновий відображення опорного сигналу
- 2 розміри екранної сетки з регульованою яркості
- Вибір зон відображення: X/Y в центрі – X/Y внізу в центрі – X/Y внізу справа
- Виробнича установка нульових точок
- Автоматичний випуск при роботі ротора
- Одночасне відображення кількох сигналів у багаточастотному режимі
- Час збереження наступних сигналів: від 0,1 до 70 с (12 шагів)
- Підготовка зареєстрованого сигналу; очистка вручну або автоматично (2 – 80

с)

Зміна товщини покриття

- Зміна товщини непровідникових покриттів або проводячих неферромагнітних покриттів
- Діапазон діпазонів від 0 мм до 1 мм



Рис 2.7 – Дефектоскоп ELOTEST M3

#### 2.4 Оптимізація процедури вихрострумовеого контролю авіаційних компонентів

До недавніх пір на підприємстві ТОВ “Авіадинаміка” для потреб здійснення неруйнівного контролю авіаційних компонентів таких, як пневматики провідних літаків Boeing, Airbus та Embraer використовувався дефектоскоп ELOTEST M3, в типові вирішуємі задачі якого входило

- 1) Ручний контроль із застосуванням диференціальних і абсолютних датчиків
- 2) Ротаційний контроль в отворах в багатошарових структурах
- 3) Пошук дефектів поверхні або прихованих дефектів конструкцій
- 4) Вимірювання корозії і провідності
- 5) Класифікація матеріалів за властивостями і твердості.

Відповідно весь контроль здійснювався спеціально навченим кваліфікованим персоналом в ручному режимі.

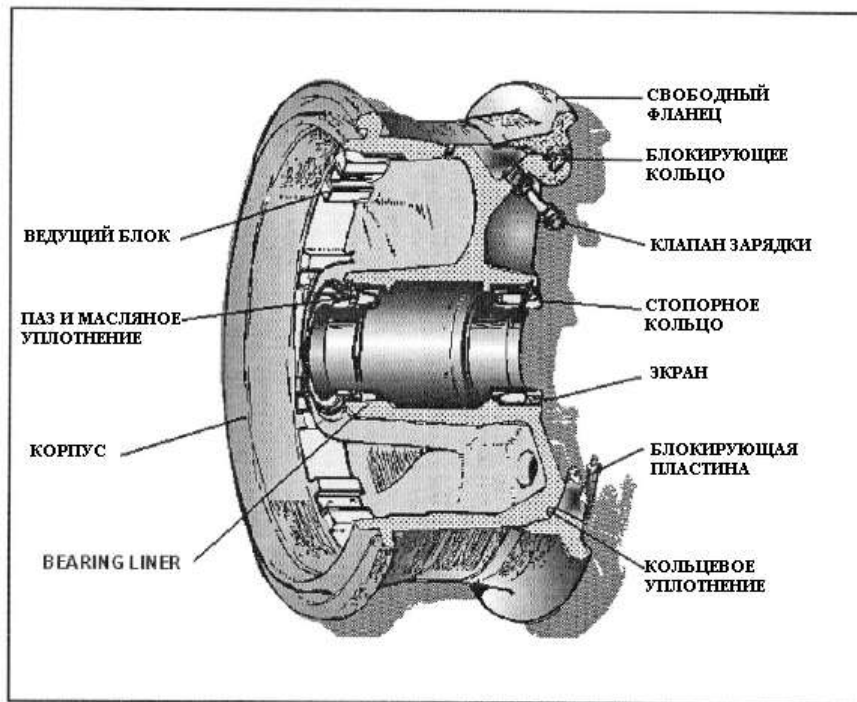


Рис. 2.8 – Конструкція авіаційного пневматика

Нижче наведені відмінності автоматичного режиму сканування від ручного:

Опис режимів сканування

Стенд дозволяє сканувати поверхню колеса у двох основних режимах:

- 1) Ручний режим,
- 2) Автоматичний режим,

і один режим для налаштування стенду чи маніпулятора

- 3) Режим обслуговування.

Оператор перемикає між ручним і автоматичним режимами кнопкою Automat/Manual на вкладці "Control". Ця кнопка завжди відображає статус, в якому зараз стенд.



(a)



(b)

Рис. 2.9. Перемикач "Manual/Automat" (a. Обраний ручний режим; b. обраний автоматичний режим)



Оператор може перейти в сервісний режим натисканням кнопки "Log in to Service" на вкладці "Log in". Потрібно ввести пароль в текстове поле "Password" . Пароль: "ATG Letov".

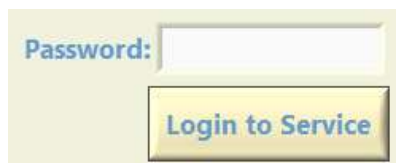


Рис. 2.10: Поле "Password" і кнопка "Log in to service"

### Ручний режим

Ручний режим призначений для сканування поверхні колеса за допомогою ручного управління оператором.

### Вибір ручного режиму

Оператор обирає ручний режим натисненням на певні кнопки на вкладці "Control" .

- 1) Перемкніть кнопку "Manual/Automat" в значення "Manual".
- 2) Затисніть колесо перемиканням кнопки Grip/Ungrip в положення "Ungrip".
- 3) Виштовхніть пробу кнопкою "Press" в положення "Pressed".

### Переміщення маніпулятора:

- 1) Оператор може рухати маніпулятор після того як проба була виштовхнута.
- 2) Маніпулятор буде рухатись за напрямком кнопки, яка буде натиснута. Осі рух маніпулятора мають деяку обмеження.
- 3) Якщо проба не буде виштовхнута, маніпулятор не буде рухатись.
- 4) Якщо маніпулятор знаходиться у крайньому положенні, це дозволить рух лише в іншому напрямку, ніж це положення.
- 5) Обертаючий стіл почне обертатись якщо оператор встановить діаметр колеса і колову швидкість в вкладці "Control".
- 6) Якщо поршень з пробою вдавнений на 30 % від максимуму або був активований датчик головного клапану, рух буде зупинено доки перешкода не буде усунена.

Якщо вище вказані обмеження не досягнуті, оператор може рухати маніпулятором до будь-якої позиції.

Оператор рухає маніпулятором шляхом натискання відповідної кнопки з напрямком. Після чого маніпулятор піде в зазначеному напрямку. Оператор може зупинити рух маніпулятора натисненням тієї ж кнопки руху.

Маніпулятор зупиниться автоматично в крайній позиції, якщо оператор не натисне відповідну кнопку знову. Маніпулятор зупиниться у випадку зіткнення з перешкодою чи зіткнення проби.

Автоматичний режим призначений для автоматичного сканування поверхні колеса. Оператор може переключити в автоматичний режим перемикачем Automat/Manual в вкладці "Control". Є два випадки коли перемикач доступний:

- 1) Маніпулятор в позиції за умовчанням.
- 2) Стенд знаходиться не в позиції за умовчанням.

Якщо маніпулятор в положенні за умовчанням, перемикач не буде мати ніякого ефекту. Якщо маніпулятор не в позиції за умовчанням, перемикач кнопки автоматично почне процедуру сканування і маніпулятор стане на початкову позицію сканування.

Так оператор обирає автоматичний режим сканування перемикачем перемикача "Automat/Manual" в вкладці "Control".

Після початку процесу автоматичного сканування, стенд затисне колесо на обертаючому столі центруючим конусом. Далі ідуть наступні кроки:

- 1) Почнеться обертання колеса з певною кутовою швидкістю, яка вирахована з кутової швидкості поверхні і діаметру колеса,
- 2) Переміщення проби в початкове положення, яка визначається діаметром колеса і початковими параметрами Z start pos.,
- 3) Проба наближається до колеса,
- 4) Проба іде до низу вздовж поверхні колеса
- 5) Проба торкається кромки колеса в перше,
- 6) Проба іде в верх на 5 см,
- 7) Проба швидко іде до низу доки не торкне колесо знову,

- 8) Маніпулятор іде від колеса,
- 9) Проба сканує кромку колеса,
- 10) Маніпулятор повертається в поз. за умовчанням,
- 11) Обертаючий стіл зупиняється, конус іде догори.

Оператор може зупинити цю процедуру в будь-який момент, натиснувши кнопку «STOP». Це призведе до того, що маніпулятор піде в поз. за умовчанням і контролер зупинить процедуру.

Оператор може вмикати і вимикати деякі додаткові функції:

- 1) Перерве сканування(Continual/Dis-continual),
- 2) Функція подвійних сигналів (Dual Signal ON/Dual Signal OFF),
- 3) Функція перестрибування (Jump ON/Jump OFF),
- 4) Перевірка проби (Check ON/Check OFF).

Перервне сканування

Функція небезперервного сканування дозволяє оператору перевіряти кожну знайдену індикацію окремо. Стенд зупиняє колесо на кожній знайдений індикації і розвертає їх до оператора.

Цю функція вмикається і вимикається перемикачем «Continual/Dis-continual» в вкладці "Control" .

Функція подвійного сигналу

Ця функція дозволяє вказати кількість виявлених індикації після яких колесо буде розвернуте до оператора.

Користувач може вмикати і вимикати цю функцію перемикачем "Dual signal ON/Dual Signal Off" в вкладці "Control" в статусі "Dual Signal ON". Користувач повинен вказати кількість знайдених індикацій щоб стенд зупинився це можна зробити параметром "No. Signals" в вкладці "Control".

Функція перестрибування

Функція перестрибування дозволяє користувачу зазначити площу поверхні колеса, яка буде перестрибнута автоматично. Ця функція має місце у випадках коли поверхня колеса має отвори, що може пошкодити поверхню проби.

Оператор може увімкнути або вимкнути цю функцію за допомогою перемикача «Jump On/Jump Off» на контрольній панелі.

#### Перевірка проби

Функція перевірки зонда діє лише в тому випадку, якщо безперервне сканування вимкнено. Ця функція кожного разу перевіряє зонд (пробу) до, та після сканування. Після завершення автоматичного сканування функція автоматично генерує звіт, який включає осцилограми з процедури попередньої та подальшої перевірки, а також запис сканування поверхні коліс.

#### Використання станду

Машина AWT 950 NG створена для сканування поверхні авіаційних коліс в декількох режимах, вказаних в пункті 7. Цю частина описує в деталях, як використовувати стенд і режими.

#### Погрузка колеса на стенд

Пристрій призначений як частина конвеєрної лінії. Висота машини регулюється за допомогою ніжки відповідно до висоти конвеєрної лінії. Колесо завантажується вручну вздовж обертової кульової доріжки столу. Вага навантажувального колеса може становити до 100 кг. Оператор повинен використовувати транспортну пластину для руху колеса вздовж кульової колії. Приклад транспортної пластини наведено на рис. 2.11. Оператор направляє колесо в центр обертового столу

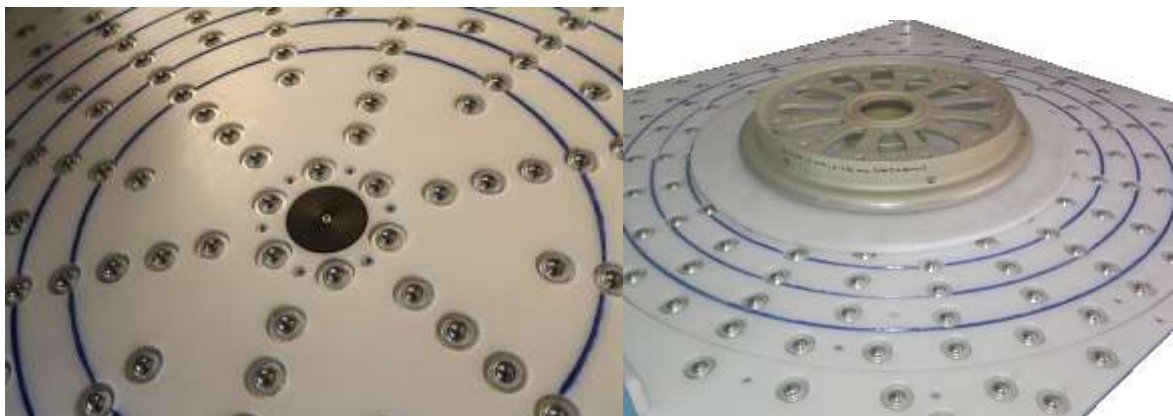


Рис. 2.11: Обертаючий кульовий стіл



Рис. 2.12 Приклад транспортної пластини

Під час того як конус затискає колесо, оператор направляє центр колеса таким чином, щоб конус сів на втулку колеса . Оператор переміщає колесо руками обережно і торкається тільки до кільця колеса. Він чи вона повині бути обережними, щоб запобігти притисканню руки до колеса.

Встановлення налаштувань колеса

- 1) Перемкніть стенд в ручний режим (кнопка 1 на Рис. 2.13).
- 2) Затисніть колесо кнопкою затиснення (Кнопка 2 на Рис. 2.13).
- 3) Виштовхніть пробу (Кнопка 3 на Рис. 2.13).
- 4) Перемістіть пробу на висоту початкового положення сканування і найбільшого діаметру колеса.



Рис. 2.13. Вкладка "Control" – кнопки для ручного керування стендом

- 5) Перейдіть до вкладки "Recipe".
- 6) В текстовому полі "New" встановити нову назву налаштування з алфавітно-цифровими символами.
- 7) Клікніть на "Create Recipe" (Рис.- 2) щоб створити нове налаштування.

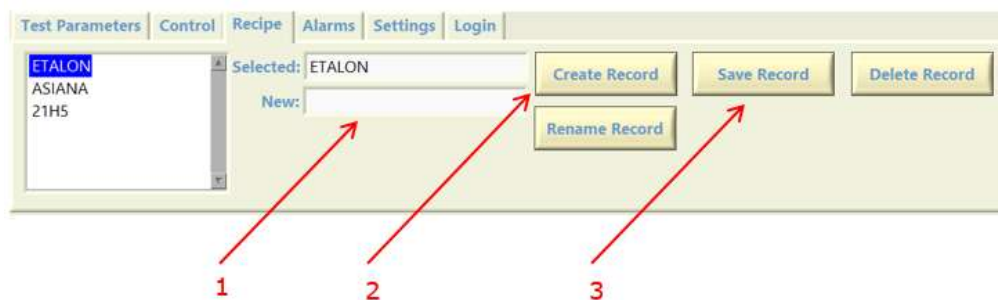


Рис. 2.14. Вкладка "Recipe" – встановлення нового рецепту

- 8) Перейдіть до вкладки "Test Parameters".
- 9) За допомогою списку налаштувань перевірте правильність вибору налаштування.
- 10) Оберіть тип половинки колеса (2.15).
- 11) Встановіть крок і колову швидкість.
- 12) Збережіть дане положення маніпулятора як стартову позицію сканування клікнувши на "Save X, Z" (X діаметр, Z це стартова поз. Z).

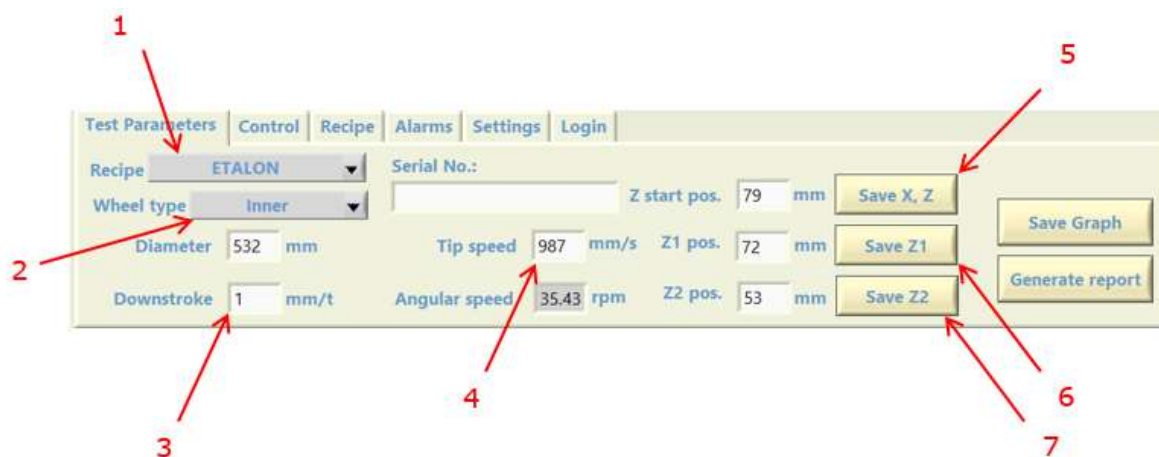


Рис. 2.15: Вкладка "Test Parameters" – параметри для нового рецепту

- 13) Зараз оператор може встановити позиції Z1 і Z2 функції перестрибування наступним чином. Якщо оператор немає наміру використовувати цю функцію, він чи вона можуть пропустити ці кроки і перейти до пункту 14..
  - a) Перейдіть до вкладки "Control"
  - b) Використовуючи кнопку з стрілкою "Down" перемістіть пробу до початкової позиції перестрибування.
  - c) Перейдіть до вкладки "Test Parameters" .

- d) Клікніть на кнопку "Save Z1" і збережіть поточну позицію вісі Z, як позицію Z1 – старту функції перестрибування.
- e) Перейдіть назад до вкладки "Control".
- f) Використовуючи кнопку з стрілкою "Down" перемістіть пробу до кінцевої позиції функції перестрибування.
- g) Перейдіть до вкладки "Test Parameters" .
- h) Натисніть кнопку "Save Z2" і збережіть поточне положення вісі Z, як Z2 – стартова позиція функції перестрибування.

14) Перейдіть до вкладки "Recipe" .

15) Натисніть кнопку "Save Record" щоб зберегти рецепт.

16) Тепер можливо перемкнути перемикач "Manual/Automat" в автоматичний режим щоб почати авт. процедуру сканування.

Режим ручного сканування

Оператор може сканувати поверхню колеса в ручну, в ручному режимі сканування. Він чи вона може перейти до певної точки поверхні колеса і перевірити її. Зрозуміло, що колесо мусить обертатись, тож оператор сканує коло на поверхні колеса.

- 1) Перемкніть стенд в ручний режим.
- 2) Затисніть колесо кнопкою затискання.
- 3) Виштовхніть пробу кнопкою виштовхування.
- 4) Маніпулятор може контролюватись кнопками керування відповідно до розділу 2. Перейдіть до необхідного розділу.
- 5) Перейдіть до вкладки "Test Parameters".
- 6) Встановіть колову швидкість і параметри діаметру.
- 7) Встановіть серійний номер колеса якщо необхідно. Цей номер тільки для інформації, він відіграє роль тільки в назві генерованого звіту осцилограми.
- 8) Перейдіть до вкладки "Control".
- 9) Увімкніть обертання колеса.
- 10) На приладі ELOTEST-M3 перевірте сигнал від проби.

- 11) Оператор може переміщати пробу вздовж поверхні колеса і перевірити потрібне місце.
  - a. Натисніть кнопку "Store Mode Off" для початку запису сигналу від проби.
  - b. Оператор може зупинити запис сигналу кнопкою "Pause".
  - c. Якщо оператор задоволений результатом сканування, він чи вона може зберегти осцилограму як картинку кнопкою "Save Graph" на вкладці "Control".
- 12) Як тільки сканування закінчене, зупиніть обертання і поставте маніпулятор в позицію за умовчанням.
- 13) Втягніть пробу кнопкою "Unpress".
- 14) Звільніть колесо кнопкою "Ungrip".

#### Режим автоматичного сканування

Автоматичний режим сканування використовує декілька функцій для коректного сканування, про що було детально описано в статті 7.2. Оператор може запустити режим автоматичного сканування, виконавши такі дії:

- 1) Якщо перемикач автоматичного режиму в положенні авт. скан. оператор може натиснути кнопку "START".
- 2) Перемикніть перемикач "Automat/Manual" в положення автоматично, якщо він в ручному положенні.

Спеціальний випадок увімкнення автоматичного режиму, коли стенд знаходиться в ручному режимі, а оператор натискає кнопку «START». Стенд починає автоматичне сканування з поточного положення проби.

Оператор може зупинити процедуру автоматичного сканування, якщо натисне кнопку "STOP" на головному екрані. Маніпулятор піде в позицію за замовчуванням.



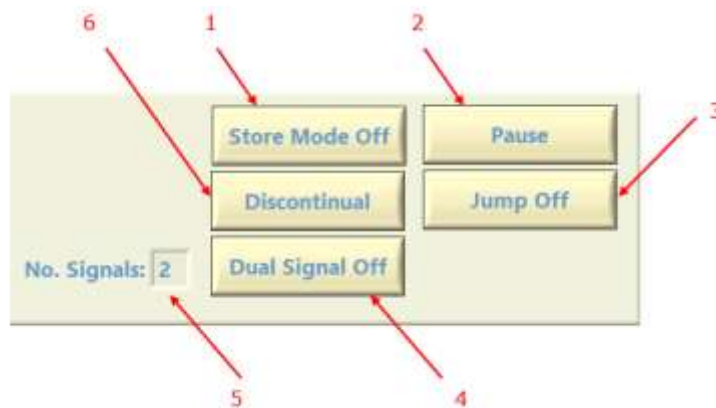


Рис.2.16 : Вкладка "Control" – Встановлення додаткових функцій

### Автоматичний безперервний режим сканування

Автоматичний безперервний режим сканування дозволяє сканувати всю поверхню колеса без автоматичних переривань. В цьому випадку стенд автоматично починає чи зупиняє запис і дозволяє оператору переглянути записаний сигнал на екрані осцилоскопу. Оператор може зберегти цю осцилограму як картинку або частину звіту.

- 1) Перемкніть перемикач 6 – Вкладка "Control" – в стан "Continual".
- 2) Оберіть необхідний рецепт на вкладці "Test Parameters".
- 3) Оберіть серійний номер колеса, якщо він відомий.
- 4) Клікніть кнопку "START".
- 5) Користувач направляє колесо таким чином, щоб конус затиснув його на втулці.
- 6) Після того як стенд закінчить сканування, він перейде в позицію за умовчанням.
- 7) Сигнальне світло "Insp. result" відображає результати сканування
- 8) Оператор може створити звіт клікнувши кнопку "Generate report" на вкладці "Test Parameters". Він чи вона може зберегти осцилограму отримані від проби клікнувши кнопку "Save Graph" на тій же вкладці.

### Перервний автоматичний режим сканування

Пристрій автоматично зупиняє обертання обертового столу кожного разу, коли виявляє індикацію. Запис сигналу зонда оператор включає самостійно за допомогою кнопки "Store Mode ON/OFF" на Рис.-1.

- 1) Перемкніть перемикач 6 на вкладці "Control" (Рис.-6) в стан "Dis-continual".
- 2) Оберіть необхідний рецепт на вкладці "Test Parameters".

- 3) Укажіть серійний номер колеса, якщо він відомий.
- 4) Клікніть кнопку "START".
- 5) Користувач направляє колесо таким чином, щоб конус затиснув його втулку.
- 6) Як тільки стенд знайде індикацію, він зупиниться і поверне колесо до оператора стороною з індикацією.
- 7) Оператор може обрати два наступних режими:
  - a. Ручний режим сканування – натисніть кнопку 1 – кнопка "Automat/Manual",
  - b. Безперервний автоматичний режим сканування – натисніть кнопку "START".
- 8) Після того як стенд закінчить сканування, він перейде в позицію за умовчанням.

Перервний авт. реж. скан. з функцією подвійного сигналу

Функція подвійного сигналу дозволяє користувачеві вказати, скільки індикацій повинен знайти пристрій до того, як йому зупинитися, остання виявлена індикація буде зі зворотньої сторони від оператора. Як тільки буде виявлена перша індикація, сигнал "Insp. Result загориться яскравим червоним кольором.

- 1) Оператор може увімкнути цю функцію перемкнувши перемикач 4, в статус "Dual Signal ON".
- 2) Якщо необхідно встановіть параметр "No. Signals" Цей параметр визначає інтервал знайдених індикаторів між зупинками.

Функція перестрибування

Функція перестрибування дозволяє оператору вказати площу поверхні колеса, яка буде перестрибнута в автоматичному режимі. Ця функція має важливість коли поверхня колеса має отвори, що можуть пошкодити пробу.

- 1) Функція перестрибування може бути увімкнена перемкнувши перемикач 3 вкладка "Control" в положення "Jump ON".
- 2) Оператор може почати сканування в будь-якому автоматичному реж.
- 3) Параметри Z1 і Z2 на вкладці "Test Parameters" вказуєбся.

- 4) Як тільки маніпулятор перейде до позиції Z1, почнеться стрибок. Він відійде від поверхні колеса
- 5) Іде до низу до позиції Z2.
- 6) Як тільки досягне позиції Z2, проба доторкнеться до поверхні колеса.
- 7) Поверхня колеса буде просканована згідно обраної автоматичної процедури сканування.

#### Функція перевірки проби

Функція перевірки проби створена для перевірки функціональності проби перед процедурою автоматичного сканування і після її закінчення. Оператор може увімкнути цю функцію перемикачем "Check ON/Check OFF" в позицію "Check ON". Ця функція потрібна якщо обрано автоматичне безперервне сканування.

Після закінчення процедури сканування і перевірки проби знову, звіт створюється автоматично.

## 2.4 Аналіз продуктивності дефектоскопу ELOTES M3

Під час інспекції половинки носового колеса P/N C20637000, як зазначено в інструкції з технічного обслуговування СММ 32-49-82, було проведено інспекцію поверхні колеса в області від кромки до місця посадки шини обома наявними на виробництві методами вихрострумового контролю (автоматичним і ручним) і встановлено, що автоматичний метод контролю потребує 130 секунд (приблизно 2 хв), в той час, як метод ручного контролю займає близько 6 хвилин.

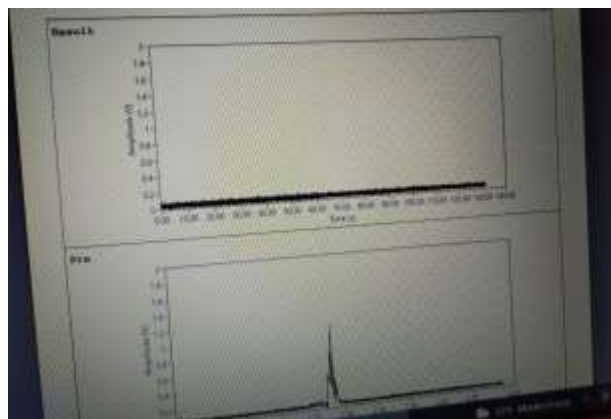


Рис. 2.17. Час виконання інспекції AWT 950 NG

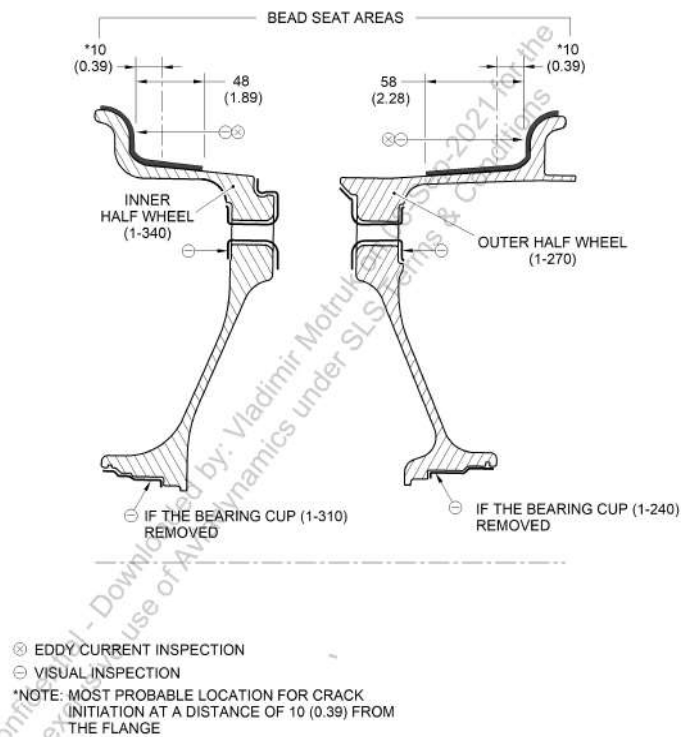


Рис. 2.18 Область виконання інспекції згідно технічній документації СММ 32-49-82

Застосування сучасних серводвигунів і контролерів дозволило спростити роботу дефектоскопістів і створити унікальні автоматизовані або напів-автоматизовані системи, які дозволили виконувати інспекцію складного профілю авіаційного колеса з фіксованим кроком переміщення ВТП за один оборот (крок спіралі), в рази підвищити продуктивність і достовірність контролю.

Таким чином, автоматичний режим дозволяє зробити інспекцію поверхні колеса в повністю автоматичному режимі без втручання оператора і завдяки швидкісній прокрутці колеса і автоматизованої роботи датчику, пришвидшує виконання данного виду робіт. По-перше, не дивлячись на те, що інші елементи колеса, до яких датчик AWT 950NG не має доступу (приблизно 40 відсотків від загальної площі колеса, яка підлягає вихретоковому контролю), цей режим значно полегшує роботу оператору, а по друге – виключає помилки процесу інспекції через людський фактор, що є дуже вагомим фактором в авіаційній галузі. Мінуси, які присутні в автоматичному режимі

над ручним – це дороговизна обладнання, яке використовується під час данної процедури. Але зважаючи на вимоги к безпеці в цивільній авіації, мінуси автоматичного режиму перевірки цілком перекриваються плюсами данного методу.

### **Висновок до розділу**

Вихрострумний метод неруйнівного контролю має виняткове значення для технічної діагностики вузлів авіаційної техніки.

Цей метод контролю має низку переваг у порівнянні з іншими методами, зокрема витратних матеріалів та дорогого обладнання. Метод має високу продуктивністю, значну достовірність контролю та не висуває особливих вимог якості підготовки поверхні та її шорсткості. Контроль можна проводити навіть без видалення покриття чи нагару.

Вихрострумним методом контролюють крила (втомні тріщини елементів крила зсередини кесонів), фюзеляжі, колісні диски, компоненти двигунів (основними контрольованими елементами є лопатки двигуна), ротори, осі, кріпильні отвори та елементи (виявлення дефектів у зоні виготовлені з високоміцних сталей). Вихрострумний контроль застосовується як на етапі виробництва літаків, вертольотів та іншої авіаційної техніки, так і в процесі їх експлуатації.

## РОЗДІЛ 3

# АКУСТИЧНИЙ КОНТРОЛЬ ГАБАРИТНИХ КОНСТРУКЦІЙ ПОВІТРЯНИХ СУДЕН З ПОЛІМЕРНИХ КОМПОЗИЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ

### 3.1 Сигнали засобів неруйнівного контролю

Основними джерелами інформації в засобах і системах неруйнівного контролю є акустомеханічні ультразвукові та електромагнітні коливання, електричні і магнітні поля різної фізичної природи. Чутливі елементи перетворюють їх в електричні сигнали. Кожен такий сигнал містить певну інформацію про фізико-технічні або фізико-хімічні характеристики матеріалу в заданій точці поверхні виробу. Сигнали являють собою функції часу, характеризуються інтенсивністю, формою, частотою, тривалістю, часом запізнювання щодо заданої точки відліку. Ступенем відмінності останніх на ділянках норми і на анорисіях характеризується інформативність сигналів: чим більше, тим ефективніший контроль.

В засобах неруйнівного контролю використовуються сигнали практично у всьому діапазоні частот, від звукових до інфрачервоних, оптичних та рентгенівських. В області найнижчих частот працюють акустомеханічні вимірювачі – дефектоскопи. Ці прилади призначені для дослідження характеристик матеріалів і для неруйнівного контролю якості багатошарових і стільникових конструкцій шляхом ударного збудження механічних коливань, прийому акустичних сигналів, вимірювання та аналізу їх параметрів. Чутливими елементами приладу є мікрофон і п'єзоелемент бойка. Сигнал мікрофона представляє собою квазігармонічні затухаючі коливання з випадковими тривалістю, флуктуаціями амплітуди, частоти і ступенем загасання. [6]

Основою моделі мікрофонного сигналу може служити функція часу вигляду:

$$f(t) = te^{-at} \sin \omega t . \quad (3.1)$$

При контролі багатошарових і стільникових конструкцій акустомеханічним дефектоскопом основними інформативними параметрами є енергія сигналу і його частота, які змінюються при наявності розшарувань і непростеїв. Інформацію про дефекти і анорисії можна отримати шляхом аналізу спектрів акустомеханічних сигналів:

$$S(j\omega) = \int_0^{\tau} S(t)e^{-j\omega t} dt. \quad (3.2)$$

Коливання, що збуджуються і прийняті сигнали, як правило, є імпульсами виду:

$$S(t) = A(t - t_3) \cos[\omega_0(t - t_3) - \varphi(t)], \quad 0 \leq t \leq \tau_c, \quad (3.3)$$

де  $t_3$ ,  $\tau_c$  – час запізнювання і тривалості сигналу. Основні інформативні параметри – огинаюча сигналу  $A(t)$  і час запізнювання  $t_3$ . [7]

### 3.2 Математичні моделі сигналів та інформативних параметрів

У мікропроцесорних засобах неруйнівного контролю залежно від режимів їх роботи вимірами є або безпосередні виміри аналогових сигналів, або вибірка вимірювань із різних параметрів (амплітуда, частота, фаза, час запізнювання, тривалість сигналів). Виміри корисних сигналів  $S_1, S_2, S_3, \dots, S_n$  спотворюються модулюючими ( $m_k$ ) і адитивними ( $n_k$ ) завадами. Вимірювання можна виразити у вигляді:

$$X_k = n_k S_k + n_k. \quad (3.4)$$

В свою чергу, сигнал  $S_k$  складається з основи  $S_0$  і випадкової складової  $\Delta S_k$ . Детермінована основа сигналу  $S_0(t)$  та флуктацій  $\Delta S(t)$  містять інформацію про характеристики матеріалу контрольованої ділянки виробу. Наявність флуктацій  $\Delta S(t)$  обумовлена неконтрольованими відхиленнями фізико-технічних і фізико-хімічних характеристик від своїх середніх значень. Очевидно, що флуктації на ділянках норми повинні мати однакові статистичні властивості і можуть відрізнитись при наявності дефектів. Отже, статистичні характеристики сигналів повинні використовуватись в якості додаткового джерела інформативних параметрів.

Математичний опис інформативних параметрів базується на наступних твердженнях: 1) їх чисельні значення постійні на ділянках норми; 2) на аномальних ділянках вони змінюються або стрибком, або плавно по невідомому закону. Математичною моделлю інформативних параметрів неруйнівного контролю може служити кусково-постійна функція із випадковою інтенсивністю стрибків і випадковою тривалістю:

$$\frac{dS}{dt} = \Delta S_i \delta(t - t_i), \quad (3.5)$$

де  $\delta(t)$  – дельта-функція,  $\Delta S_i$  – інтенсивність  $i$ - того стрибка в  $t_i$  момент часу. [7]

### 3.3 Математичні моделі вимірювань

Процес вимірювання сигналів та інформативних параметрів супроводжується завадами. Джерелами завад являються контактні елементи пристроїв збудження і прийому коливань, вхідні електронні ланцюги чутливих елементів, аналого-цифрові перетворювачі, зовнішні генератори заважаючих електромагнітних і акустичних полів та коливань.

При контролі методом тіней крупно габаритних виробів із композиційних матеріалів з великим затуханням звуку випадковим чином змінюються тиск і контакт перетворювача. Це тягне за собою флуктації передачі п'єзодатчиків і п'єзоприймачів  $K_1(i, j)$  та  $K_2(i, j)$ . В даному випадку інформативним параметром являється амплітуда прийнятого імпульсного сигналу  $A(i, j)$ . Її вимірювання в точці  $(i, j)$  можна відобразити у вигляді:

$$X(i, j) = K_1(i, j)K_2(i, j)A(i, j) + N(i, j), \quad (3.6)$$

де  $N(i, j)$  – вимірювальний шум.

Вимірювальний шум можна розглядати як послідовність незалежних випадкових величин. Електронні шуми породжують похибки вимірювань  $\Delta x$  із нормальним законом розподілу:

$$W(\Delta x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi} \cdot \sigma_x} \exp\left(-\frac{\Delta x^2}{2\sigma_x^2}\right), \quad (3.7)$$

де  $\sigma_x^2$  – дисперсія помилки вимірювання.

Для багатоелементних датчиків і при створенні завад великою кількістю зовнішніх джерел (цехові джерела шуму) для опису похибок вимірювань використовують закон розподілу Лапласа:

$$W(\Delta x) = \frac{1}{\sqrt{2} \cdot \sigma_x} \exp\left(-\frac{\sqrt{2}|\Delta x|}{\sigma_x}\right), \quad (3.8)$$

де  $|\Delta x|$  – модуль похибки вимірювань. [8]



### 3.4 Контроль габаритних конструкцій з ПКМ

В роботі розглянута проблема неруйнівного контролю габаритних конструкцій, що виготовлені із шаруватих суттєво анізотропних полімерних композиційних матеріалів. Складність полягає у великому розкиді властивостей вихідного матеріалу, недосконалості технології, що значно знижує надійність. Мета неруйнівного контролю – виявлення з високою точністю локальних аномальних ділянок на поверхні виробу і оцінка їх характеристик.

Такі задачі вирішують краще всього за допомогою акустичних методів неруйнівного контролю, які для габаритних конструкцій вимагають багато часу і є трудомісткими. Зони пошкодження при цьому виявляються по зміні в місцях пошкодження акустичного імпедансу:

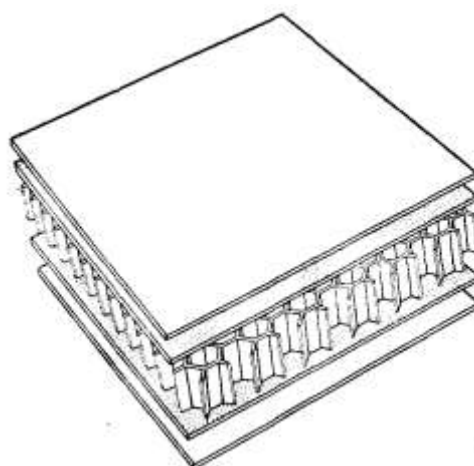
$$Z = \rho \cdot V, \quad (3.9)$$

де:  $\rho$  – густина матеріалу;  $V$  – швидкість коливального руху частинок матеріалу при проходженні в ньому акустичної хвилі.

В даному випадку для попереднього визначення інформації про пошкодження були використані зразки зі склопластику з різним ступенем пошкодження (від 2.29 до 5.1 кДж).



а)



б)

Рис. 3.1 Зразки зі склопластику: а) загальний вигляд; б) схематичне зображення сандвічевої (сотової) конструкції.

При цьому виникає необхідність суцільного контролю конструкції в точках, що знаходяться на деякій відстані одна від одної. Складність процесу контролю пов'язана з великим об'ємом сканування особливо для габаритних конструкцій (наприклад висота кіля може досягати 14м, а ширина – декілька метрів).

Також при контролі габаритних конструкцій сканування за допомогою звичайних акустичних дефектоскопів є трудомістким і займає багато часу для виявлення локальних зон пошкодження. Зменшення трудомісткості може здійснюватися з використанням інших схем сканування, наприклад з допомогою двох перетворювачів(збуджувач + приймач), які розташовуються на визначеній відстані один від одного. Для підвищення чутливості такої схеми доцільно використовувати комп'ютерну обробку сигналів приймача. Задачею локалізації пошкоджень, що з'являються в конструкції є визначення оптимальної схеми сканування і збирання бібліотеки даних, що потім може бути використано для вирішення задачі підвищення швидкості визначення локальних зон пошкодження. Для сканування згідно приведеної схеми пропонується використовувати систему, що включає:

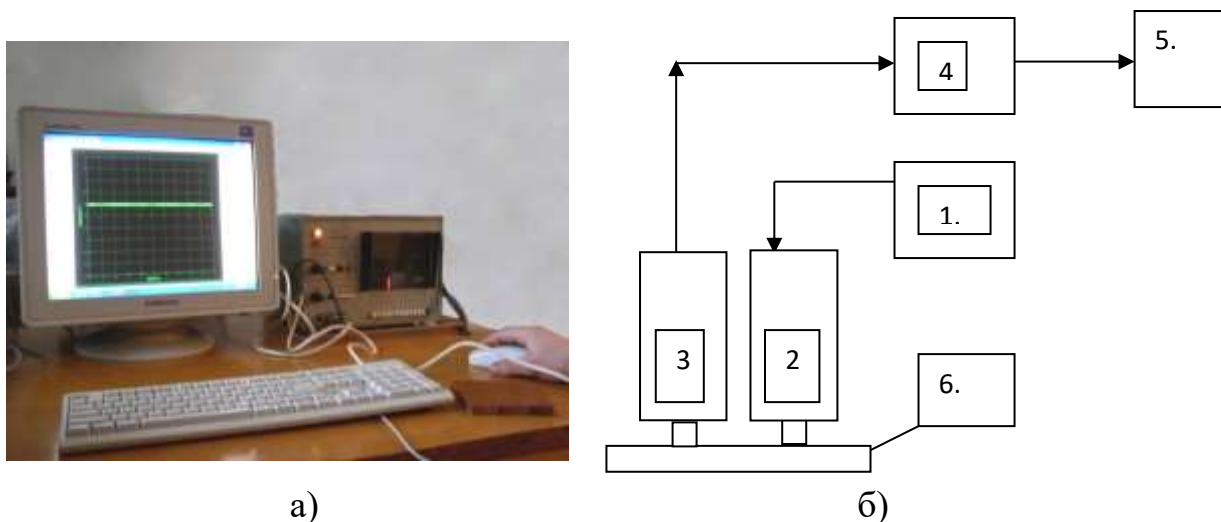
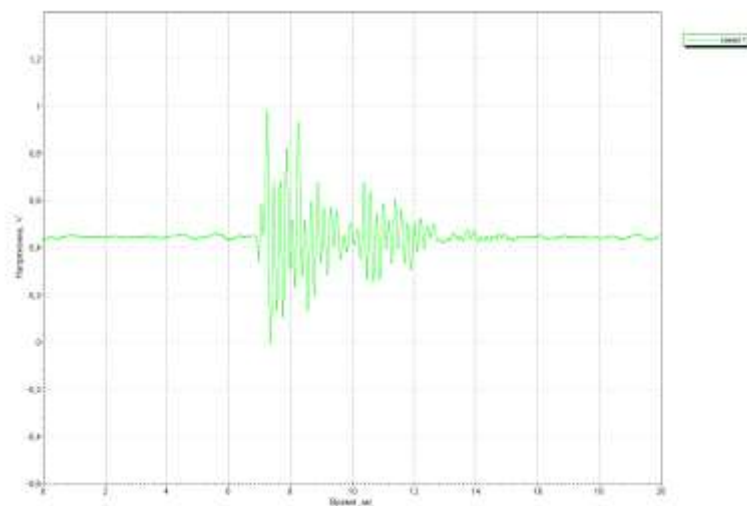


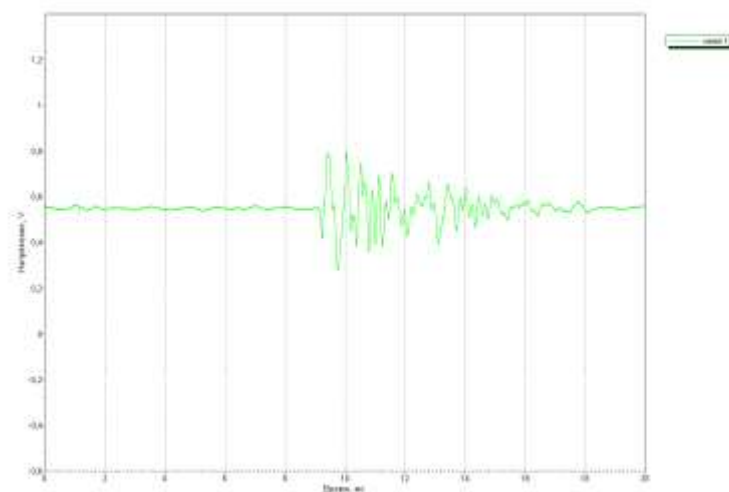
Рис. 3.2 Система збору та обробки інформації:

- а) загальний вигляд; б) принципова схема системи: генератор збуджуючих імпульсів дефектоскопа АД-60 – 1; збуджувач – 2; приймач мікрофонного або індукційного типу – 3; аналого-цифровий перетворювач (інтерфейсна плата ET 1255) – 4; персональний комп'ютер – 5; досліджувані зразки з ПКМ – 6.

При вирішенні задачі контролю необхідно враховувати, що в загальному випадку сигнал акустичного перетворювача являє собою зміни амплітуд коливань в часі. При цьому змінюються не тільки амплітудні характеристики сигналу, а також середня амплітуда сигналу, час затухання та інші параметри. Такі характеристики можливо отримати за допомогою комп'ютерної обробки інформації. В загальному вигляді сигнал в реальному часі має наступний вигляд:



а.



б.

Рис. 2.3 Графічний вигляд залежності величини амплітуди сигналу від часу (а. для зразка із найменшим пошкодженням 2.29 кДж, б. для зразка з найбільшим пошкодженням 5.1 кДж).

Далі були отримані залежності для зразків зі склопластику з дозованими ударними пошкодженнями.

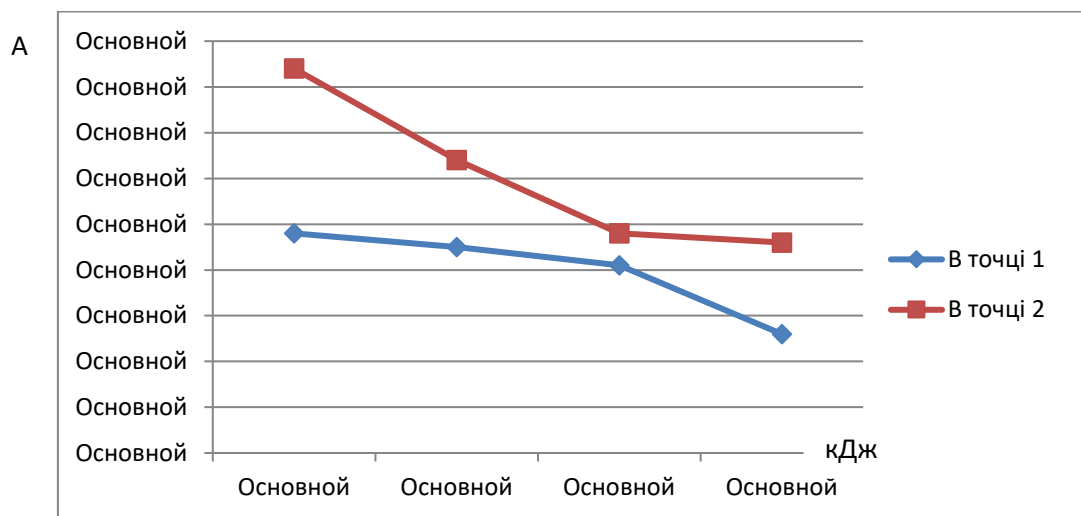
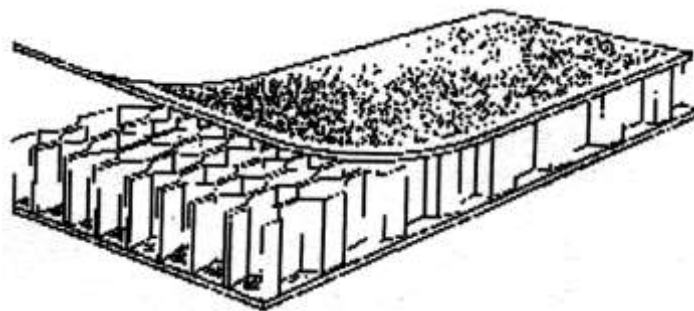


Рис. 3.4 Залежність амплітуди сигналу від ступеню пошкодження.

Для подальших досліджень використовувалася габаритна конструкція на основі склопластику із стільниковим заповнювачем (фрагмент передньої частини крила повітряного судна довжиною ~ 1м з пошкодженням, що отримано при міцнісних випробуваннях) – рис. 3.5.



а).



б).

Рис. 3.5 Носок крила Ан-74 зі склопластику: а) схематичне зображення легкої та жорсткої тришарової сотової конструкції; б) фото пошкодженої зони.

Для отримання інформації при скануванні поверхня конструкції поділена на сектори у вигляді координатної сітки (Рис.2.6) і обрані напрями сканування: 1) у напрямку пошкодження; 2) у напрямку без пошкодження.

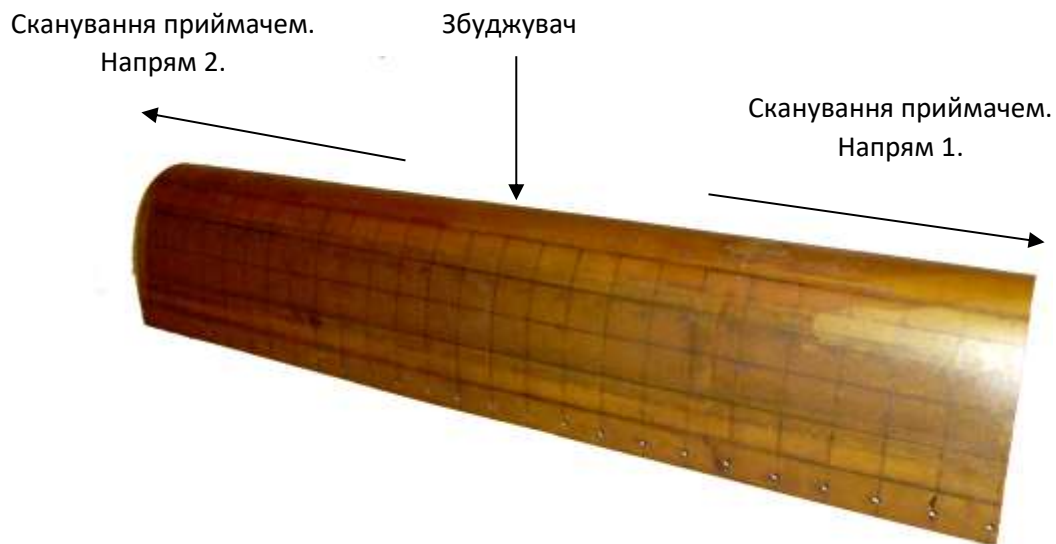


Рис. 3.6 Фрагмент конструкції крила з координатною сіткою.

При скануванні п'єзоелектричним приймачем від збуджувача (встановленого в секторі 4-13) по схемі згідно рисунку 2.6 отриманий розподіл амплітуди сигналу (по

індикатору АД-60), що характеризується його значним зменшенням в зоні пошкодження і близької до неї та рисими коливаннями у напрямку без пошкодження.



Рис. 3.7 Значення максирисьної амплітуди сигналу у відповідних секторах (на основі аналогової інформації).

Підвищення чутливості контролю для таких схем сканування є актуальною задачею і може бути досягнуто цифровою обробкою сигналів від приймача. При цьому з'являється можливість оцінювати акустичні сигнали не тільки за амплітудою.

Даний метод базувався на візуальній оцінці і контролю амплітуди сигналу лінійним вимірюванням. Метод має не високу чутливість і точність та пов'язаний з вибором контрольованої частоти. Отже, для підвищення інформативності контролю була використана цифрова обробка акустичних сигналів приймача. Для сканування згідно вище приведеної схеми пропонується використовувати систему, що базується на аналого-цифровому перетворювачі (інтерфейсна плата ET-1255), яка виконую функцію спряження акустичного дефектоскопа з комп'ютером і проводить оцифровку аналогового сигналу.

При вирішенні задачі контролю необхідно враховувати, що в загальному випадку сигнал акустичного перетворювача являє собою зміни амплітуд коливань в часі. При цьому змінюються і фіксуються не тільки амплітудні характеристики сигналу, а також середня амплітуда сигналу, час затухання та інші параметри. Такі характеристики можливо отримати за допомогою комп'ютерної обробки інформації.

В результаті роботи з цією системою отримуємо або сигнал в графічному вигляді, або у вигляді збереженої у файлі таблиці чисел. Подальша робота з масивом цієї інформації полягає у використанні спеціальних математичних програм.

Так, для обробки сигналів був використаний програмний продукт MathCAD. За допомогою програми MathCAD можливо вирішувати практичні задачі статистичного аналізу даних. Зазвичай приходиться мати справу з великим об'ємом вихідної інформації. В даному випадку цифрова інформація з експериментальних даних була підготовлена спеціальним додатком і збережена у файлі у вигляді таблиці чисел. MathCAD дозволяє користувачу, за допомогою спеціальних функцій завантажити ці данні і провести з ними певні операції. Початкова обробка інформації полягає зазвичай у відшуванні максимумного і мінімумного значення вибірки, а також в побудові варіаційного ряду – масиву вибірових значень. Для виконання цих задач в даному програмному забезпеченні призначені відповідні функції ( $\max(A)$ ,  $\min(A)$ ,  $\text{sort}(A)$ ). Крім того, MathCAD має ряд засобів, що визначають точкові оцінки параметрів розподілення випадкової величини. Ці функції дозволяють отримати числові характеристики вибірки, що знаходяться в нашому масиві інформації.

Найбільш наглядною формою графічного представлення вибірок являється гістограма. Для побудови гістограм в MathCAD також призначена відповідна функція ( $\text{hist}(\Delta, A)$ ).

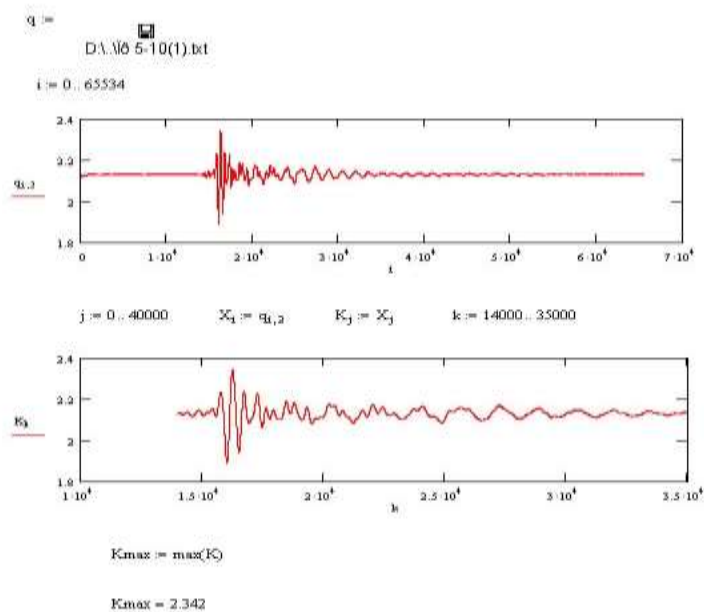


Рис. 3.8 Зразок робочого вікна програми MathCAD.

Проблема статичної обробки інформації багатогранна. Завдання, пов'язані з нею, є і в галузі управління технологічними процесами, і в області управління виробництвом в цілому, вони є актуальними також в економіці, соціології при проведенні науково-експериментальних досліджень і т.д.

Сама обробка інформації необхідна для того, щоб мати можливість керувати ходом процесів і явищ. На керовані процеси впливає безліч випадкових факторів, які неможливо врахувати, тому обробка інформації повинна мати статистичний характер. Завданням цієї статистичної обробки є виявлення тенденцій у розвитку тих чи інших процесів і явищ та підвищення достовірності отриманих відомостей.

Завдання статистичної обробки інформації є досить складною, багатоплановою і вимагає великих тимчасових і матеріальних витрат. Тому важлива обґрунтованість вимог, що пред'являються до якості статистичної обробки інформації-достовірності та оперативності.

Отже, ми зайрисує вивченням випадкових величин і випадкових змін по результатам спостережень. Головною задачею MathCADу, з якою він ефективно справляється – максимізує синтез інформації із емпіричних даних. Тож проблему чутливості та інформативності можна вважати вирішеною.

Щодо використаних варіантів сканування. Задачею локалізації пошкоджень, що з'являються в конструкції є визначення оптимальної схеми сканування і збирання бібліотеки даних, що потім може бути використано для вирішення задачі підвищення швидкості визначення локальних зон пошкодження. В подальшому ми використовували три основні схеми сканування. В результаті було отримано залежність, що зображує значення максимумної амплітуди сигналу у відповідних секторах на дослідній конструкції (Рис.2.9). Використані методи виділені кольорами. Отже, синя крива показує залежність для методу що базувався на використанні суміщеного перетворювача, яким було проведено поступове сканування по всій довжині конструкції. Червона крива зображує залежність, отриману в результаті сканування другим методом, що передбачає використання розділених збуджувача (індуктивного типу) та приймача (мікрофонного типу). В цьому випадку збуджувач



фіксувався в центрі координатної сітки, а приймач переміщувався в напрямках 1 та 2 (зображених на Рис.2.6). Крива зеленого кольору показує залежність отриману третім методом. Він також полягав у використанні розділених збуджувача (індуктивного типу) та приймача, але цього разу був використаний п'єзоелектричний приймач. Збуджувач також фіксувався в центрі конструкції і сканування проводилось аналогічно другому методу.

Як видно із графіку, перші два методи своїми результатами особливо не відрізняються, а от в третьому випадку спостерігається збільшення чутливості приблизно в двічі.

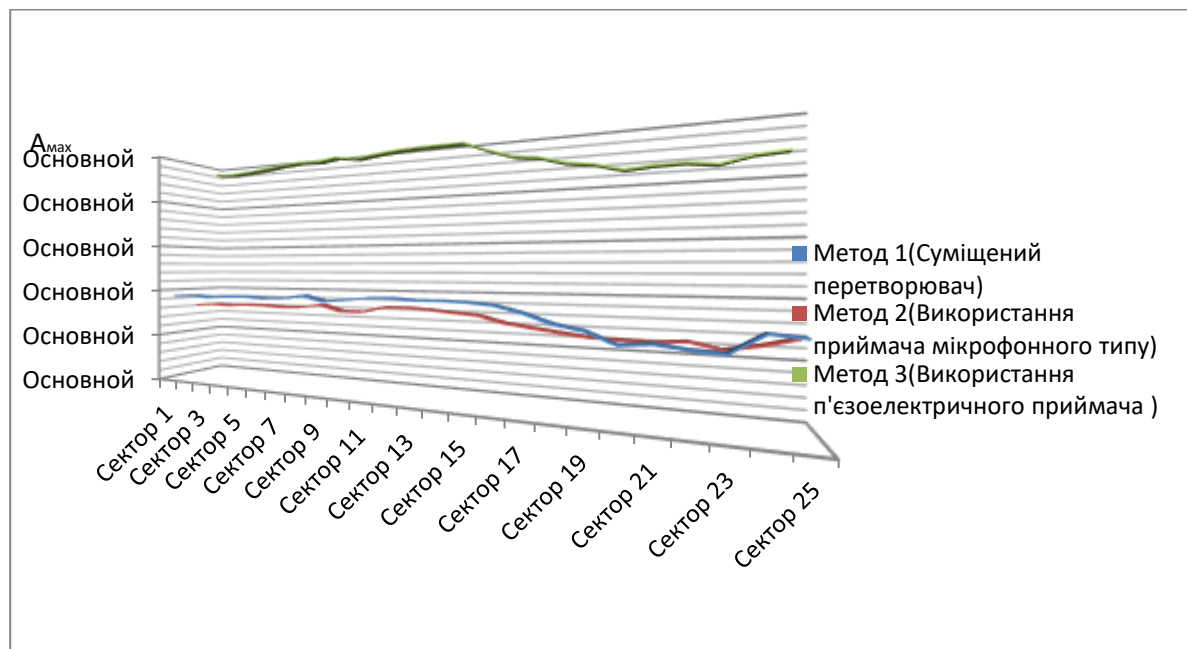


Рис. 3.9 Значення максирисьної амплітуди сигналу у відповідних секторах.

Таким чином, дана система обробки інформації акустичного контролю дозволяє більш ефективно і з меншими витратами часу вирішувати задачі локалізації зон пошкодження. Отже, метод вибору оптирисьних варіантів сканування є актуальним. Інформативність контролю в цьому випадку підвищується завдяки комп'ютерній обробці. В подальшому, за допомогою математичного апарату стає можливим проводити обробку за іншими інформативними параметрами: середня амплітуда сигналу, енергія сигналу, час затухання та інші. Із цих параметрів може бути вибраний найбільш чутливий до конкретного типу пошкоджень конструкції.

### 3.5 Аналіз міцності однонаправлених вуглепластиків при циклічному розтягуванні

Широко поширені в літакобудуванні вуглепластики. В залежності від характеру орієнтації зміцнюючих волокон в матеріалі, структура вуглепластиків може бути одно-направлена, різно-направлена, інколи складної орієнтації. В кожному окремому випадку виникає необхідність в отриманні конкретних експериментальних залежностей розвитку пошкодження від виду навантаження.

В даній роботі була поставлена задача отримати експериментальні залежності порушень однонаправлених вуглепластиків при циклічному розтягуванні, що найбільш повно характеризує процес порушення матеріалу від числа циклів навантажень. При цьому можливо найбільш ретельно дослідити процес деструкції матриці, процес руйнування зв'язків матриці із волокном, зміни в характеристиках самого волокна, включно до його механічного руйнування.

Для навантажень була використана випробувальна машина типу МУП-20.

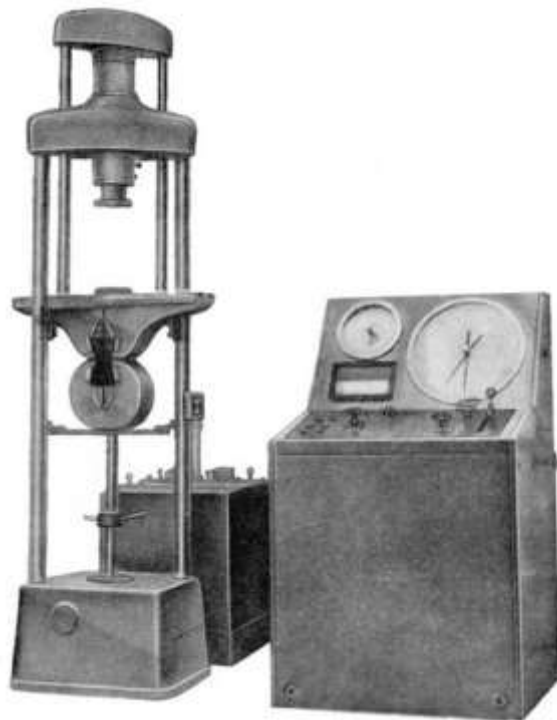


Рис. 3.10 Розривна машина МУП-20.

Установка складається з власне машини, пульсатора і пульта управління, з'єднаних між собою маслопроводах. Випробувальна машина двоколонна, вертикальна, з гідравлічним приводом переміщення рухомої траверси та механічним приводом нижньої фіксації.

Робоче зусилля створюється гідравлічним насосом високого тиску. Машина має верхній і нижній фіксатори, в яких затискається зразок для випробування на розрив.

В пульті управління розміщені:

- насос гідравлічний;
- силовимірвальні пристрій – шкала маятникового типу і манометр мінірисьного тиску;
- стабілізатор тиску, призначений для автоматичної підтримки заданого навантаження при тривалих випробуваннях;
- золотниковий пристрій, призначений для розподілу максирисьного і мінірисьного тиску в системі;
- механізм управління продуктивністю насоса і рейкою перепускного клапана, що служить для створення навантаження і скидання масла в системі.

Пульсатор являє собою безклапанний одноплунжерний гідравлічний насос, призначений для створення змінних циклічних односторонніх навантажень на випробуваний зразок.

Таблиця 3.1

Технічні характеристики випробувальної машини МУП-20

Призначення	Статичні короткочасні, тривалі і втомні випробування зразків матеріалів і деталей
Види випробувань	Розтяг, стиск, згин
Найбільше короткочасне статичне навантаження при випробуваннях на розтяг	200кН
Найбільше статичне навантаження при випробуваннях на стиск і згин	200кН

Точність вимірювання статичного навантаження	$\pm 1\%$
Найбільша відстань між захватами при розтягуванні	500 мм
Товщина плоских зразків при розтягуванні (хвостовиків)	0,5 ÷ 11 мм

Зразки використовувались стандартні, виготовлені по ГОСТ 25.601-80 (розміри 25x250 мм). Товщина зразків визначалась кількістю вуглеволокна, в даному випадку 6 шарів.

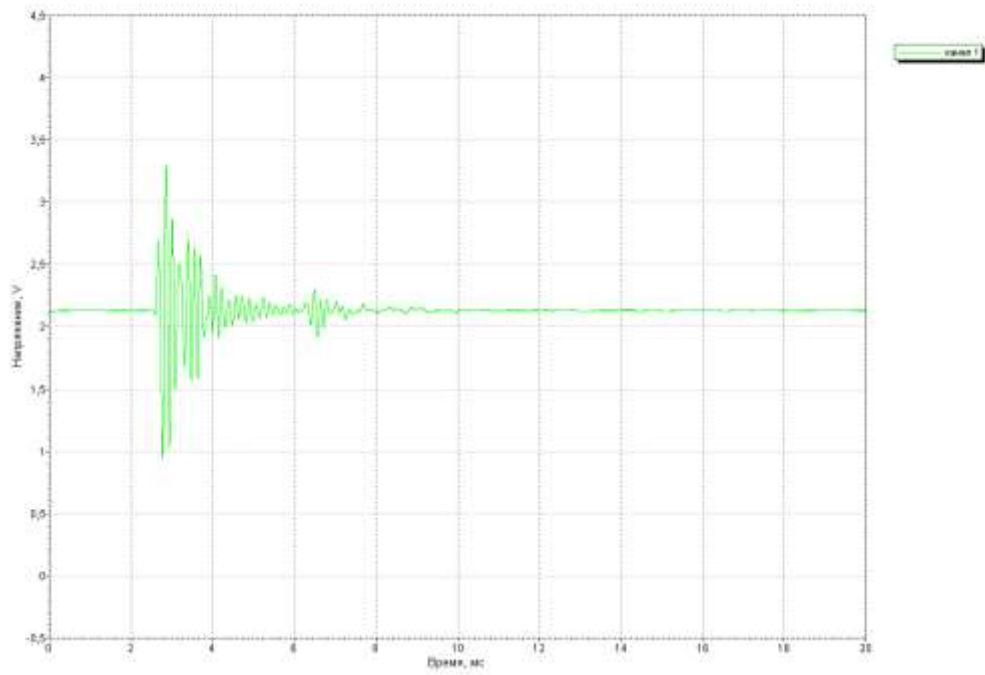


Рис. 3.11 Зображення однонаправленого зразка зі склопластику.

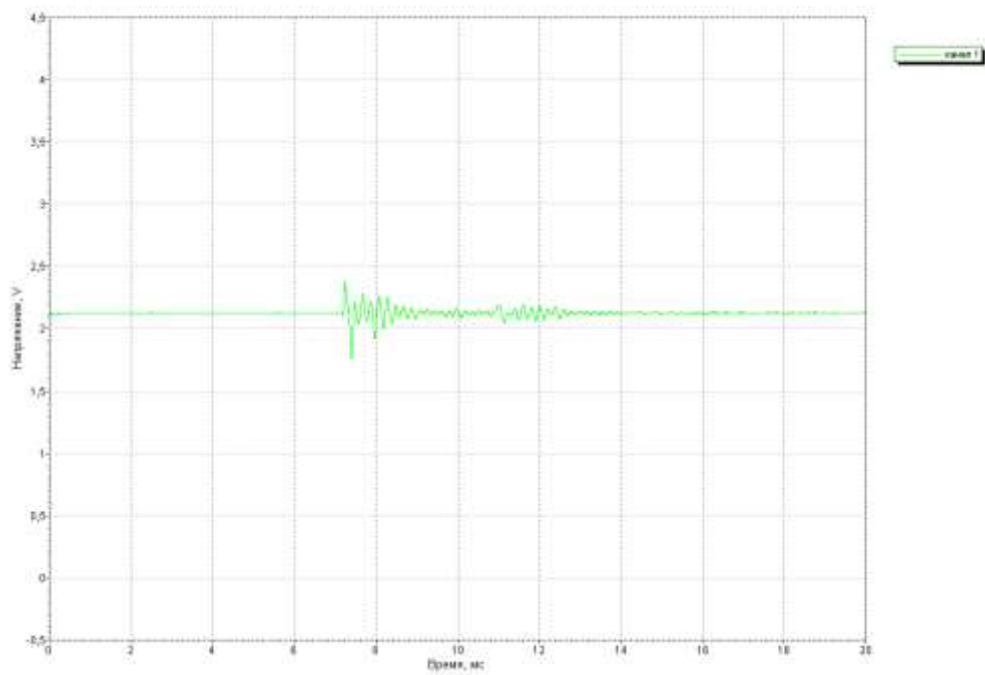
Для відслідковування змін основних властивостей матеріалу при навантаженнях використовувались акустичний метод вільних коливань та вихрострумний амплітудний методи. Схема отримання інформації представлена на рисунку 3.12.

Для підвищення інформативності контролю також була використана цифрова обробка акустичних сигналів приймача і схема, що включає аналого-цифрову плату.

В результаті отримані наступні залежності:



а.



б.

Рис. 3.12 Графічний вигляд залежності величини амплітуди від часу: а) зразок без навантажень; б) зразок з найбільшим пошкодженням.

Перед дослідженням для зручності отримання інформації при скануванні, на поверхню конструкції були нанесені контрольні точки, в яких проводилось зчитування дефектоскопічної інформації.



Рис. 3.13 Дослідний зразок з вуглепластику з нанесеними контрольними точками.

При скануванні п'єзоелектричним приймачем від збуджувача (встановленого у відповідній контрольній точці) отриманий розподіл амплітуди сигналу (по індикатору дефектоскопа АД-60), що характеризується його значним зменшенням в зоні пошкодження.

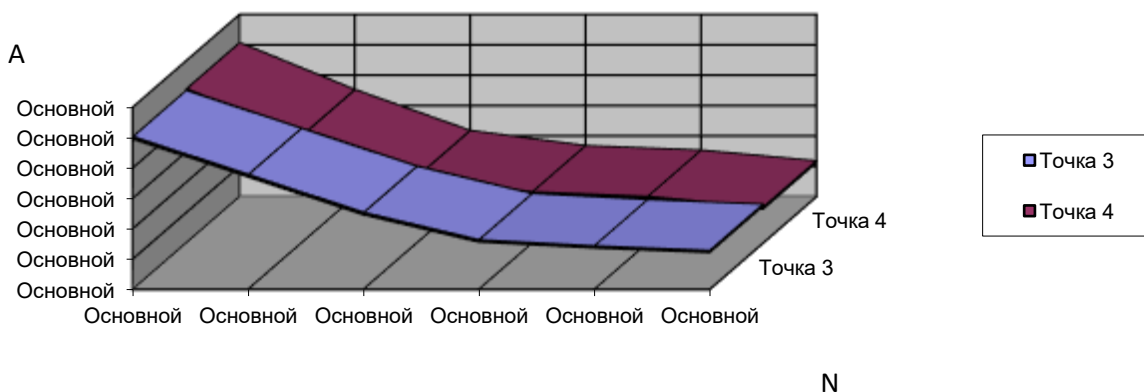


Рис. 3.14 Залежність амплітуди сигналу від ступеню пошкодження (аналогові дані отримані акустичним методом в контрольних точках 3 та 4).

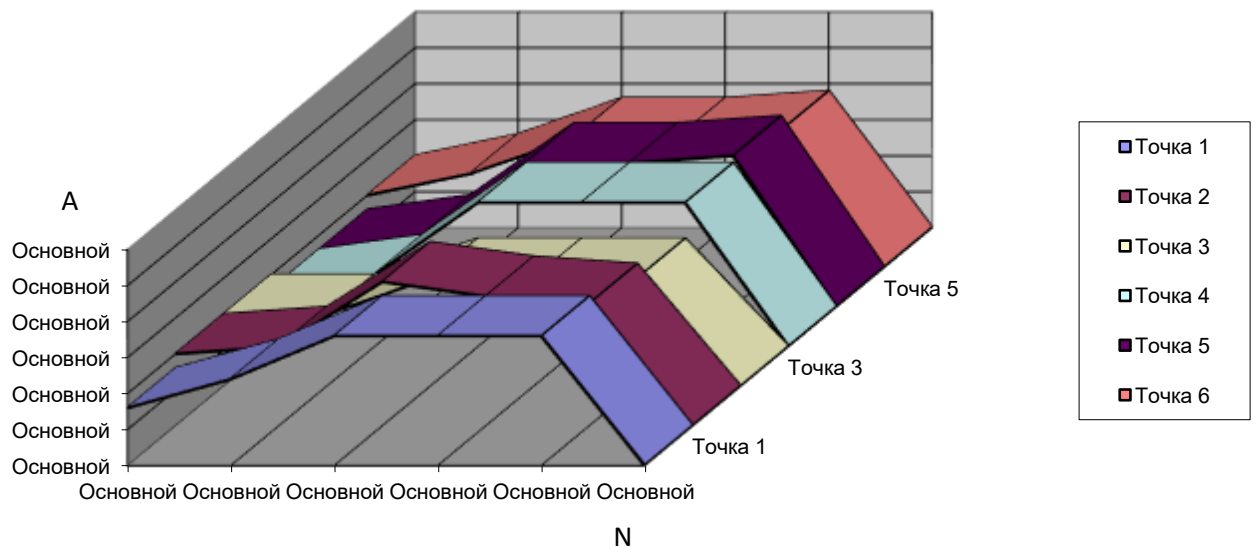


Рис. 3.15 Залежність амплітуди сигналу від ступеню пошкодження (дані отримані вихрострумовим методом у всіх контрольних точках).

Збільшення сигналу при початковому навантаженні пов'язане із відомим явищем зміцнення вуглецевих волокон та збільшенням їх питомої електропровідності. При подальшому навантаженні сигнал вихрострумового приладу слабшає. Це свідчить про руйнування волокон.

### Висновки до розділу

Таким чином, дана система та отримані залежності дозволяють більш ефективно і з меншими витратами часу вирішувати задачі прогнозування, отримати фактичні міцнісні характеристики композиційних матеріалів.

Інформативність контролю в цьому випадку підвищується завдяки комп'ютерній обробці. В подальшому, за допомогою математичного апарату стає можливим проводити обробку за іншими інформативними параметрами: середн

## РОЗДІЛ 4

### ОХОРОГНА ПРАЦІ

Магістерська робота присвячена темі «Оптимізація використання наземної техніки та обладнання під час оперативного технічного обслуговування повітряних суден».

Об'єктом дослідження у цьому розділі є умови праці та стан безпеки праці на робочому місці спеціаліста з неруйнівного контролю, що виконує процедури контролю авіаційних компонентів на предмет цілісності [9]. Місцем його роботи є виробничий цех.

Розробка заходів з охорони праці має спиратись на оцінку шкідливих та небезпечних факторів, характерних для даної професійної діяльності й оцінку ризиків для здоров'я працівника від їх впливу. Їх розробка дозволить оптимізувати виробничі завдання, знизити монотонність праці, підвищити працездатність виконавця, забезпечити його особисту безпеку, безаварійну експлуатацію обладнання та зменшити вплив шкідливих та небезпечних виробничих факторів на робочому місці.

#### **4.1. Аналіз умов праці спеціаліста з НМК**

##### **4.1.1 Організація робочого місця спеціаліста з неруйнівного контролю**

Робочим місцем суб'єкта є ділянка тестування коліс [10]. Приміщення обладнане для роботи дванадцяти працівників, знаходиться на першому поверсі та має такі параметри:

1. Довжина – 34,7 м.
2. Ширина – 16 м.
3. Висота приміщення – 7 м.
4. Загальна площа приміщення – 555 м<sup>2</sup>.
5. Об'єм приміщення – 3885 м<sup>3</sup>.

Відповідно до НПАОП 0.00-7.15-18 «Правила безпеки праці при технічному обслуговуванні та поточному ремонті авіаційної техніки» [11] та НПАОП 63.23-1.06-98 «Правила безпеки праці при технічному обслуговуванні і поточному ремонті



авіаційної техніки» [11] до робочого місця особи, яка працює за обладнанням неруйнівного контролю, висуваються наступні вимоги: площа на одне робоче місце повинна становити не менше 6 м<sup>2</sup>, а об'єм – не менше 20 м<sup>3</sup>. В даному випадку площа на одного працюючого складає 27,75 м<sup>2</sup>, а об'єм – 194,25 м<sup>3</sup>, що відповідає зазначеним вимогам.

Стіни розфарбовані фарбою світлого кольору. Стеля в приміщенні побілена. Підлога виконана з цементно-піщаної стяжки, яка має підвищену зносостійкість, водонепроникність, стійкість до водо та пилоутворення. Робоче місце спеціаліста з неруйнівного контролю (рис. 5.1.) знаходиться в виробничому приміщенні з обов'язковим опаленням в зимовий період та якісною вентиляцією з фільтрами повітря та кондиціонером. Основним робочим положенням є положення сидячи.

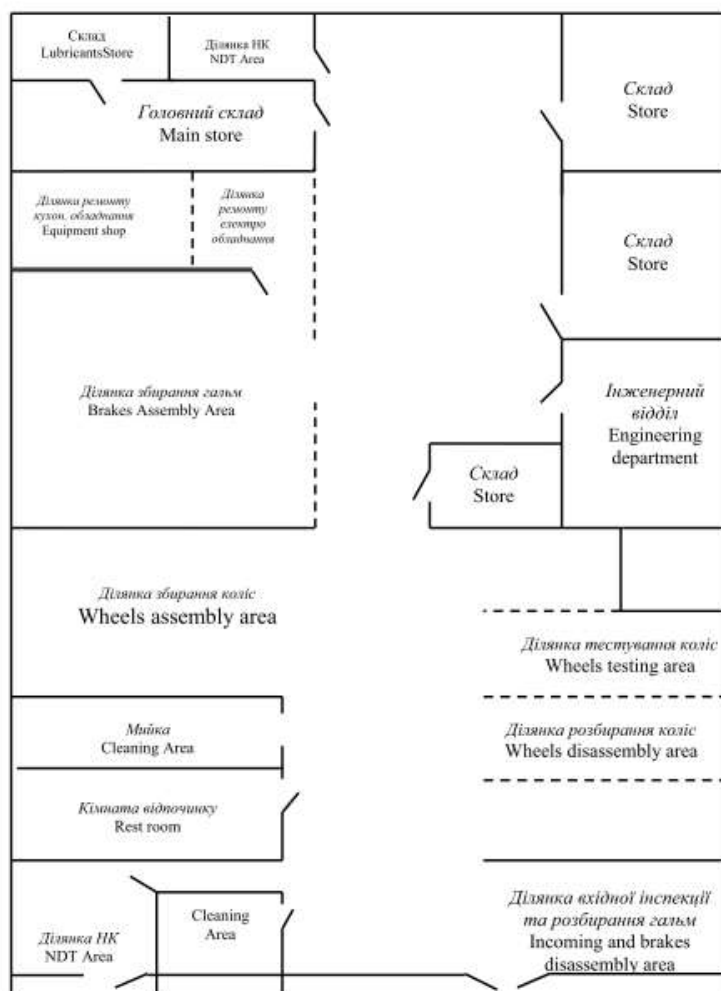


Рис. 4.1 Схема робочого місця спеціаліста з неруйнівного контролю

#### **4.1.2 Аналіз шкідливих та небезпечних виробничих чинників**

Під час обслуговування авіаційних компонентів можуть виникнути наступні чинники безпеки:

- Підвищена запиленість зони обслуговування;
- вихідні струмені газів із системи трубопроводів, які працюють під високим тиском;
- Підвищена температура поверхонь матеріалів та обладнання;
- Конструкції (платформи, гострі края інструментальної бази та інше виробниче обладнання);
- Хімічні речовини (токсичні, дратівливі, що впливають на репродуктивну функцію тощо), що входять до складу паливно-мастильних матеріалів, спеціальних рідин і пестицидів, матеріалів, що використовуються, проникають в організм через органи дихання, шлунково-кишковий тракт, шкіру та слизові оболонки.
- Підвищений рівень шуму, вібрація;
- недостатня освітленість робочої зони;
- Підвищена або знижена температура, вологість і рухливість повітря в зоні обслуговування;
- Психоемоційне навантаження;
- Ударна хвиля (вибух посудин під тиском, випарів легкозаймистих рідин);
- Падіння виробів ПС, інструментів і матеріалів для обслуговування ПС на літаках, стабілізаторах, фюзеляжі та при роботі на висоті з використанням механізованих підйомників;
- Конструкції (платформи, гострі края інструментальної бази та інше виробниче обладнання);
- Підвищена ковзання (через характер матеріалу поверхні, на якому працює обслуговуючий персонал);

#### **4.1.3 Аналіз параметрів виробничого шуму, ультразвучу, інфразвучу**

Шум – безладне сполучення різних по силі і частоті звуків, здатне впливати на організм. Джерелом шуму є будь-який процес, що викликає місцеву зміну тиску або

механічні коливання твердих, рідких або газоподібних середовищ. Дія його на організм людини пов'язана головним чином із застосуванням нового, високопродуктивного обладнання, механізацією та трудових процесів, у тому числі переходом на великі швидкості при експлуатації різних верстатів і агрегатів. Джерелами шуму в цьому випадку можуть бути двигуни, насоси, компресори, турбіни, пневматичні та електричні інструменти, молоти, дробарки, верстати, центрифуги, бункери та інші установки, що мають рухомі деталі.

Зменшення рівня шуму поліпшує самопочуття людини і підвищує продуктивність праці. З шумом необхідно боротися як на виробництві, так і в побуті. Уміння дотримуватися тиші – показник культури людини і її доброзичливого ставлення до навколишніх. Тиша потрібна людям так само, як сонце і свіже повітря.

На робочому місці спеціаліста з неруйнівного контролю джерелами шуму є виробничі засоби та обладнання для обслуговування повітряних суден, а саме: трубопроводи під високим тиском повітря, станки для збирання-розбирання колес, вибухові хвилі на обладнанні для зйомки шини з колеса, засоби цифрової обробки та інше. Згідно НПАОП 0.00-7.15-18 «Правила безпеки праці при технічному обслуговуванні та поточному ремонті авіаційної техніки», для робітників у приміщенні рівень шуму не повинен перевищувати 50 дБ. Для працівників, які перебувають у виробничій зоні аеропорту, у тому числі на майданчику стоянки ПС, перрону, рівень шуму не повинен перевищувати 85 дБ. Фактичний рівень шуму на ділянці становить 80 дБ, що перевищує норму на 20 дБ. Для зниження рівня шуму на ділянці, поверхні мають бути обладнані звукопоглинальними матеріалами, а працівник має бути забезпечен засобами захисту від надмірного шуму (захисні навушники, біруші, тощо).

#### **4.1.4 Аналіз параметрів мікроклімату**

Робоче місце спеціаліста з НМК відноситься до III категорії згідно з ДСН 3.3.6.042-99 «Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень» [12], оскільки пов'язані з постійним перенесенням авіаційних компонентів вагою більше ніж 10 кг з конвеєра обслуговування на стенд неруйнівного контролю.

Мікроклімат виробничих приміщень – умови внутрішнього середовища цих приміщень, що впливають на тепловий обмін працюючих з оточенням шляхом конвекції, кондукції, теплового випромінювання та випаровування вологи. Ці умови визначаються поєднанням температури, відносної вологості та швидкості руху повітря, температури оточуючих людину поверхонь та інтенсивністю теплового (інфрачервоного) опромінення.

Мікрокліматичні умови виробничих приміщень характеризуються такими показниками:

- температура повітря,
- відносна вологість повітря
- швидкість руху повітря
- інтенсивність теплового (інфрачервоного) опромінення
- температура поверхні

За ступенем впливу на тепловий стан людини мікрокліматичної умови поділяють на оптимальні та допустимі.

Таблиця 4.1

Оптимальні величини температури, відносної вологості та швидкості руху повітря в робочій зоні виробничих приміщень

Період року	Температура повітря	Відносна вологість	Шкідливість Руху, м/сек
Холодний період	16-18	60-40	0.3
Теплий період	18-20	60-40	0.4

Для покращення умов мікроклімату приміщення слід регулярно проводити вологе прибирання, встановити зволожувачі повітря та кондиціонери для кращої циркуляції повітря та створення сприятливих умов праці. Також не зайвим буде постійне провітрювання приміщення в теплу пору року, оскільки свіже повітря – запорука сприятливих умов праці.

#### **4.1.4 Аналіз психоемоційного навантаження**

Великі об'єми робіт з обладнанням, що здійснює перевірку авіаційних компонентів та оснащене засобами обчислювальної техніки, сприяє стомленню спеціаліста, що працює за нею. Для поліпшення наслідків роботи для психоемоційного стану та здоров'я людини взагалом слід забезпечити перерви в графіку роботи данної професії. Окрім того, через монотонну специфіку роботи слід забезпечити час для відпочинку, вживанню їжі та особистих потреб. Зменшенню рутинності робочих функцій сприятиме введення різноманіття в обов'язки спеціаліста шляхом чередування роботи з оформлення документів на безпосередній процес перевірки авіаційних компонентів з застосуванням фізичної сили працівника.

#### **4.2 Заходи з поліпшення умов праці**

За призначенням штучне освітлення буває робоче, аварійне (при відключенні робочого освітлення), евакуаційне, охоронне (в нічний час).

Аварійне освітлення повинно складати не менше 5% норми загального освітлення, але не менше 2 лк всередині приміщення і не менше як 1лк на території.

Евакуаційне освітлення повинно забезпечити освітленість не менш як 0,5 лк в приміщенні і 0,2 лк на відкритих площадках.

Охоронне освітлення влаштовується вздовж кордонів території, освітленість на рівні землі повинна бути не нижче ніж 0,5 лк.

Крім того, штучне освітлення буває:

- загальним (світильники розміщені рівномірно у верхній зоні приміщення);
- місцевим (безпосередньо на робочих місцях);
- комбінованим (загальне плюс місцеве). У виробничих приміщеннях одне місцеве освітлення не допускається.

В нашому випадку присутне як штучне так і природне освітлення приміщення. Штучне освітлення використовується в нічний час та в умовах недостатнього природного освітлення робочої ділянки.

Для розрахунку штучного освітлення приміщень використовуємо метод коефіцієнта використання світлового потоку, за допомогою якого визначимо кількість світильників для даного приміщення

Згідно ДБН В.2.5-28-2018 «Природне і штучне освітлення» для даних робіт Необхідною освітленістю робочого місця являється  $E = 300-500$  Лк.

Основне розрахункове рівняння методу світлового потоку, за яким можливо визначити загальний світловий потік, має такий вигляд:

$$\Phi_{\text{л}} = \frac{ESZK_3}{\eta} \quad (4.1)$$

де  $E$  – нормована освітленість, лк ( $E=400$ Лк);

$S$  – площа приміщення, що освітлюється, м<sup>2</sup> ;

$K_3$  – коефіцієнт запасу, що враховує зниження освітленості в результаті забруднення та старіння ламп (в приміщеннях громадських та житлових будівель  $K_3 \geq 1,5$  – для газорозрядних ламп і  $K_3 \geq 1,3$  для ламп розжарювання);

$Z$  – коефіцієнт нерівномірності освітлення ( $Z=1,15$  для ламп розжарювання та ДРЛ  $Z=1,1$  для люмінесцентних ламп);

$\eta$  – коефіцієнт використання світлового потоку. Коефіцієнт  $\eta$  визначається за світлотехнічними таблицями залежно від коефіцієнтів відбиття стін ( $\rho$  стін = 50 %) і стелі ( $\rho$  стелі 70%) та від показника приміщення (індексу приміщення)  $i$ , який визначається за формулою:

$$i = \frac{AB}{h_p(A+B)} \quad (4.2)$$

де  $A, B$  – довжина і ширина приміщення, м;

$h_p$  – висота світильника над робочою поверхнею, м.

Лінійні розміри приміщення:  $A = 34,7$  м,  $B = 16$  м.

Площа приміщення складає:  $S = A \cdot B = 34,7 \cdot 16 = 555$  м<sup>2</sup>

Розрахунок індексу приміщення:

$$i = \frac{AB}{h_p(A+B)} = \frac{34,7 \cdot 16}{7(34,7+16)} = 1,56$$

Коефіцієнт використання світлового потоку становить 0,55.

Розрахунок загального світлового потоку системи штучного освітлення

$$\Phi_{\text{л}} = \frac{ESZK_3}{\eta} = \frac{400 \cdot 555 \cdot 1,1 \cdot 1,2}{0,55} = 532800 \text{ лм}$$

Для забезпечення загального штучного освітлення обираємо світильник з світлодіодною лампою Accento lighting ALTD-TRY-SS36-RIPPLE 36 Вт.

Світловий потік однієї лампи в світильнику Accento lighting ALTD-TRY-SS36-RIPPLE 36 Вт становить  $\Phi_{\text{л}} = 2400$  Лм.

Кількість світильників, необхідна для освітлення приміщення:

$$N = \frac{\Phi_{\text{заг}}}{\Phi_{\text{л}}} = \frac{532800}{2400} = 222 \text{ світильника.}$$

Для забезпечення світлового потоку  $\Phi_{\text{заг}} = 532800$  лм необхідно застосувати 222 світильники. Розміщуємо світильники у 5 рядів.

Електрична потужність однієї лампи світильника Accento lighting ALTD-TRY-SS36-RIPPLE дорівнює 36 Вт

Потужність усієї освітлювальної системи:

$$W_{\text{заг}} = W_n * N = 36 * 222 = 7992 \text{ Вт}$$

Освітленням називають використання світлової енергії сонця і штучних джерел світла для забезпечення зорового сприйняття довкілля. Освітлення дає сприятливий психофізіологічний ефект, впливає на працездатність людини і на безпеку праці. Раціональне освітлення в цехах промислових підприємств є показником естетики виробництва й високого рівня культури праці. Освітлення є важливим стимулятором організму людини, і тому недостатній рівень його підвищує втому зорового аналізатора у процесі виконання роботи, чим сприяє травматизму.

Норми освітлення залежать від параметрів, які передбачено роботою. Відстань від очей до предмета праці повинна бути визначена в кожному окремому випадку. Що менше відношення діаметра деталі до відстані від очей, то інтенсивнішим повинно бути освітлення. При цьому необхідно ураховувати й здатність поверхні відбивати світло. Спектр джерел світла повинен максимумно наближатися до спектра сонячного випромінювання. Важливо також захистити очі робітники від сліпучого світла. Усі системи освітлення повинні забезпечувати правильне сприйняття відтінків світла, аби в робочих приміщеннях було рівномірне освітлення. Тому слід подбати про загальне та місцеве. Освітлювальні пристрої мають забезпечувати гігієнічні

вимоги: освітлення, якого було б достатньо для виконання певної роботи без напруження зору; рівномірність освітлення, без тіней, у межах робочої поверхні, рівень освітлення проходів; захист очей від блиску; виконання вимог безпеки (шляхом обладнання в окремих випадках аварійного освітлення).

#### **4.3. Висновки по розділу**

У результаті проведеного аналізу небезпечних та шкідливих виробничих факторів у приміщенні обслуговування авіаційних компонентів встановлено небезпечну дію шумових, мікрокліматичних, психоемоційних факторів. Для зменшення несприятливого впливу на персонал, який виконує роботи з неруйнівного контролю та при подальшій експлуатації виробничих приміщень, де розташовані зазначені робочі місця розроблені заходи з покращення захисту персоналу від надмірного шуму, заходи з покращення мікрокліматичного середовища.

Також проведено проектний розрахунок з штучного освітлення приміщення.

Запропоновані заходи дозволять зменшити ризик виникнення професійних захворювань та травмування на зазначеному об'єкті дослідження.



## РОЗДІЛ 5

### ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

#### **5.1 Аналіз впливу методів неруйнівного контролю на навколишнє середовище**

В даний час велике значення надається області охорони навколишнього середовища. Проведення перевірки технічного стану конструкцій з ПКМ методами неруйнівного контролю має негативний вплив на екологію і, здебільшого, на людей, що знаходяться поблизу проведення досліджень.

Основними методами неруйнівного контролю полімерів являються акустичний, радіографічний, радіаційний, електричний та термічний методи, які ґрунтуються на відповідних фізичних явищах, вплив яких на навколишнє середовище розглянуто в даному розділі.

#### **5.2 Акустичні забруднення навколишнього середовища**

Шумом прийнято називати будь-які небажані звуки різної частоти та інтенсивності, які заважають трудовій діяльності чи відпочинку людей і чинять несприятливий вплив на живі організми. За фізичною суттю шум – це механічні коливання часток пружного середовища (газу, рідини, твердого тіла), які виникають в результаті діяння будь-якої збурюючої сили. При цьому звуком називають регулярні періодичні коливання, а шумом – неперіодичні, випадкові коливальні процеси.

Акустичні коливання в діапазоні частот 16...20000 Гц, які сприймає людина з нормальним слухом, називають звуковими, а простір де вони поширюються, – звуковим полем. Акустичні коливання з частотами до 16 Гц називають інфразвуком, вище 20 кГц – ультразвуком.

Джерелами шуму та інфразвуку можуть бути коливання, що виникають при співударі, терті, ковзанні твердих тіл, витіканні рідин та газів. В виробничих умовах джерелами коливальних процесів є працююче виробниче устаткування (електричні та пневматичні пилки, відбійні молотки, перфоратори, клепальні засоби,

електродвигуни та генератори, турбіни, компресори, ковальсько-пресове, під'ємно-транспортне устаткування, вентилятори, кондиціонери і таке інше).

За характеристику постійного шуму, а також для визначення ефективності заходів, спрямованих на зниження його негативного впливу, приймаються рівні звукового тиску в децибелах. Характеристикою непостійного шуму є інтегральний параметр – еквівалентний рівень звука в дБА. Як характеристику непостійного шуму допускається використовувати дозу шуму чи відносну норму шуму, тобто значення рівня за певний час (за 8 годин робочої зміни).

Чутливість слухового аналізатора людини неоднакова до звуків різних частот, тому звуки однакової інтенсивності, але різні за частотами, можуть сприйматися на слух неоднаково шумними. Для порівняння гучності звуків, різних за частотним складом і рівнями, служить одиниця – ной. За один ной умовно приймається шумність звука з рівнем звукового тиску 40 дБ на стандартній частоті 1000 Гц .

Значне місце в шумовому режимі багатьох міст займає повітряний транспорт. Джерелами шуму на території авіапідприємств і прилеглих до нього районів є авіаційні силові установки з газотурбінними і поршневіми двигунами; допоміжні силові установки літаків та агрегати запуску; спецмашини аеродромного обслуговування різного призначення, в тому числі теплові та вітрові машини, створені на базі авіадвигунів, що відпрацювали льотний ресурс; верстатне та технологічне устаткування виробничих процесів.

Акустична обстановка в районі аеропорту визначається режимом функціонування авіапідприємства; типами повітряних кораблів, що експлуатуються в аеропорту; діючими маршрутами прильоту та вильоту повітряних кораблів; розташуванням житлової забудови відносно злітно-посадочної смуги, а також заходами, що проводить аеропорт з метою зниження несприятливого діяння авіаційного шуму на довкілля. [13]

При наземних випробуваннях авіадвигунів, зльотах і посадках повітряних кораблів виникають складні акустичні коливання, які включають крім гучного високочастотного шуму також і ультразвуки низької частоти, що підсилюють шкідливий вплив на живі організми.

### **5.2.1 Вплив шуму на людину і довкілля**

Кожна людина сприймає шум по-різному. Багато залежить від віку (максимальна чутливість слуху у людини – в віці 14–19 років), темпераменту, стану здоров'я, навколишнього середовища.

Найбільш чутливі до дії шуму діти та люди похилого віку. У школярів, які вчаться в умовах проникаючого шуму вище 45 дБА, спостерігається зниження слухової чутливості внаслідок втомлюваності органів слуху, порушення дії вегетативної системи, у дітей відмічаються підвищена стомлюваність та головні болі [13].

Шум є одним з найбільш сильних подразнювачів в нічний час: він порушує сон та відпочинок людини. Дослідження впливу шуму на живі організми засвідчили розвиток у них загальної неспецифічної реакції, яка характеризується зниженням споживання кисню всіма тканинами головного мозку, дистрофічними змінами в мозку та внутрішніх органах, появою судинних розладів, біохімічними змінами у внутрішніх органах, що свідчить про напруженість захисно-приспосувальних сил організму.

Специфічним діянням шуму є діяння його на слуховий аналізатор. При діянні звуку має місце фізіологічне явище пристосування чутливості слухового аналізатора до різних рівнів сили звуку – адаптація, яка грає захисну роль: слухова чутливість знижується приблизно на 10 дБ, внаслідок чого менше звукової енергії потрапляє у внутрішнє вухо, де розташований слуховий аналізатор людини. При тривалому діянні інтенсивних звуків настає слухова втома. В виникненні слухової втоми приймає участь центральна нервова система. Слухова втома визначається тимчасовим погіршенням слуху. Подібне явище спостерігається, наприклад, після діяння авіаційного шуму.

Стійка втрата слуху – глухота виникає внаслідок тривалого (5–8 років) впливу шуму і недостатнього відпочинку для повного відновлення слуху. При тривалому діянні шуму навіть невеликих рівнів слуховим змінам передують зміни в інших функціональних системах організму, в першу чергу в центральній нервовій системі.

В основі цих змін лежать зміни активності мозкових клітин, порушення режиму їх роботи внаслідок широкого поширення збудження із слухового аналізатора по всьому головному мозку. Це призводить до порушення сну, підвищеної втомлюваності, роздратованості, зміни психіки, що виявляється в пригніченому настрої, емоційній неврівноваженості. Під впливом шуму збуджуються центри головного мозку, регулюючі функції залоз внутрішньої секреції і біоритми, що може призвести до зміни частоти ударів серця за хвилину, частоти дихання, кров'яного тиску, викликати зміни в крові і розширення зіниць.

Шум сприяє розвитку гіпертонічної хвороби, захворюванням виразки шлунку та дванадцятипалої кишки. Високі рівні шуму, наприклад, шуму реактивних літаків понад 120 дБ можуть стимулювати подразнення вестибулярного апарату.

Надзвичайно шкідливий вплив на живі організми викликає інфразвук. Інфразвукові коливання передають інформацію про подразнювачі в нервові центри і викликають рефлекторні реакції інших органів та систем. Цим шляхом механічна енергія інфразвуків перетворюється в теплову та частково в енергію біохімічних і біоелектричних процесів, що характеризують відповідну реакцію живого організму на інфразвуковий подразнювач. Найбільш фізіологічно активними для живого організму є частоти від 2 до 17 Гц внаслідок резонансних явищ внутрішніх органів.

Звуковий удар, що виникає при польотах надзвукових літаків, може викликати у людей та тварин роздратування від слабкої психофізіологічної реакції до захисно-оборонних реакцій (переляку, здригання, пробудження від сну тощо). Звуковий удар в зонах інтенсивного звучання може викликати зниження працездатності людини, особливо при виконанні робіт, що потребують напруженої уваги, точних рухів та акуратності. Звуковий удар може спричинити сходження снігових лавин в гірських районах. Чутливі до звукового удару тварини. Звуковий удар супроводжується вібраціями елементів конструкцій і вікон, їх руйнуванням.

### **5.2.2 Нормування акустичного забруднення довкілля**

Для захисту людей від шкідливого впливу шуму необхідно регламентувати його інтенсивність, спектральний склад, час дії тощо. При гігієнічному нормуванні за

граничний приймається такий рівень, діяння якого впродовж тривалого часу не викликає змін у всьому комплексі фізіологічних показників, що відображають реакції найбільш чутливих до шуму систем організму.

Шкідливій дії авіаційного шуму піддаються працівники, що безпосередньо зв'язані з експлуатацією авіаційної техніки, пасажери повітряного транспорту, працівники підприємств цивільної авіації, які знаходяться на території чи поблизу аеропорту, а також відвідувачі аеропорту та населення, що мешкає поблизу аеропорту.

При нормуванні авіаційного шуму існує два різних підходи. В першому – допустимі рівні встановлюються з врахуванням санітарно-гігієнічних вимог при умові відсутності несприятливого діяння шуму на людину (санітарно-гігієнічне нормування).

У відповідності з другим підходом нормування шуму встановлює норми шуму з врахуванням сучасних досліджених і технічно обґрунтованих способів зниження шуму при авіатранспортних процесах. Нормування авіаційного шуму на території житлової забудови здійснюється у відповідності з державним стандартом. [20]

Оскільки несприятливі дії авіаційного шуму вдень і нічний час відрізняються, допустимі значення встановлюються роздільно для денного і нічного часу.

Шум сучасних дозвукових літаків з реактивними двигунами регламентується міжнародним стандартом ІКАО, а також національними стандартами.

В ультразвуковому та інфразвуковому діапазонах шуму існують нормативи тільки для виробничих умов.

### **5.2.3 Методи та засоби зниження шкідливого впливу шуму на людину та природне середовище**

Зниження шуму в джерелі його утворення є найбільш ефективним заходом боротьби з ним, тому при проектуванні чи виборі станків, машин, устаткування (вентиляторів, компресорів, насосів, двигунів, генераторів тощо) необхідно врахувати режим їх роботи та акустичні характеристики. Підвищення рівня шуму часто спричинюється дефектами, що виникають при експлуатації механічного

устаткування: порушення балансування елементів, що обертаються, недопустимого зношування деталей, недостатнього змащування тощо.

Для зниження вібрації механічне устаткування встановлюють на фундаменти з амортизуючими прокладками. Вентилятори чи насоси, наприклад, закріплюють на пружинних віброізоляторах. Фундамент для стаціонарно встановленого устаткування необхідно розташовувати на ґрунті ізольовано від будівельних конструкцій, особливо це стосується важкого механічного устаткування. До комунікацій механічне устаткування повинно приєднуватись за допомогою гнучких вставок.

Якщо технологічний процес та умови експлуатації дозволяють, то устаткування слід поміщати в звукоізолюючі кожухи, наприклад, з пінополіуретану. Кожух встановлюють на гумових прокладках, не допускаючи його зіткнення з устаткуванням. Для зниження рівня вібрації від приводу устаткування стінки захисного кожуху покривають вібродемпфіруючим матеріалом.

При проектуванні промислових підприємств і громадських будівель устаткування, яке є джерелом шуму, розміщують в ізольованих приміщеннях.

Для зниження інтенсивності відбитих звукових хвиль здійснюють акустичну обробку приміщень. Щоб запобігти відбиттю звука, стелю, стіни, підлогу тощо покривають звукопоглинаючими матеріалами. Якщо одержане зниження шуму недостатнє, тоді встановлюють над джерелами шуму штучні звукопоглиначі чи застосовують екрани між джерелом шуму і робочим місцем, яке захищається від шуму.

Серед заходів, що зменшують проникнення шуму в будинки, слід відмітити:

- зменшення поверхні вікон будівлі;
- герметизація вікон;
- надійне закріплення вікон у рамах;
- застосування потрібного скла;
- збільшення товщини скла і відстані між ними;
- встановлення на вході в будівлю подвійних дверей з тамбуром;
- наявність екрануючих елементів;
- віддаленість джерел шуму від житлової забудови;

- архітектурно-планувальні акустичні рішення житлової забудови.

Проблема зниження впливу авіаційного шуму на людей залишається достатньо гострою. При цьому передбачаються впровадження в експлуатацію рисошумних літаків; застосування спеціальних експлуатаційних прийомів при зльоті і посадці; раціональна організація наземної і льотної експлуатації, вдосконалення систем управління повітряним рухом; застосування будівельно-планувальних заходів; регламентація та впровадження систем контролю авіаційного шуму. [14]

Названі методи забезпечують зниження шуму як в джерелах його виникнення (за рахунок розробки літаків більш досконалої конструкції), так і при його розповсюдженні (наприклад, застосуванням спеціальних прийомів пілотування) та сприйнятті (організаційні заходи, засоби індивідуального захисту від шуму тощо).

Оскільки основними джерелами шуму літаків є їх силові установки, то найбільш ефективні методи зменшення шумового забруднення довкілля пов'язані з вдосконаленням авіаційних двигунів, їх робочого процесу, конструкцій, застосуванням засобів шумопоглинання.

Зниження шуму авіадвигунів здійснюється як шляхом доопрацювання існуючих силових установок, так і створення нових рисошумних авіаційних двигунів. При конструюванні нових двигунів можна передбачити такі додаткові протишумові заходи як установку сопел з шумоглушниками, регулювання площ перерізу реактивних сопел, акустичну обробку вхідних і вихідних каналів вентилятора, мотогондоли тощо.

### **5.3 Джерела електромагнітних випромінювань**

Одним з важливих факторів навколишнього природного середовища, що впливає на якість довкілля, є електромагнітне поле. До природних полів належить електромагнітне поле Землі. Це поле утримує величезну кількість електрично заряджених часток, які створюють оболонку навколо Землі, названу магнітосферою.

Бурхливий розвиток науково-технічного прогресу призвів до того, що електромагнітні поля, створені людиною, в окремих районах в сотні разів перевищують середні природні поля. В умовах сучасного міста на організм людини

впливають електромагнітні поля, джерелами яких є різні радіопристрої, електрифіковані транспортні лінії та лінії електропередач. В таблиці 5.1 представлені існуючі діапазони електромагнітного випромінювання.

Джерелами високочастотного електромагнітного випромінювання є радіотелевізійні станції різного призначення, а також радіотехнічні засоби цивільної авіації, в які входять [15]:

- радіоустаткування зовнішнього та внутрішнього зв'язку (командні та аварійні радіостанції);
- радіонавігаційне устаткування (бортові радіолокатори, доплеровські радіолокатори вимірювання швидкості і кута зносу, радіовисотоміри, радіокомпаси, радіовідстанеміри);
- радіоустаткування систем посадки повітряних кораблів (оглядові, диспетчерські та посадкові радіолокатори, радіопеленгатори, радіомаяки).

Таблиця 5.1

Діапазони електромагнітного випромінювання

Назва діапазону		Довжин а хвиль	Частоти	Джерела	Шкідливий вплив
Радіохв или	Наддовгі	Понад 10км	Менше 30кГц	Атмосферні і магнітні явища. Радіозв'язок.	Дратівливість, втома, порушення роботи та дистрофічні зміни внутрішніх органів
	Довгі	10км – 1км	30 кГц – 300 кГц		
	Середні	1 км – 100 м	300 кГц – 3 МГц		
	Короткі	100 м – 10 м	3 МГц – 30 МГц		
	Ультракор откі	10 м – 1 мм	30 МГц – 300 ГГц		



Інфрачервоне випромінювання	1 мм – 780 нм	300 ГГц – 429 ТГц	Випромінювання молекул і атомів при теплових та електричних впливах.	Іонізація, опіки.
Видиме (оптичне) випромінювання	780–380 нм	429 ТГц – 750 ТГц		
Ультрафіолетове випромінювання	380 – 10 нм	$7,5 \times 10^{14}$ Гц – $3 \times 10^{16}$ Гц	Випромінювання атомів під впливом прискорених електронів.	Опіки, сприяння розвитку ракових захворювань та старінню.
Рентгенівське випромінювання	10 нм – 5 пм	$3 \times 10^{16}$ – $6 \times 10^{19}$ Гц	Атомні процеси при дії прискорених заряджених частинок.	Сприяння розвитку променевих хвороб, злоякісних пухлин, променевих опіків.
Гама випромінювання	менше 5 пм	більше $6 \times 10^{19}$ Гц	Ядерні і космічні процеси.	Сприяння розвитку онкологічних хвороб.

Електромагнітні поля характеризуються напруженостями електричного  $E$  (В/м) та магнітного  $H$  (А/м) полів. Медико-біологічними дослідженнями встановлено, що ступінь впливу електромагнітного випромінювання на людину залежить від діапазону частот поля, інтенсивності та характеру випромінювання (безперервний чи імпульсний) і тривалості дії.

Вплив електромагнітних полів, що створюються радіотехнічними об'єктами, має такі особливості:

– термічний ефект; ступінь теплової дії (Дж/с) визначається кількістю тепла, що утворюється в тілі людини при електромагнітному випромінюванні.

Термічний ефект з'являється за рахунок того, що електромагнітні поля в середовищах, які проводять електричний струм (до таких відносяться і тканини організму людини), викликають струми іонної провідності та орієнтаційну поляризацію молекул. Оскільки в'язкість і сили взаємодії між молекулами перешкоджають коливанням полярних молекул в змінному електромагнітному полі, то при цьому відбувається втрата енергії поля за рахунок поглинання її тканинами. Особливо велике значення має струм зміщення, зумовлений переорієнтацією молекул води. Цей струм і викликає нагрівання тканин організму. Наявність в організмі людини органів із слабо вираженим механізмом терморегуляції (мозок, очі, нирки, жовчний міхур та ін.) призводить до їхньої підвищеної чутливості до електромагнітних випромінювань.

Вплив електромагнітних полів, що створює радіотехнічне обладнання, залежить від частоти коливань хвилі. З підвищенням частоти (тобто із зменшенням довжини хвилі) негативний вплив на живий організм стає більш суттєвим за рахунок зменшення глибини проникнення мікрохвиль і росту поглинання енергії. Електромагнітне поле довгих хвиль має менший негативний вплив на живий організм, ніж поля коротких та ультрафіолетових хвиль;

- кумуляція – тобто можливе накопичення сумарного ефекту від дії електромагнітних полів;
- сенсibiliзація – підвищення чутливості після слабкого радіоопромінювання при повторних діях;
- стимуляція – покращення стану під впливом поля, а потім фаза пригнічення;
- дезадаптація – зниження пристосованості організму до інших видів діяння шуму, теплового діяння, іонізуючих випромінювань;
- локалізація електромагнітної енергії на певних органах, найбільш чутливими є статеві органи та очі.

Наслідком впливу електромагнітних полів можуть бути порушення сну, втомлюваність, роздратованість, головні болі, загальна слабкість, статеве безсилля, порушення менструального циклу, болі в області серця тощо.

Електромагнітне поле навкруги будь-якого джерела має три зони: ближню – так звану зону індукції, проміжну – зону інтерференції та дальню – хвильову зону.

В зоні індукції людина або інший біологічний об'єкт піддається дії електричного та магнітного полів, між якими немає певної чіткої залежності. В зоні випромінювання напруженості електричного та магнітного полів співпадають за фазою.

Електричні поля, що створюються пристроями електропередач змінного струму промислової частоти, можуть також здійснювати негативний вплив на людину та інші об'єкти. До таких пристроїв відносяться повітряні лінії електропередачі змінного струму промислової частоти (50 Гц), електричні і трансформаторні підстанції, розподільні пристрої, струмопроводи, підземні та підводні кабельні лінії електропередачі та ін. Розрізняють такі види впливу цих полів:

- безпосередній вплив, що проявляється при перебуванні в електричному полі, причому ефект впливу посилюється із збільшенням напруженості поля і часу перебування в ньому;
- вплив електричних розрядів (імпульсного струму), які виникають при дотику людини або іншого об'єкта до незаземлених конструкцій, корпусів машин і механізмів на пневматичному ході і протяжних провідників або при дотику людини, ізолюваної від землі, до рослин, заземлених конструкцій та інших заземлених об'єктів;
- вплив струму, який проходить через людину або інший об'єкт, що знаходиться в контакті з ізолюваними від землі об'єктами, – струму стікання;
- займання або вибух випарів легкозаймистих речовин внаслідок виникнення електричних розрядів при контакті предметів і людей з машинами і механізмами.

Вирішуючи проблему нормування електромагнітних випромінювань, учені прийшли до висновку, що граничнодопустимі рівні електромагнітних випромінювань

для виробничих умов і захисту населення повинні бути різними. У виробничих умовах вплив електромагнітних полів поширюється на дорослих і фізично здорових людей короткочасно протягом певного часу, а в населених місцях опромінюванню піддаються тривалий час або й цілодобово не тільки дорослі і здорові люди, але також діти, люди похилого віку, хворі, які більш чутливі до несприятливої дії електромагнітних полів.

Згідно з Державними санітарними нормами і правилами захисту населення від впливу електромагнітних випромінювань граничнодопустимі рівні електромагнітних полів, що створюються радіотехнічним обладнанням, поширюються на діапазон частот (табл.5.2).

Таблиця 5.2

Перелік діапазонів частот (хвиль) радіотехнічного обладнання

Номер діапазону	Діапазон частот (виключаючи нижню, включаючи верхню межу)	Діапазон хвиль (виключаючи нижню, включаючи верхню межу)	Відповідний метричний розподіл діапазонів
5	Від 30 до 300кГц	Від $10^4$ до $10^3$ м	Кілометрові хвилі (низькі частоти)
6	Від 300 до 3000кГц	Від $10^3$ до $10^2$ м	Гектометрові хвилі (середні частоти)
7	Від 3 до 30МГц	Від $10^2$ до 10 м	Декаметрові хвилі (високі частоти)
8	Від 30 до 300МГц	Від 10 до 1 м	Метрові хвилі (дуже високі частоти)
9	Від 300 до 3000МГц	Від 1 до 0,1 м	Дециметрові хвилі (ультра високі частоти)
10	Від 3 до 30ГГц	Від 10 до 1 см	Сантиметрові хвилі (надвисокі частоти)

11	Від 30 до 300ГГц	Від 1 до 0,1 см	Міліметрові хвилі (надзвичайно високі частоти)
----	------------------	-----------------	---

Для електричного поля, що створюється пристроями електропередач змінного струму промислової частоти, Державними стандартними нормами і правилами встановлюються такі гранично допустимі рівні напруженості електричного поля:

- всередині житлових будинків – 0,5 кВ/м;
- на території зони житлової забудови – 1 кВ/м;
- у населеній місцевості, поза зоною житлової забудови (землі в межах міста з урахуванням перспективного розвитку на 10 років, приміські та зелені зони, курорти, землі селищ міського типу, в межах селищної межі і сільських населених пунктів, в межах цих пунктів), а також на території городів і садів – 5 кВ/м;
- на ділянках перетину повітряних ліній з автомобільними шляхами – 10 кВ/м;
- у ненаселеній місцевості (незабудована територія, яку відвідують люди, доступна для транспорту, та сільськогосподарські угіддя) – 15 кВ/м;
- у важкодоступній місцевості (недоступній для транспорту та сільськогосподарських машин) та на ділянках, спеціально відгороджених для виключення доступу населення – 20 кВ/м.

### **5.3.1 Способи захисту від електромагнітних випромінювань**

Всі засоби та методи захисту від електромагнітних полів можуть бути умовно поділені на організаційні, інженерно-технічні та лікувально-профілактичні. Для прогнозування рівнів електромагнітних випромінювань на стадії проектування використовуються розрахункові методи визначення густини потоку енергії і напруженості електромагнітних полів.

Організаційні заходи передбачають запобігання попаданню людей в зону з високою напруженістю електромагнітного поля, створення санітарно-захисних зон та

зон обмеження забудов навколо антенних споруд радіотехнічного обладнання різного призначення та повітряних ліній промислової частоти.

Майданчики для розміщення радіотехнічного обладнання, що проектується, необхідно вибирати з урахуванням потужності передавачів, характеристик спрямованості випромінювання, висоти розташування і конструктивних особливостей антен, рельєфу місцевості, функціонального призначення прилеглих територій, висоти забудови.

На території майданчика для радіотехнічного обладнання не допускається розміщення житлових та громадських будинків. З метою захисту населення від впливу електромагнітних полів, які створюються радіотехнічним обладнанням, встановлюються санітарно-захисні зони і зони обмеження забудови. Санітарно-захисною зоною вважається територія, де на висоті до 2м від поверхні землі перевищуються гранично допустимі рівні електромагнітних полів, які наведені в табл.5.2.

В межах санітарно-захисної зони радіотехнічного обладнання не допускається розміщення підприємств і споруд підвищеної пожежної небезпеки, які пов'язані з використанням легкозаймистих рідин або газів (бензосховища, газосховища, гаражі, бензозаправні і газозаправні станції тощо).

Зоною обмеження забудови вважається територія, де на висоті понад 2м від поверхні землі перевищуються гранично допустимі рівні, наведені в табл.5.2. Зовнішня межа зони визначається відносно максимальної висоти будинків перспективної забудови, на висоті верхнього поверху, де рівні електромагнітних полів не перевищують значень, наведених у табл.5.2. Межі санітарно-захисної зони і зони обмеження забудови при їхньому встановленні уточнюються на підставі інструментальних вимірів.

Територію зони обмеження забудови дозволяється використовувати для розміщення забудови різного функціонального призначення при умові дотримання в місцях перебування населення ГДР згідно з вимогами, визначеними табл.5.2.

З метою захисту населення від впливу електричних полів промислової частоти також встановлюються санітарно-захисні зони – території, на яких напруженість електричних полів не перевищує 1 кВ/м.

Санітарно-захисна зона для повітряних ліній встановлюється у вигляді земельної ділянки, межі якої регламентуються по обидві сторони від неї на певній відстані від проекції крайніх фазних проводів на землю, в перпендикулярному до напрямку повітряних ліній:

- 20м для повітряних ліній напругою 300кВ;
- 30м для повітряних ліній напругою 500кВ;
- 40м для повітряних ліній напругою 750кВ;
- 55м для повітряних ліній напругою 1150кВ.

У межах цих санітарно-захисних зон забороняється розташовувати житлові і громадські будівлі і споруди, майданчики для стоянки і зупинки всіх видів транспорту, підприємства, на яких використовуються легкозаймисті рідини і газу, сховища нафти, нафтопродуктів та інших пожежонебезпечних речовин; працювати з легкозаймистими рідинами і газами, виконувати ремонт машин та механізмів. Найближча відстань від повітряних ліній напругою 750кВ повинна складати не менше 250м, від повітряних ліній напругою 1150кВ – не менше 300м.

До інженерно-технічних засобів захисту від електромагнітних полів відносяться електрогерметизація елементів схем, блоків, вузлів установки з метою зниження чи усунення електромагнітного випромінювання.

Мірою колективного захисту від електромагнітних полів може бути застосування дифракційних екранів, а також лісові насадження. Зниження густини потоку енергії в прилеглих зонах можна досягти підйомом антени на висоту. Мірою конструктивного та експлуатаційного характеру є програмне управління потужністю випромінювання електромагнітної енергії в зоні обзору 360°, а також виключення випромінювання в антенах обзору, де немає потреби в радіолокаційному контролі, тобто застосування секторного блокування випромінювання сканерів.

До лікувально-профілактичних заходів відносяться періодичні медичні огляди працівників та населення. [16]

## **Висновки до розділу**

Виходячи з усього вище сказаного, неруйнівний контроль композиційних матеріалів, є досить шкідливим і може завдати великої шкоди навколишньому середовищу.

Щоб уникнути негативного впливу неруйнівного контролю необхідно реалізовувати шляхи спеціального захисту, по можливості обираючи найкращі і найсучасніші. Такі як: застосування дистанційного керування процесом, оснащення спеціалізованими екранами та шумопоглиначами, використанні засобів індивідуального захисту та інші сучасні технології.

Необхідно організувати техніку безпеки з урахуванням всіх можливих факторів які можуть вплинути на безпеку процесу контролю технічного стану виробів з полімерних композиційних матеріалів. Це стосується таких питань як пожежна безпека, охорона праці, захист від можливих природних катаклізмів, а також грамотне розташування екрануючого обладнання і агрегатів як всередині цеху так і навколо нього.



## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Проведений аналіз різних типів неруйнівного контролю в авіаційній газулі та запропоновано оптимальний підхід до здійснення цього типу інспекції.

2. За результатами виробувань було встановлено заходи з підвищення ефективності та людино ресурсу у здійсненні вихрострумового методу неруйнівного контролю.

3. Проведений аналіз міцнісних характеристик авіаційних компонентів, що використовують в авіаційних конструкціях, свідчить про найбільшу чутливість матеріалів до ударної дії та розтягу.

4. З точки зору низької завадозахищеності використання акустичних методів контролю за аналізом інформації за змінами амплітуди сигналів має суттєві недоліки.

5. Використання комп'ютерної системи обробки інформації акустичного контролю на основі системи відмінювання дефектоскопа з комп'ютером дозволяє значно підвищити чутливість контролю та збільшити кількість інформативних параметрів для оцінювання пошкоджень конструкцій з ПКМ.

6. Комп'ютеризована система акустичного контролю дозволяє ефективно вирішувати завдання пошуку оптириських схем сканування, а також детального аналізу пошкоджень матеріалів при різних типах навантажень.

7. У дипломній роботі на основі аналізу дефектів конструкцій із полімерних композиційних матеріалів та технологій неруйнівного контролю запропоновані заходи, що спрямовані на підвищення надійності авіаційних конструкцій на основі ПКМ, а це, в свою чергу, має підвищити ефективність та якість ремонту за фактичним технічним станом, і більшій мірі підвищити безпеку польотів.

8. На основі використання акустичних методів неруйнівного контролю розроблені заходи щодо їх удосконалення, що спрямовані на збільшення продуктивності праці, зменшення трудоемності контролю та ремонту, а внаслідок і підвищення якості ремонту конструкцій із ПКМ.

9. Запропоновані в дипломній роботі заходи з охорони праці та охорони навколишнього середовища, дозволяють покращити умови праці, а також захистити навколишнє середовище від впливу шкідливих факторів.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- 1) «Дефектоскопія» // Українська радянська енциклопедія : у 12 т. / гол. ред. М. П. Бажан ; редкол.: О. К. Антонов та ін. – 2-ге вид. – К. : Головна редакція УРЕ, 1974–1985.
- 2) Контроль неразрушающий. Классификация видов и методов. : ГОСТ 18353-79. – М., 1979. – 12 с.
- 3) Каневский, И.Н. Неразрушающие методы контроля: учеб. пособие / И.Н. Каневский, Е.Н. Сальникова. – Владивосток: Изд-во ДВГТУ, 2007. – 243 с.
- 4) Інструкція з експлуатації приладу для неруйнівного контролю/ AWT 950 NG – 2019. – 315 с.
- 5) Інструкція з експлуатації приладу для неруйнівного контролю/ Rohhman ELOTEST M3 – 2018. – 145 с.
- 6) Ноулер Л. и др. Статистические методы контроля качества продукции. –М.: Издательство стандартов, 1989. –96с.
- 7) Малайчук В. П., Мозговой А. В. «Обработка информации в средствах и системах неразрушающего контроля». – Днепропетровск: ДГУ, 1992. – 168с.
- 8) Беляев Ю. К. Статистические методы обработки результатов испытаний на надёжность. – М.: Знание, 1982. – 97 с.
- 9) Методичні вказівки до виконання розділу «Охорона праці» в дипломних проектах і роботах. Для студентів всіх спеціальностей освітньо-кваліфікаційних рівнів «спеціаліст» та «магістр». /Укладачі: О.І Запорожець, А. В. Русаловський. – К.: НАУ, 2011. –30с.
- 10) Керівництво з обслуговування авіаційних компонентів. /Укладачі: Д.Ю. Криціцький, А.А. Овдієнко. – К.: Авіадинаміка, 2015. –558.
- 11) НПАОП 63.23-1.06-98 «Правила безпеки праці при технічному обслуговуванні і поточному ремонті авіаційної техніки »
- 12) ДСН 3.3.6.042-99 «Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень»
- 13) Білявський Г. О., Падун М. М., Фурдуй Р. С. Основи загальної екології. – К Либідь, 1995.
- 14) Каспаров А. А. Гигиена труда и промышленная санитария. – М.: Медицина,

1981.

15) Кириллов В. Ф., Книжников В. А. , Коренков И. П. Радиационная гигиена.  
– М Медицина, 1988.

16) Корсак К. В., Плахоттк О. В. Основы екології. – 2-ге вид. – К МАУП, 2000.