

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

ДОПУСТИТИ ДО ЗАХИСТУ

Завідувач кафедри

доцент

_____ Олександр ПОПОВ

«__» _____ 2022 р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
(ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА)**

ЗДОБУВАЧА ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТРА

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

**Тема: «Розробка технології виготовлення та оцінка якості обшивки
стабілізатора з композитних матеріалів для вертольотів Ми-8»**

Виконав: _____ Т.Б. Ігнатенко

Керівник: професор _____ Р.Г. Мнацаканов

Консультанти з окремих розділів пояснювальної записки:

охорона праці: ст. викладач _____ О.О. Козлітін

**Охорона навколишнього середовища:
к.б.н., доцент _____ А.О. Падун**

Нормоконтролер _____.

Київ 2022

НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Аерокосмічний факультет

Кафедра підтримання льотної придатності повітряних суден

Освітній ступень "Магістр"

Спеціальність 272 «Авіаційний транспорт»

Освітньо-професійна програма «Технічне обслуговування та ремонт повітряних суден і авіадвигунів»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

доцент

___ Олександр ПОПОВ

«___» _____ 2022 р.

ЗАВДАННЯ

**на виконання кваліфікаційної роботи студента
ІГНАТЕНКА ТАРАСА БОРИСОВИЧА**

1. Тема роботи: **«Розробка технології виготовлення та оцінка якості обшивки стабілізатора з композитних матеріалів для вертольотів Ми-8»** затверджена наказом ректора від 29.09.2022р. № 1785/ст.
2. Термін виконання роботи з 26.09.2022 р. до 30.11.2022.
3. Вихідні дані роботи: статистичні дані за результатами досвіду експлуатації стабілізаторів 8АТ-3100-00, пошкодження, несправності, можливі шляхи покращення експлуатаційних характеристик.
4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, що підлягають розробці):
Аналіз та порівняння композитних та металевих матеріалів. Аналіз можливості заміни обшивки стабілізатора на композитну, розробка технології заміни обшивки. Аналіз матеріалу композитної обшивки. Аналіз заходів з охорони праці та екологічної безпеки.
5. Перелік обов'язкового графічного (ілюстративного) матеріалу: графічний (ілюстративний) матеріал виконано з використанням Microsoft Office Excel, Power Point та представлено у вигляді графіків, рисунків у пояснювальній записці.

6. Календарний план-графік
лен

Завдання	Термін виконання	Відмітка про виконання
Аналіз та порівняння механічних характеристик та можливих дефектів на композитних матеріалах і металах	26.09.22 – 04.10.22	
Аналіз можливості заміни полотняної обшивки на обшивку з композитних матеріалів стабілізатора вертольота типу Ми-8	05.10.22 – 19.10.22	
Розробка технології заміни обшивки стабілізатора 8АТ-3100-00	20.10.22 – 31.10.22	
Аналіз матеріалу заготовки композитної обшивки стабілізатора	01.11.22 – 09.11.22	
Виконання окремих розділів роботи: охорона праці, охорона навколишнього середовища	10.11.22 – 20.11.22	
Оформлення пояснювальної записки та ілюстративного матеріалу	21.11.22 – 24.11.22	
Попередній захист кваліфікаційної роботи	25.11.22 – 30.11.22	

7. Консультанти за окремими розділами

Розділ	Консультант	Дата, підпис	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Охорона праці	Ст.викладач Козлітін О.О		
Охорона навколишнього середовища	к.б.н., доцент Падун А.О.		

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

Керівник кваліфікаційної роботи _____ Рудольф МНАЦАКАНОВ

Завдання прийняв до виконання _____ Тарас ІГНАТЕНКО

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до кваліфікаційної роботи: «Розробка технології виготовлення та оцінка якості обшивки стабілізатора з композитних матеріалів для вертольотів Ми-8»:

88 с., 17 рис., 5 табл., 25 літ.джерел.

Об'єкт дослідження – обшивка стабілізатора 8АТ-3100-00 для вертольотів типу Ми-8 з алюмінієвих сплавів та сучасних композитних матеріалів.

Предмет дослідження – визначення міцнісних та вагових характеристик алюмінієвих сплавів та композиційних матеріалів для підвищення експлуатаційної надійності вертольотів типу Ми-8.

Мета кваліфікаційної роботи – дослідити можливість виготовлення та становлення обшивки з композитних матеріалів на стабілізатор вертольота типу Ми-8.

Метод дослідження – теоретичний розрахунок конструкції, покращення технічних даних стабілізатора для підвищення надійності безпеки польотів, умов охорони праці й охорони навколишнього середовища.

Науковою новизною даної роботи є розробка технології виготовлення обшивки стабілізатора 8АТ-3100-00 для вертольотів типу Ми-8 всіх модифікацій з композиційних матеріалів та оцінка її якості під час ремонту.

Практичне значення результатів кваліфікаційної роботи визначається удосконаленням експлуатаційних характеристик стабілізатора за рахунок заміни тканинної обшивки на обшивку з композиційних матеріалів для забезпечення його безвідмовної експлуатації.

**ОБШИВКА СТАБІЛІЗАТОРА, АЛЮМІНІЄВІ СПЛАВИ,
КОМПОЗИЦІЙНІ МАТЕРІАЛИ, МАСОВО-ЦЕНТРУВАЛЬНІ
ХАРАКТЕРИСТИКИ**

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕННЯ, УМОВНІ ПОЗНАКИ, ОДИНИЦЬ І ТЕРМІНІВ.....	7
ВСТУП.....	8
РОЗДІЛ 1. ОСНОВНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ МАТЕРІАЛІВ ВИКОРИСТОВУВАНИХ МАТЕРІАЛІВ	10
1.1. Основні види та причини руйнування конструктивних елементів вертольотів Ми-8 з алюмінієвих сплавів	10
1.2. Механічні характеристики полімерних композиційних матеріалів	14
1.3. Переваги використання композиційних матеріалів	17
1.4. Основні технологічні дефекти полімерних композиційних матеріалів	23
1.5. Неруйнівний контроль полімерних композитів. Вибір методу неруйнівного випробування	35
1.6. Висовки до розділу 1	45
РОЗДІЛ 2. ЗАМІНА ОБШИВКИ СТАБІЛІЗАТОРА	46
2.1. Аналіз можливості заміни полотняної обшивки на обшивку з композитних матеріалів при виконанні ремонту стабілізатора 8АТ.3100.00 вертольотів типу Ми-8 всіх модифікацій	46
2.2. Технологія заміни обшивки стабілізатора	54
2.3. Висновки до розділу 2	56
РОЗДІЛ 3. МАТЕРІАЛ ЗАГОТОВКИ ОБШИВКИ	58
3.1. Технологія виготовлення листового склотекстоліту та вимоги до готової продукції	58
3.2. Основні параметри та розміри матеріалу заготовки обшивки	60
3.3. Правила приймання та методи випробування готової продукції	64
3.4. Висновки до розділу 3	65
РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ	67
4.1. Шкідливі та небезпечні виробничі фактори при технічному обслуговуванні планера повітряного судна.....	67
4.2. Вимоги до ділянок задіяних при ремонті стабілізатора.....	69
4.3. Розрахунок необхідного рівня освітлення для забезпечення безпечного	

та ефективного процесу ремонту на дільниці ремонту.....	73
4.4. Протипожежні заходи на виробництві.....	74
4.5. Правила техніки безпеки при роботі з клеями епоксидними смолами.....	76
4.6. Забезпечення робітників засобами індивідуального захисту.....	77
4.7. Заходи проти отруєння на виробництві.....	78
4.8. Заходи по збереженню життя та здоров'я працівників при роботі.....	78
4.9. Правила безпеки на виробництві.....	79
4.10. Перша допомога при нещасних випадках.....	79
4.11. Висновки до розділу 4	80
РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА	82
5.1. Заходи з охорони навколишнього середовища	82
5.2. Заходи по зберіганню отруйних речовин	82
5.3. Заходи щодо зменшення впливу шкідливих речовин	83
5.4. Висновки до розділу 5	84
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	86
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	87

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ, УМОВНИХ ПОЗНАК, ОДИНИЦЬ І ТЕРМІНІВ

ЗІЗ – засоби індивідуального захисту

КМ – композиційні матеріали

КР – корозійне розтріскування

ПКМ – полімерні композиційні матеріали

ПС – повітряне судно

ПШКМ – полімерні шаруваті композиційні матеріали

ВСТУП

На сьогоднішній день в Україні експлуатується багато вертольотів типу Ми-8 та Ми-17 різних модифікацій. Ці вертольоти в основному 90-х років випуску минулого століття, але незважаючи на свій вік вони мають високий рівень надійності, великий ресурс та ефективні тактико-технічні характеристики, які дозволяють використовувати їх як у цивільних так і в бойових варіантах, в залежності від модифікації. Ці вертольоти мають назначений строк експлуатації 7000 годин протягом 25 років, з міжремонтним ресурсом 2000 годин нальоту або 8 років експлуатації та зберігання, в залежності від того, що наступить раніше. Також є можливість подовження встановлених ресурсів за бюлетенями промисловості, рішень та вказівок компетентних органів.

На вертольоті встановлено стабілізатор 8АТ-3100-00, який призначений для покращення характеристик поздовжньої стійкості та керованості вертольота, а також ефективності переходу несучого гвинта на режим самообертання при відмові двигунів, змонтований на хвостовій балці між шпангоутами № 13 і 14. Зміна кута встановлення відбувається на землі під час технічного обслуговування в залежності від варіанта вертольота.

Обґрунтування актуальності теми роботи. В наш час, в умовах війни з Російською федерацією, стало неможливо закуповувати запчастини для вертольотів, які випускаються тільки на території РФ. Таким чином виконання бюлетеня № 171-3798-БУ/БЭ від 08.12.2015р. «Замена стабилизатора 8АТ-3100-00-03/04 (с полотняной обшивкой) на стабилизатор 8АТ-3100-00-05/06 (с металлической обшивкой)», який виконується для підвищення експлуатаційних характеристик вертольота, стало неможливим. Тому виникає потреба при виконанні ремонту знаходити можливість імпортозаміщення власним виготовленням та власними розробками. Для покращення експлуатаційних характеристик вертольота, при виконанні капітального ремонту можна розглянути варіант заміни полотняної обшивки на обшивку з сучасних композитних матеріалів. Так як композитні матеріали характеризуються невеликою вагою при значній міцності, і випускаються

на Українських підприємствах в достатній кількості. Так при установці композитної обшивки на стабілізатор, пропадає потреба постійного ремонту обшивки на протязі міжремонтного строку експлуатації вертольота, та обов'язкової заміни тканинної обшивки під час капітального ремонту, що забезпечить більш стабільну роботу повітряного судна без непередбачених простоїв та витрат на ремонт стабілізатора.

Метою даної роботи є розробка технології виготовлення обшивки стабілізатора 8АТ-3100-00 для вертольотів типу Ми-8 всіх модифікацій з композиційних матеріалів та оцінка її якості під час ремонту.

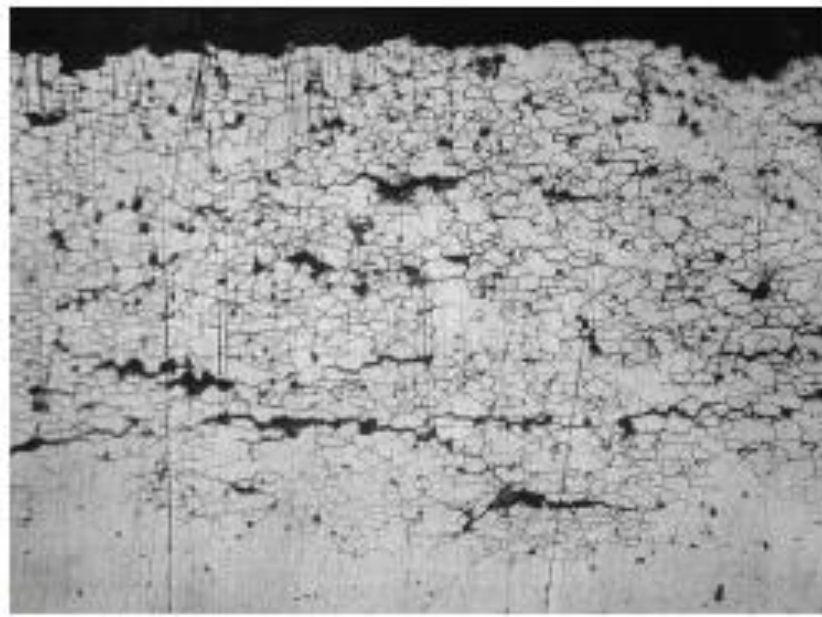
РОЗДІЛ 1

ОСНОВНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВИКОРИСТОВУВАНИХ МАТЕРІАЛІВ

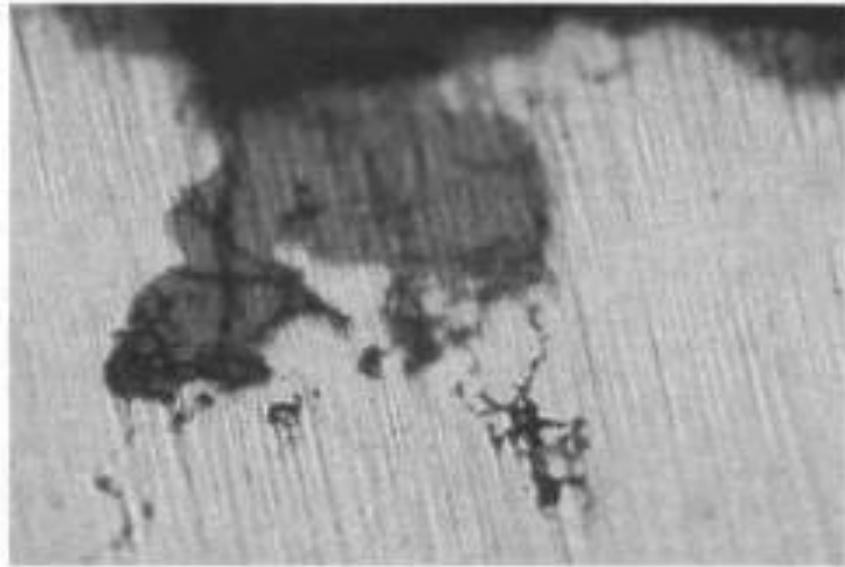
1.1 Основні види та причини руйнування конструктивних елементів вертольотів Ми-8 з алюмінієвих сплавів

Якщо розглянути випадки руйнування авіаційної техніки, її агрегатів та деталей то окрім людського фактора можна виділити три основні причини, такі як: корозія, втома і знос. Так як на вузлах триботехнічного призначення сплави з алюмінію майже не використовуються, то і остання з приведених причин руйнування (за винятком ерозійного зносу) буде не актуальна. Далі буде проаналізовано досвід з експлуатації літальних апаратів, а також оцінено корозійні ураження силових елементів конструкції планера для виготовлення яких використовуються алюмінієві сплави, вказано причини виникнення корозійних уражень, види корозії, способи її усунення та можливий її вплив на ресурсні характеристики конструкції. На протязі тривалого періоду експлуатації на елементах конструкції було виявлено такі види корозії і корозійних пошкоджень як: міжкристалічна корозія, розшарування, контактна корозія та корозійне розтріскування, пітінгова корозія, щільова корозія [2].

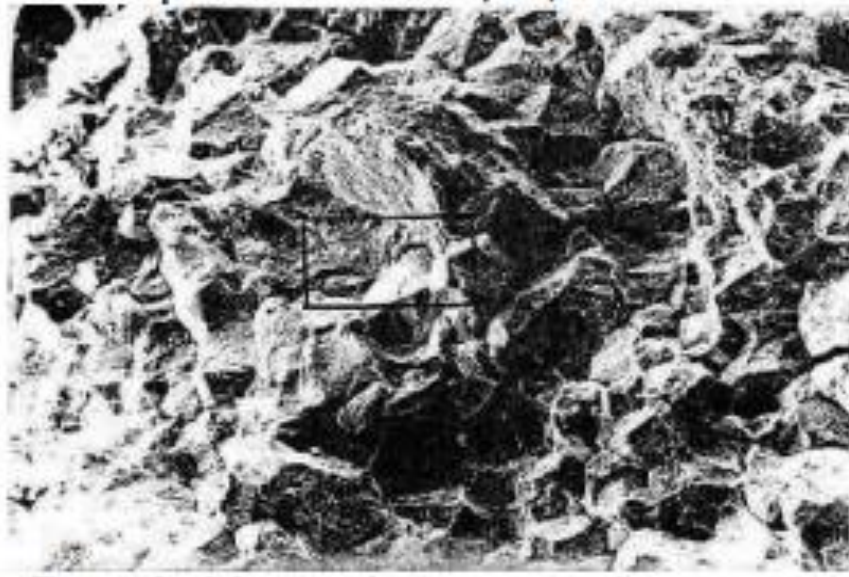
Структура корозійних уражень у збільшеному вигляді зображена на рисунку 1.1



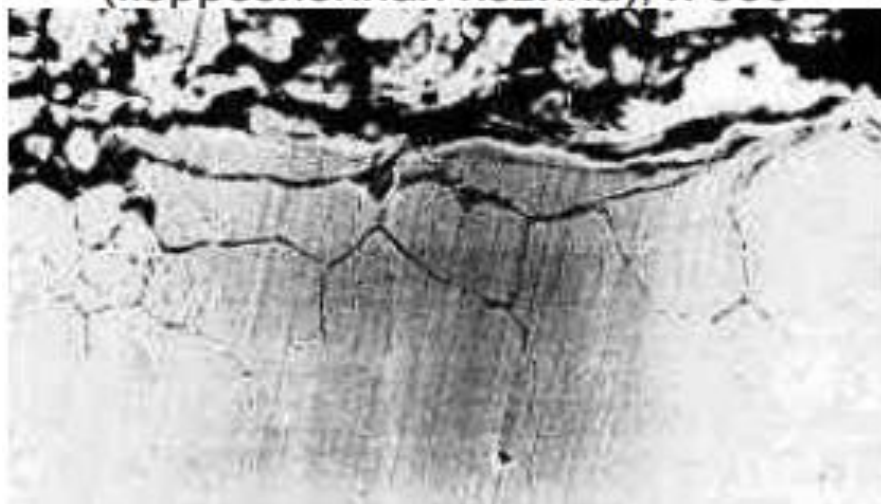
а)



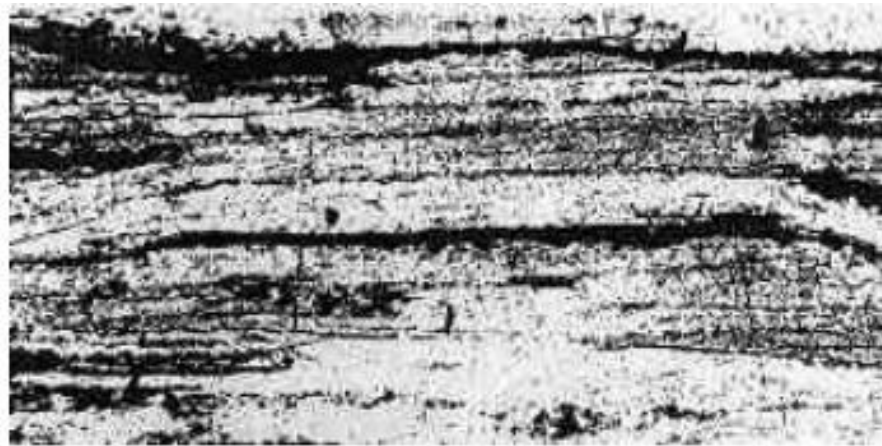
б)



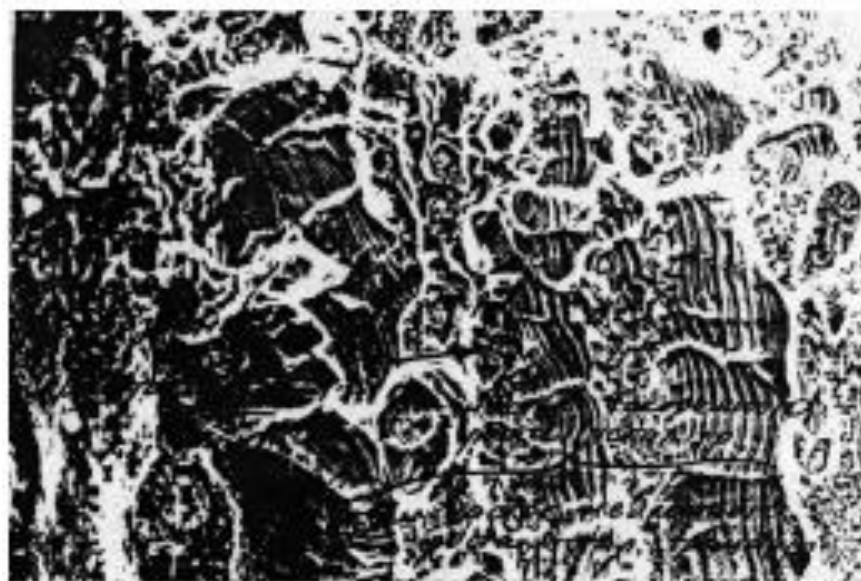
в)



г)



д)



е)

Рисунок 1.1 – Структура корозійних уражень. а) – міжкристалітна корозія алюмінієвого сплаву з елементами розшаровування, 1×200 ; б) – осередок корозійної тріщини (корозійна виразка), 1×500 ; в) – мікрофрактографічні особливості міжзеренного корозійного механізму руйнування, 1×400 ; г) – сітка міжзеренних тріщин на нетравленому мікрошліфі, 1×1500 ; д) – корозія, що розшаровується, 1×320 ; е) – корозійно-утомне руйнування, 1×500 .

Характер корозійного ураження деталей планера повітряного судна (ПС) виготовлених з алюмінієвих сплавів буде залежати від наступних факторів:

- вибраного матеріалу для виготовлення даної конструкції;
- технології виготовлення заготовки, деталі та вузла в цілому;

- конструктивних особливостей вузла чи агрегату;
- місця розташування елемента в конструкції ПС;
- наявності корозійного середовища та характеру його впливу;
- наявності захисного покриття, його якості та дотримання встановлених вимог щодо їх застосування;
- наявності та своєчасності виконання регламентних робіт з обслуговування;
- нанесення профілактичних антикорозійних засобів.

З врахуванням вищезазначених факторів, які впливають на корозійні пошкодження матеріалів конструкцій ПС, можливо виділити основні чотири етапи забезпечення протикорозійного захисту:

1. Вибору використаного матеріалу для виготовлення конкретної конструкції (тип сплаву, система легування, тип заготовки – пресований, кований або катаний, вид термічної обробки, наявність або відсутність плакованого шару).

2. Вибору оптимального конструктивного рішення, яке буде враховувати корозійну поведінку вузла або агрегату (можливість вентиляції простору зони; наявність або відсутність застійних зон; наявність дренажних отворів; можливість виконання складальних робіт на сирому ґрунті або герметіку; наявність електрохімічного контакту; відсутність підгонки деталей за місцем, конструювання з гарантованим зазором між елементами, що стикаються між собою (облік можливого впливу втоми).

3. Вибору антикорозійних захисних покриттів (схеми покриттів залежно від матеріалу вузла та місця його розташування; нанесення профілактичних сумішей; поділ електрохімічних пар).

4. Періодичні огляди та виконання регламентних робіт в експлуатації (статистичне визначення місць потенційно піддатливих корозійним ураженням ділянок; обов'язкове та своєчасне усунення корозії; відновлення покриття на ушкоджених ділянках та застосування профілактичних антикорозійних сумішей).

При виготовленні планеру ПС використовують в основному різні алюмінієві сплави, у тому числі високоміцні, тож питання виникнення корозії під час їх проектування і виготовлення є надзвичайно актуальне.

В ході експлуатації ПС, особливо з тривали терміном експлуатації, як показує досвід, майже неможливо повністю виключити корозію алюмінієвих сплавів. В основному це обумовлено неможливістю повного виключення контакту різнорідних матеріалів, старінням лакофарбових покриттів, пошкодженнями плакованого шару в ході експлуатації, пошкодження анодних та гальванічних покриттів, наявністю агресивних середовищ тощо.

При проектуванні елементів планеру ПС вибирають матеріал конструкції та схему його антикорозійного покриття, знаючи характерні типи корозійних ушкоджень, обирають з врахуванням вище перерахованих факторів [3].

Ще одним напрямком підвищення ресурсу елементів планера є заміна матеріалу з алюмінієвих сплавів на полімерні композиційні конструкції.

1.2 Механічні характеристики полімерних композиційних матеріалів

Композитні матеріали, або, як ще їх звичайно називають композити, зробили великий стрибок в розвитку багатьох галузей промисловості, особливо їх стали значно використовувати при виробництві високотехнологічних виробів, для яких важливим показником є мала вага, але водночас вони мають дуже високу стійкість до механічних навантажень.

Через легкість, стійкість до впливу високих температур, композитні матеріали дозволяють знизити загальну вагу кінцевих виробів, експлуатаційні витрати та зменшити витрати пального, через, що при використанні їх у високотехнологічних проектах галузі авіаційної техніки, очікують від них значної економічної вигоди.

Без використання композитних матеріалів сучасна військова та цивільна авіація була б не така ефективна. Фактично саме вимоги авіаційної галузі промисловості для матеріалів (які, з одного боку, повинні бути легкими, а з іншого боку – досить міцними) стали головною направляючою силою в їх розвитку та розробітку. В наш час є загальноприйнятим, щоб пропелери, крила літаків, їхнє хвостове оперення, лопатки турбін двигунів виготовлялись із сучасних композитних матеріалів. Також це стосується більшості деталей та частин внутрішньої структури та частин фюзеляжу.

З композитних матеріалів вже повністю виготовляють планери деяких невеликих ПС. У великих комерційних літаках з таких матеріалів, як правило, виконані крила, хвостове оперення та панелі корпусу.

На заміну класичних штепсельних роз'ємів, які виготовляли з латуні, нікелю, алюмінію, бронзи або нержавіючої сталі приходять композитні роз'єми для внутрішніх підключень, що успішно замінюють собою колишні роз'єми. Штепсельні роз'єми з композитних матеріалів найкраще підходять для використання в таких умовах навколишнього середовища, де необхідно виконання вимог щодо електромагнітної сумісності та стійкість до високих температур. При використанні композитних роз'ємів майже не виділяються токсичні газоподібні продукти і особливо галогени.

Композитні матеріали значно міцніші, ніж метали, вони не піддаються корозії, мають більш високу надійність і довговічність, при цьому мають ще й суттєво меншу вагу, ніж виконані зі сталі аналоги.

До складу композитів входить декілька окремих матеріалів. Метою створення композитного матеріалу є створення нової субстанції, яка буде комбінувати властивості компонентів з яких вона складається найвигіднішим способом. До складу композитних матеріалів входить дві складові: матриця (сполучна речовина) та армуючі елементи (наповнювачі). Для виготовлення композитного матеріалу необхідно мати в наявності принаймні по одній складовій кожного виду. В якості сполучної речовини в більшості сучасних композитів використовують термопластичні або термореактивні пластмаси (так звані смоли). Пластмаси – це полімери, які скріплюють армуючі елементи, та допомагають задати необхідні фізичні властивості кінцевого виробу. Термопластичні пластмаси виділяються тим, що вони стають м'якими при нагріванні та затвердівають за низьких температур. Незважаючи на їх менше застосування, ніж термореактивних пластмас, вони мають деякі значні переваги, такі як: велика в'язкість руйнування, можливість повторної переробки, тривалий термін придатності у вигляді сировини. Застосування термопластичних пластмас більш безпечне і менше забруднює робоче місце, так як

при підготовці їх до безпосереднього використання немає необхідності в органічних розчинниках для їх затвердіння.

Реактопласти, або термореактивні пластмаси, у початковому вигляді перебувають у рідкому стані, і затвердівають (вулканізуються) під час нагрівання. Процес твердіння необоротний, тому ці матеріали вже не стають м'якими під впливом високих температур. Для успішного протистояння реактопластів зносу і впливу агресивних хімікатів пластмасові матриці посилюють наповнювачами наприклад, скловолокном, що робить їх дуже довговічними в умовах несприятливого довкілля. Такий матеріал буде забезпечувати гарну гнучкість конструкції, так і високу електричну міцність.

За матеріалом матриці композити можна поділити на: композити-реактопласти, реактопласти з довгими волокнами або посилені волокнами, композити з використанням коротких (рубаних) волокон. Найвідомішими матеріалами для таких матриць є: епоксидні смоли, полієфіри (поліестер), фенолформальдегіди, поліаміди, полііміди та поліпропілен. Також при виготовленні деяких дуже специфічних виробів в якості матриці використовують кераміку, вуглець та метали. Наприклад, коли матеріал експлуатується при дуже високих температурах використовують кераміку, а вуглець використовується для виробів, які піддаються тертю та зносу [4].

При виготовленні композитів полімери можна використовувати не тільки для матриці, а також їх можливо використовувати і як добре зарекомендовані армуючі матеріали для посилення композитів. Наприклад, кевлар – полімерне волокно, яке є дуже міцним і додає до композитного матеріалу жорсткість у поєднанні з в'язкістю. Найчастіше скловолокно використовують для армування при виготовленні композитів, також можуть бути використані елементи армування з металу, які мають вигляд арматури, яка підсилює інші метали, так як у метало-матричних композитних матеріалах. Якщо порівнювати композитні матеріали на основі полімерних матриць та метало-матричні, то метало-матричні будуть стійкішими до займання, тому зможу працювати в широкому діапазоні температур, вони не гігроскопічні, стійкі до радіаційного випромінення, і не виділяють токсичні гази. Але вони зазвичай дорожчі від аналогів і тому їх доцільно використовувати там, де їхні переваги будуть

виправдовувати збільшення вартості продукції. На даний момент такі матеріали найчастіше використовують при виготовленні вузлів літаків та космічних систем.

Стійкість до високих температур та міцність – найважливіші характеристики у полімерних матеріалах, що застосовуються при виготовленні високотехнологічних виробів. Вироби, які виготовляють для комерційних і військових авіаційних компонентів, повинні виготовлятися з використанням так званих спеціальних конструкційних пластмас (в англійській технічній літературі – «engineering plastics») або інших спеціалізованих високотемпературних полімерів. Конструкційні пластмаси типу полієфірміду (PEI), поліфталаміду (PPA), поліфеніленсульфіду (PPS) та поліестеріміду (Polyamide-imide – PAI) розроблені та призначаються для використання саме в умовах підвищеної робочої температури. Смоли типу полієфірефіркетону (PEEK) та різні рідкокристалічні полімери (LCP) також можуть використовуватись при надзвичайно високих температурах. Такі сучасні високотехнологічні пластики добре витримують вимоги щодо виділення токсичних газів і стійкі до займання.

1.3 Переваги використання композиційних матеріалів

За рахунок великої кількості виробників композитів і збільшення їх пропозицій на ринку дає споживачам можливість вибору потрібних матеріалів з урахуванням їхніх переваг, таких як:

- Композитні матеріали дуже легкі і тому все частіше використовуються у різних галузях, для яких мала вага є визначальною. При використанні композитних матеріалів отримують значне зменшення ваги від алюмінію приблизно на 40%, і 80% порівняно з деталями виготовленими з латуні та нержавіючої сталі.

- Композити надзвичайно міцні. Високоміцні композитні матеріали структуровані волокном, в значній мірі використовуються у виготовленні бронювання. Завдяки високій міцності таких композитних матеріалів броньовані об'єкти добре захищені від куль та осколків.

- Композити є дуже стійкими до агресивних хімічних реагентів, вони не піддаються корозії та не розкладаються. Саме з цієї причини композитні матеріали часто використовуються в морській галузі.

- Полімерні пластики стійкі до механічного резонансу, тому виготовлені з них вироби з різьбовими з'єднаннями, будуть з меншою ймовірністю відкручуватися та послаблятися від ударів і сильної вібрації.

- Більшість композитних матеріалів діелектричні. Це важливо при використанні композитів в тих місцях, де потрібна міцність та високі електроізоляційні властивості.

- Композитні матеріали можуть послаблювати магнітні поля, зменшувати вплив магнітних полів на корозію та заглушувати так званий "акустичний підпис", тобто характерне для кожного пристрою акустичне випромінювання, так як радіопрозорість являється важливою характеристикою при розробці виробів, для яких важлива мала можливість їх виявлення.

В повсякденному житті ми щоденно залежні від використання композитів. Композитні матеріали, які мають в своїй основі скловолокно розроблялися ще в минулому столітті наприкінці 40-х років, вони стали першими сучасними композитними матеріалами і активно використовуються в наш час.

Приблизно 65% композитних матеріалів, які в своїй основі мають скловолокно та випускаються на теперішній час займають в загальному обсязі виробляємих композитів. Деталі вироблені з композитних матеріалів значно стійкіші до руйнування під напругою від деталей вироблених з металу. Маленька тріщина у деталі виготовленій з металу дуже швидко може розвинутись у катастрофічну з дуже серйозними наслідками, на відміну від композитних деталей. Композитні матеріали дуже добре розподіляють напругу в середині деталі, та добре блокують розростання невеликих тріщин, завдяки волокнистій структурі матеріалу. Навантаження в будь-якому композиті буде розподілятися в напрямку його волокон, саме волокна несуть все навантаження, тому їх кількість, тип, орієнтація та лінійність визначають їхню ефективність.

Скловолоконні композитні матеріали найчастіше використовуються для виробів, в яких одночасно потрібні жорсткість, високі електроізоляційні властивості та абразивна стійкість.

Вуглецеві волокна у композитах більше використовуються для виробів, що вимагають високої жорсткості та міцності.

Матриця із сполучної речовини (смоли) розподіляється між волокнами та оберігає їх утримуючи для збереження правильної локалізації та орієнтації у виробі. Тип смоли матриці визначає її абсорбційні властивості як до води (гігроскопічність), так і до хімічних сполук, механічні властивості при високих температурах, міцність на стиск та механічну жорсткість. Також від того який тип смоли використовується, буде залежати метод виготовлення та кінцева ціна виробу.

При використанні композитних матеріалів в оборонній та авіаційній промисловості найголовніше з усіх переваг композитних матеріалів - їх міцність і жорсткість, поєднані з малою питомою вагою. Дуже важко сконструювати складні деталі з композитів, які будуть використовувати у своїх цілях перелічені властивості, забезпечуючи необхідні вимоги щодо геометричних розмірів, встановлення та функціонального використання.

Але підбираючи оптимальну комбінацію армуючого матеріалу з матеріалом матриці, виробники можуть отримувати необхідні для виробу характеристики, які відповідатимуть вимогам як для його конкретної конструкції, так і для специфічної мети його використання.

Матеріали, що використовують для виготовлення авіаційних деталей та деталей для космічної техніки постійно зменшуються у розмірах та вазі.

Більшість замовників постійно обирають менші за габаритами, більш легкі та гнучкіші рішення, які відповідають жорстким індустріальним вимогам щодо міцності та довговічності. Новітні розробки в галузі конструктивних рішень та матеріалів дозволили здійснити стрибок у технології виробництва матеріалів, які будуть забезпечувати, як високі технічні характеристики, так і необхідні вимоги щодо захисту навколишнього середовища.

Композити – це основа більшості теперішніх проектів у галузі розвитку пристроїв із мінімально помітною дією. Безпілотні літальні апарати (БПЛА) являються одними з них. Використання радіопрозорих композитних матеріалів при проектуванні їх конструкцій дає можливість їх виявлення лише візуально з близької відстані.

Композитні матеріали забезпечують високу довговічність та жорсткість, через, що вони є підходящими матеріалами для систем, що використовуються в авіоніці. Такі матеріали дають можливість зменшити вагу, збільшити міцність та експлуатаційну стійкість, що значно перевищує аналогічні характеристики багатьох металів та некомпозитних термореактивних матеріалів.

Відсутність виділення токсичних газів та не магнітність відповідають тим особливим умовам які можуть використовуватися в космічному просторі через особливий стан навколишнього середовища в космосі.

Композити на основі вуглецю – основний матеріал який використовується у виробництві ракетноносіїв та теплових екранів багаторазових космічних кораблів. Вони також широко використовуються у відбивачах сигналу антен, траверсах космічного корабля, у перехідниках до відсіку корисного вантажу, міжблочних конструкціях та теплових екранах багаторазових космічних кораблів.

Розроблення композитних матеріалів для систем внутрішніх підключень все частіше незважаючи на ускладнення як їхньої конструкції, так і виробничого процесу їхнього виготовлення, виправдовують їхнє використання завдяки їх властивостям. Камінь спотикання під час використання композитів – зазвичай їхня вартість. Незважаючи на те, що процеси виготовлення композитних матеріалів часто ефективніші, сама сировина – дорога. Звичайно, композити ніколи не зможуть повністю замінити традиційні матеріали, такі як сталь, проте суттєві переваги композитів дають реальну економію коштів, зменшуючи витрати пального та економлячи на обслуговуванні системи загалом, збільшують термін служби для великої кількості виробів.

Для виготовлення обшивки стабілізатора можна порівняти композитні листові матеріали та металеві.

Склотекстоліт листовий – екологічно безпечний шаруватий пластик, який широко застосовується. Його виготовляють шляхом гарячого пресування склотканин, просочених термоактивною сполучною речовиною. По суті, є текстолітом на основі склотканини.

Переваги, якими володіє склотекстоліт листовий, досить численні. Матеріал здатний прослужити не менше 20 років без зміни своїх початкових властивостей. Він нетоксичний, стійкий до зовнішніх впливів і інертний по відношенню до хімічно агресивних реагентів. Міцність і висока електрична стабільність дозволяють застосовувати склотекстоліт листовий у якості діелектрика практично повсюдно. Сьогодні він незамінний при виготовленні різних деталей – шестерень, підшипників, втулок і т. д. [7].

Алюміній – міцний, легкий матеріал, що легко піддається обробці. Він майже втричі легший за залізо, при цьому деякі його сплави можна порівняти за міцністю зі сталлю. Чистий алюміній не застосовується як конструкційний матеріал через свою малу міцність, тому для покращення властивостей застосовуються сплави алюмінію такі як:

Д16АТ – один із найміцніших, погано гнеться і може тріснути при згинанні, погано вариться, рекомендується захищати від корозії;

АМг2 – малої міцності, добре гнеться, добре вариться, корозійно стійкий;

АМг6 – середньої міцності, добре гнеться, добре вариться, корозійно стійкий; та інші.

Властивості листів Д16АТ:

- Один із найміцніших алюмінієвих сплавів, застосовується для виготовлення силових конструкцій.

- У загартованому стані практично не гнеться, може тріснути при занадто сильному згинанні.

- Задовільно вариться, міцність зварних швів знижена.

- Теоретично схильний до корозії, але за рахунок покриття чистим алюмінієм не корродує навіть за наявності подряпин.

Літери маркування сплаву Д16АТ означають:

- А – покриття (плакування) чистим алюмінієм для збільшення корозійної стійкості;

- Т – загартований та природно зістарений для досягнення максимальної міцності.

Д16АТ є широко використовуваним алюмінієвим сплавом, він володіє найкращими показниками конструкційної міцності (тріщиностійкості).

Порівняння листових композитних матеріалів з алюмінієвими сплавами наведено в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Характеристика алюмінієвих сплавів та композитних матеріалів

Найменування показника	Одиниці виміру	Марка					
		СТЕФ	СТЕФ-1	СТ-ЕТФ	Д-16АТ	АМГ-2	АМГ-6
Щільність	кг/м ³	1600-1900	1600-1900	1700-1900	2780	2680	2640
Руйнівна напруга при згині перпендикулярно шарам, не менше	МПа	280	300	350	470	190	435
Руйнівна напруга при розтягуванні, не менше	МПа	200	220	220	425	165	306
Ударна в'язкість по Шарпі паралельно волокнам на зразках з надрізом, не менше	кДж/м ²	30	30	50	250	25	22
Тривало допустима робоча температура	°С	-65..+155	-65..+155	-65..+180	-230..+250	-230..+120	-230..+120
Відносне подовження	%	30	30	10	10	16	15

На рисунку 1.2 розглянуто залежність подовження металів та композитних матеріалів при розтягуванні.

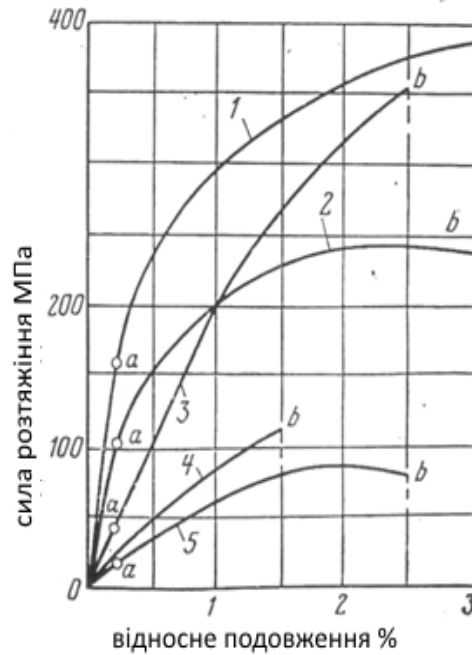


Рисунок 1.2 – Залежність подовження від розтягування [5]: 1 – сталь; 2 – дюралюміній; 3 – склотекстоліт стеф; 4 – гетинакс; 5 – текстоліт.

1.4 Основні технологічні дефекти полімерних композиційних матеріалів

Значне покращення фізико-механічних характеристик матеріалів при зменшенні їх густини викликане підвищенням рівня вимог до сучасної автомобільної, військової та аерокосмічної техніки. Застосування полімерних шаруватих композиційних матеріалів (ПШКМ) стає одним з основних методів вирішення цього питання. ПШКМ, які сьогодні використовуються при виготовленні різної продукції мають високу питому міцність, високу питому жорсткість та інші унікальні фізико-механічні властивості. Завдяки новітнім технологіям, особливо вакуумним, стає можливим виготовляти вироби великих розмірів і складної форми з композитів.

Однак ПШКМ властиві і недоліки, що стримують їх поширення, до яких слід віднести наявність дефектів, що виникають при виробництві та експлуатації, погану повторюваність властивостей від зразка до зразка, низьку ударну в'язкість, що призводить до високої ймовірності пошкодження виробів при експлуатації, великий питомий обсяг, гігроскопічність і токсичність під час експлуатації.

Дефекти, які можуть виникати в композитних матеріалах при виготовленні та експлуатації, розглянуто на рисунку 1.3.

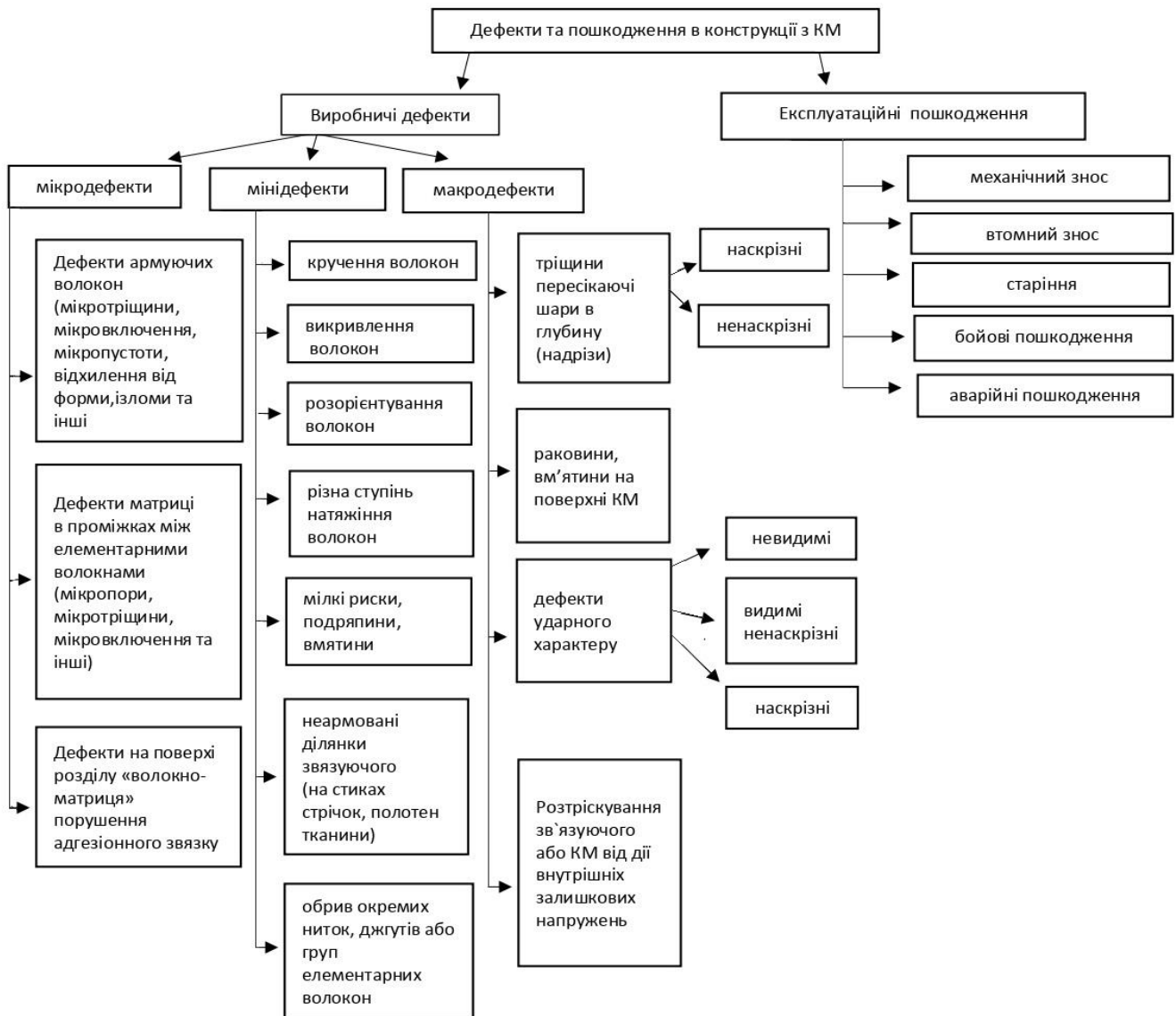


Рисунок 1.3 – Види дефектів композитних матеріалів

При такому підході дефекти поділені на два великі класи:

- Виробничі дефекти, які з'являються в конструкціях або в процесі їх виготовлення, або в процесі виготовлення складових матеріалів компонентів КМ,
- Експлуатаційні ушкодження, що виникають в конструкції в процесі її експлуатації.

Не завжди підвищення якості виробів з ПШКМ буде пропорційним покращенням фізико-механічних якостей компонентів, які там використовуються.

1) Класифікація технологічних дефектів за етапом виникнення

Технологічні дефекти полімерних слоїстих композитних матеріалів можуть виникнути на наступних етапах: виготовлення препрега (джгутового або тканого), розкрій тканини, складання тканинного пакета, формування деталі, подальша механічна обробка.

Препреги (англ. pre-preg, скор. від pre-impregnated - попередньо просочений) - це композиційні матеріали-напівфабрикати в вигляді просочених рідкими сполучними матеріалами листів тканих, або нетканих волокнистих матеріалів.

Зазвичай використовують вуглеволокно, скловолокно, базальтове волокно або кевлар в якості волокнистих матеріалів. В якості сполучних речовин можна використовувати термореактивні або хімічно затверджувані смоли. Препреги виготовляють шляхом просочення полімерними сполучними матеріалами армуючої волокнистої основи. При виготовленні препрегів можна використати однорідні термореактивні сполучні речовини, тоді вироби можуть мати обмежений термін і умови зберігання, щоб сполучна речовина полімеризувалася при зберіганні. В разі виготовлення препрегів з використанням хімічно затвердівуючих сполучних речовин, виготовляють два види листів, кожен просочений своєю речовиною і при укладанні їх у виріб чергують, для того, щоб сполучна речовина перемішалася і затверділа [8].

При виготовленні джгутових препрегів можуть виникнути наступні дефекти: розсунення та скручування джгутів, порушення складу компонентів, утворення місцевих непросочених ділянок, поява потіків сполучної речовини, утворення стиків та нахлестів окремих джгутів, підвищення або зниження щільності розкладки джгутів і пов'язаної з цим різної густини укладання джгутів у препрезі. Наявність таких дефектів прямо впливає на товщину препрега.

При виготовленні тканого препрега можуть з'явитися дефекти привнесені тканиною: близна (дефект тканини, що виникає внаслідок відриву та випадання однієї або кількох ниток основи), напрацьований пух, провисання тканини, підвищена

вологість, а також такі як місцеві натіки сполучної речовини, зміщення текстури тканини, порушення складу компонентів, складки від дії розділового шару.

При розкрою найчастіше виникають дефекти: порушення кута вирізки; деформування розкрою під час транспортування; порушення текстури під час зняття шаблону; підріз окремих ниток; відхилення місця різку від контуру шаблону та порушення текстури армуючого шару в зоні різку.

На етапі складання тканинного пакета можуть з'явитися дефекти, пов'язані з порушенням кута викладки, зміщенням зони викладки, викривленням волокон препрега у площині шарів, утворенням хвилястого препрега. Викривлення волокон у площині тканини або формування складок можуть виникати при нерівномірному натязі при викладанні та зміна зусиль накочення. При складанні пакету між шарами можуть потрапити шматки роздільного матеріалу і сторонні включення, які прилипають до препрега, може бути порушений порядок викладення шарів, завищена температура ролика прикочування. Під час виготовлення товсто-стінних деталей дуже висока імовірність появи дефектів, через велику кількість шарів та інтенсивне зменшення жорсткості підкладки з кожним наступним шаром.

Під час формування деталі можуть виникати такі дефекти: натіки сполучної речовини або раковини через нерівномірне температурне поле; викривлення та складки волокон у результаті ущільнення та переміщення матеріалу; підім'яття через попадання на поверхню зовнішніх шарів сторонніх включень, вибоїн на оснастці, стиків розділових плівок або шарів, що вбирають; розшарування та тріщини від внутрішніх напружень у матеріалі, які з'являються під час термообробки, охолодженні деталі або при недбалому знятті деталі з оснастки.

При механічній обробці можуть з'явитися дефекти типу скатів, вибоїн, подряпин, відрив поверхневих шарів та поява тріщин після роботи інструменту.

2) Класифікація технологічних дефектів з урахуванням особливостей їх будови

На п'ять груп можна поділити технологічні дефекти за особливостями будови:

1. Невідповідність показників сполучних та армуючих шарів необхідним значенням по всьому обсягу деталі або її значної частини.

1а. Низький рівень затвердіння сполучного матеріалу. Неповна полімеризація є признаками невідповідності співвідношення пропорцій вихідних компонентів у сполучній речовині, або відхилення від норм температуро-часового режиму полімеризації.

Зазвичай рекомендована максимальна робоча температура матеріалів із термореактивною матрицею відповідає 95–98% ступеня конверсії реакційно-активних груп. При таких умовах буде забезпечуватися рівень температури склування та теплостійкість самого матеріалу. При порушенні співвідношення пропорцій компонентів сполучної речовини та відхиленнях режимів формування таких як: зменшення температури та тривалості формування, значна зміна швидкості підвищення температури, переривання процесу формування виникає зниження ступеня полімеризації сполучної речовини. Дефекти, які виникають в наслідок низького ступеню затвердіння матриці, призводять до зниження теплостійкості матеріалу, різкого погіршення водостійкості та вологостійкості, зниження опору матеріалу до впливу агресивних середовищ, зміни характеру руйнування матеріалу при статичному та втомному динамічному навантаженні, а також інших експлуатаційних характеристик. Значне відхилення пропорцій у складі сполучної речовини приведе до значних змін міцності та експлуатаційної надійності.

1б. Відхилення від необхідного складу та якості сполучного та армуючого матеріалу в композиті. Такі дефекти виникають при грубих порушеннях у підготовці вихідних компонентів. Дефекти 1а. і 1б. хоча відносяться до групи найнебезпечніших дефектів, однак у практиці вони трапляються досить рідко, так як являються наслідками найгрубіших порушень технологічного процесу виробництва.

1в. Пошкодження ниток чи тканин армуючого матеріалу. Дефект полягає в наявності зруйнованих волокон у нитці, ниток у тканині чи зламаних пучків.

2. Сторонні включення та несучільність.

2а. Сторонні включення. Можуть бути поверхневими або внутрішніми. З'являються в наслідок потрапляння сторонніх матеріалів у вихідні компоненти під час їх виготовлення, розкрою, викладанні тканини, просочуванні та полімеризації виробу.

26. Пористість. Характеризується виникненням зон, які містять підвищену кількість пор. Критичність такого дефекту визначається об'ємним вмістом, розміром, формою та розташуванням. Пористість виникає при недотриманні режиму формування: коливання тиску при формуванні, часу та величини доданого тиску, швидкості подачі сполучної речовини та швидкості нагрівання, а також відхилення від необхідних значень кількісного та якісного складу препрега. В разі використання вакуумних технологій для виготовлення, процес утворення пор залежить від швидкості фронту сполучної речовини. На рисунку 1.4 показані дефекти вуглепластика.

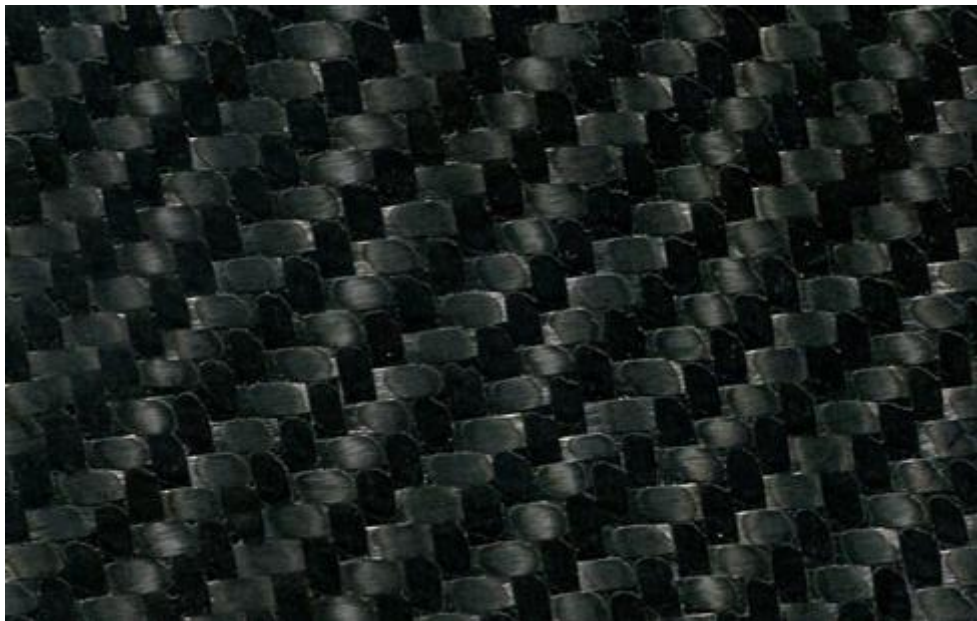


Рисунок 1.4 – Пори на поверхні вуглепластика



Рисунок 1.5 – Сухі плями

2в. Сухі плями. Дефект полягає у появі локальних зон армуючого матеріалу, непросочених сполучною речовиною. На рисунку 1.5 показані сухі плями в склопластику.

2г. Газові раковини. Це порожнини, які утворюються газами, що виділилися з композиту або впровадилися в нього. Поверхня газових раковин гладка. Газові раковини можуть бути одиночними та груповими. Причинами виникнення газових раковин можуть стати підвищений вміст летких елементів у композиті, порушення режимів формування або полімеризації.

2д. Розшарування. Розрізняють замкнуті, тобто ізольовані від кромки деталі, з виходом на кромку деталі, та підповерхневі. Причинами розшарування є: потрапляння різних мастил та плівок усередину матеріалу; порушення режимів виготовлення – висока температура, підвищена швидкість охолодження, випадкова теплова або механічна дія; відсутність антиадгезійного покриття на поверхні оснастки. На рисунку 1.6 показано розшарування шаруватого композиту з виходом на край деталі, що з'явилося в результаті інтенсивного механічного впливу.

2е. Непроклеї. Класифікують так само, як і розшарування. Основна причина появи – відсутність або недолік сполучної речовини на поверхнях шарів, що з'єднуються.

Вплив розшарування та непростеїв на властивості матеріалу залежить головним чином від типу навантаження. Наявність розшарувань та непростеїв майже не впливають на міцність композита при розтягуванні, а при стисканні міцність матеріалу може суттєво зменшуватись в залежності від розташування та розмірів дефекту.

2є. Тріщини. Розрізняють поверхневі, внутрішні та наскрізні. Тріщини виникають при порушеннях режиму виготовлення, насамперед швидкості охолодження, механічна дія високої інтенсивності. На рисунку 1.7 показана наскрізна тріщина з виходом на край деталі в зразку зі склопластику



Рисунок 1.6 – Розшарування



Рисунок 1.7 – Тріщина

Тріщина у виробі являється концентратором напруги. За наявності тріщин порушується цілісність композиту та матеріал піддається впливу навколишнього середовища, що може призвести до появи дефектів типу розшарування.

3. Спотворення структури композиту.

За. Відхилення кута армуючого матеріалу. Такий дефект виникає при відхиленні кута напрямку укладання армуючого матеріалу, через помилки у розкрії

та викладанні тканинного пакету. На рисунку 1.8 показано відхилення кута армуючого матеріалу при викладанні тканини на поверхню з подвійною кривизною.

3б. Викривлення волокон у площині шарів. Являють собою викривлення волокон у площині шарів з невеликим кутовим відхиленням волокон армування від вихідного значення. Найчастіше дефекти цього типу не мають масштабний характер, і викривлення, як правило, спостерігаються тільки в одному або декількох шарах матеріалу, при цьому їх розміри в рази менші за розміри елемента конструкції.

Викривлення волокон впливає на зміну структури композитного матеріалу, так при великій кількості волокон дефекти однакового розміру впливають на більше шарів композиту, а ступінь впливу цих дефектів на опір деформуванню руйнування зростає зі збільшенням ступеня армування.

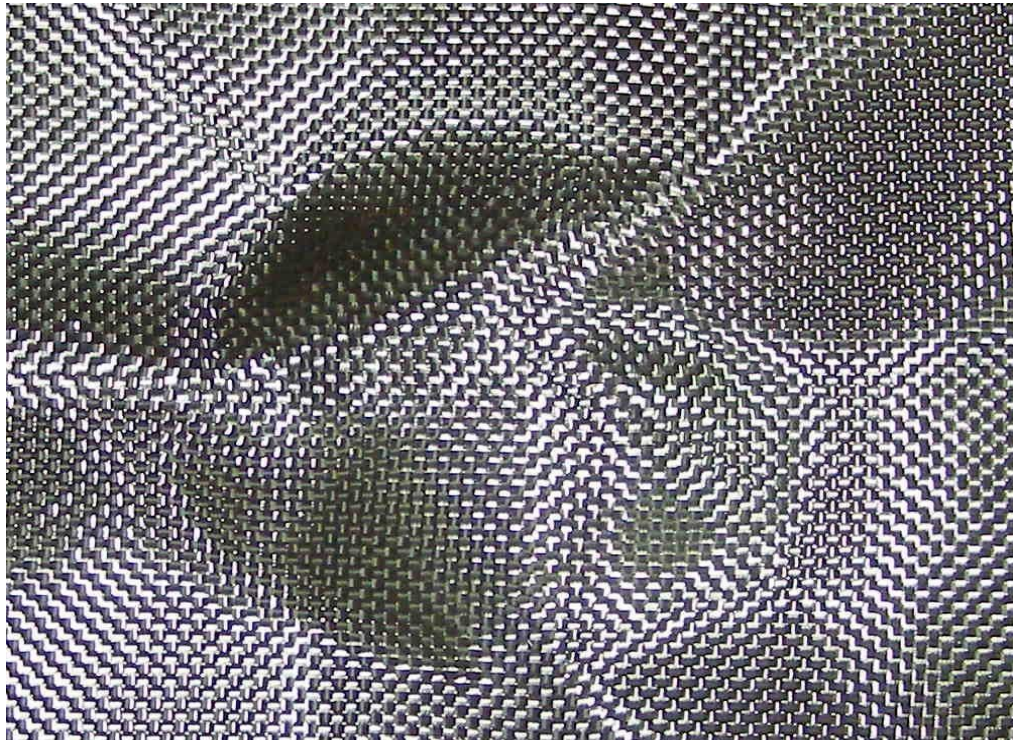


Рисунок 1.8 – Відхилення кута армуючого матеріалу



Рисунок 1.9 – Складки

Зв. Свіль – вигин волокон, що створює характерний рисунок на поверхні композиту. Показниками, які характеризують свіль, є величина вигину волокон, геометричні розміри, орієнтація і кількість шарів. Причинами утворення свілю є погане ущільнення тканинного пакета при формуванні.

Зг. Складки, гофри. Розрізняють поверхневі або внутрішні складки. Складки та гофри виникають при неправильному складанні тканинного пакета, погане ущільнення, коливання тиску при формуванні. На рисунку 1.9 показані складки, що утворюються при викладанні тканини на поверхню з подвійною кривизною.

Зд. Стики та нахлести. Впливають на механічні характеристики з допомогою зміни структури матеріалу – у зоні нахлеста збільшується ступінь армування матеріалу.

Зе. Відхилення від необхідного об'ємного вмісту сполучного та армуючого матеріалів у композиті. Причинами цього дефекту є невідповідність кількості

вихідних компонентів у препрезі, недотримання режиму формування – тривалості і величини прикладеного тиску.

4. Поверхневі дефекти.

4а. Підім'яття – об'ємна недосконалість поверхні композиту. Причинами появи підім'яття є дефекти оснастки, дефекти шарів, що всмоктують і розділяють, сторонні включення на поверхні оснастки.

4б. Подряпини. Подряпини з'являються на поверхні виробів внаслідок механічних впливів при знятті деталей з оснастки та подальшої механічної обробки виробу і недбалого зберігання готових деталей.

4в. Викришування кромek отворів і гнізд. Такі дефекти в основному виникають через недотримання режимів механічної обробки та погану якість інструменту.

4г. Сколи. З'являються як правило через порушення режиму зняття деталі з оснастки.

Виникнення дефектів у вигляді подряпин, підім'яття, сколів, викришування по кромках отворів і гнізд, утворюють концентратори напруги, що приводить до зменшення несучої здатності матеріалу. Вплив концентраторів напруги на міцність композитного матеріалу буде зменшуватися зі збільшенням тривалості статичного навантаження, і з збільшенням швидкості деформування при одноразовому статичному та динамічному навантаженні.

4д. Відрив поверхневих шарів. Виникає в наслідок порушення умов притиску матеріалу, що підкладається, неправильне заточування матеріалу, недотримання режимів обробки композитних матеріалів.

4е. Недоформування. Це відхилення розмірів перерізу профілю від номінальних розмірів. Недоформування може бути по висоті профілю, або в вигляді відхилення по ширині відборткування. Виникають в основному через порушення умов притиску матеріалу, що підкладається при викладанні або формуванні, при яких армуючий матеріал не щільно прилягає до поверхні оснастки. На рисунку 1.10 показано відхилення форми з вуглепластика від номінальної.



Рисунок 1.10 – Недоформування

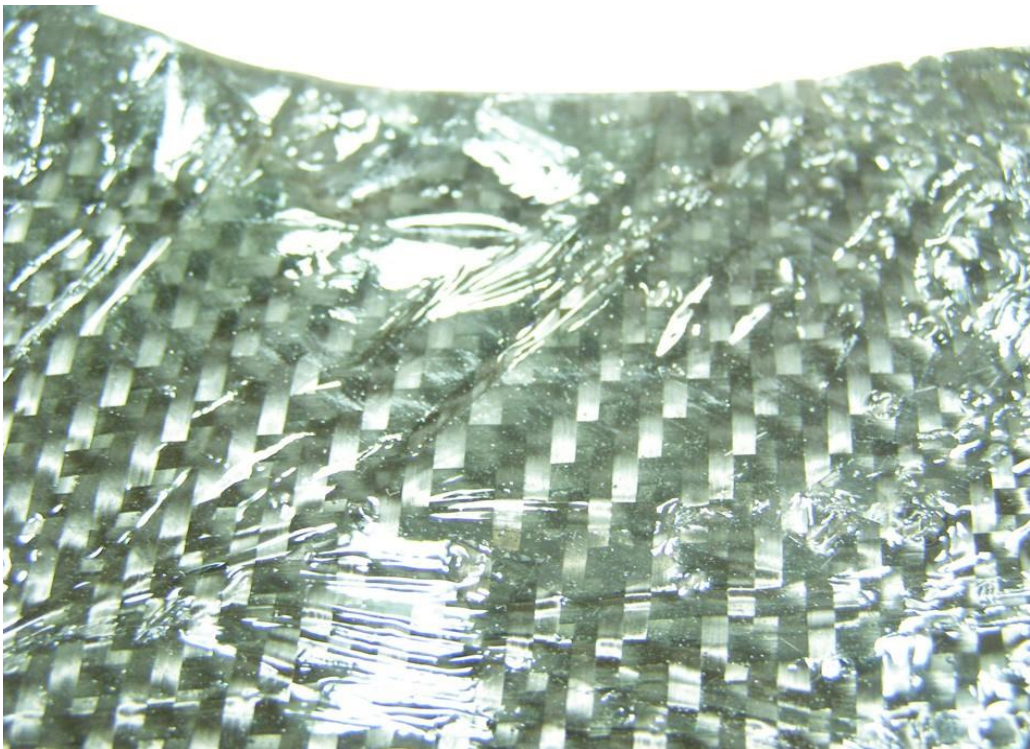


Рисунок 1.11 – Напливи сполучного матеріалу

4є. Напливи сполучного матеріалу. Це надлишки сплучної речовини, які з'являються на поверхні композиту у вигляді надлишкових шарів. Напливи сполучного матеріалу на поверхні вуглепластика показані на рисунку 1.11.

5. Дефекти, зумовлені змінами обсягу.

5а. Залишкові напруги. Залишкові напруги у виробі можуть стати причиною короблення або розшарування деталі, так як виникають через зміни обсягу окремих компонентів при полімеризації, відмінністю термопружних властивостей армуючого та сполучного матеріалів, хімічною усадкою.

5б. Короблення. Короблення відбувається в результаті перерозподілу залишкових напружень та призводить до зміни форми деталі після зняття з оснастки [6].

1.5 Неруйнівний контроль полімерних композитів, вибір методу неруйнівного випробування

При виготовленні деталей з багатошарових та литих композитних матеріалів їх можна обстежити з використанням простих процедур, що включають вимір розмірів і допусків, візуального огляду на наявність дефектів, обстукування з метою визначення пористості, визначення мас і щільності, визначення затвердіння шляхом вимірювання твердості.

В разі, якщо необхідно виконати більш детальний контроль цілісності виробу, це можна зробити за допомогою різних методів неруйнівного контролю. Неруйнівні випробування виконуються доволі легко. Однак руйнівні випробування звичайно будуть збільшувати вартість деталі, через, що їх використовують тоді, коли це необхідно для критично важливих деталей. Крім того, обсяг неруйнівного контролю на деталях з композитів буде залежати від того, чи є деталь основною конструкцією, що впливає на безпеку польоту, або другорядною конструкцією, що не впливає на безпеку польоту. Тип або клас деталі, як правило, визначений на конструкторському кресленні.

Полімерні композиційні матеріали (ПКМ) знаходять дедалі більше застосування для деталей відповідального призначення літальних апаратів. В

авіаційній техніці особливо значним є зростання обсягу застосування високомодульних ПКМ – вуглепластиків, склопластиків, органопластиків, вуглець-вуглецевих матеріалів, а також у яких шари волокнистого матеріалу чергуються із шарами фольги та різних гібридних ПКМ.

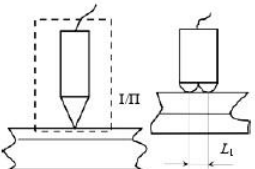
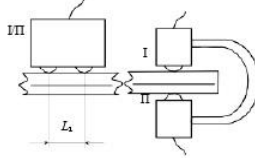
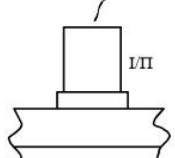
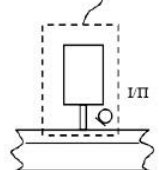
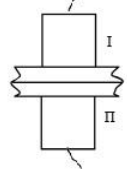

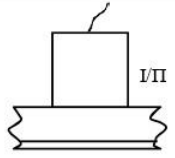
В даний час відсіки фюзеляжу, кесона та панелі крила, деталі механізації крила, носки кіля та стабілізатора, панелі стабілізатора та кіля, деталі конструкції вертольотів, лопатки компресорів, вентиляторів, гвинтів, підсилювальні накладки корпусу та обшивки і багато інших деталей авіаційної техніки виконуються з ПКМ, що формується з клейових препрегів, одержуваних за допомогою термореактивних технологій.

Найпопулярнішими методами неруйнівного контролю виробів виготовлених з композитних матеріалів являються акустичні методи контролю. Такі методи полягають у взаємодії пружних коливань та хвиль широкого діапазону частот з контрольованою деталлю або конструкцією. Для неруйнівного контролю та діагностики клейових сполук можна застосовувати як традиційні акустичні методи, які зазвичай реалізуються з використанням рідини для створення акустичного контакту між перетворювачем приладу та контрольованою поверхнею (імерсійний, струминний, контактний варіанти), так і спеціальні низькочастотні, що реалізуються з використанням сухого точкового контакту перетворювача з об'єктом контролю або еластичного протектора, з'єданого з робочим органом перетворювача, а також безконтактні методи [9].

У таблиці 1.2 вказані сфери застосування різних реально застосовуваних акустичних методів контролю та орієнтовно представлені типи контрольованих клеєних конструкцій і показані схеми розташування перетворювачів приладів під час контролю.

До основних методів контролю можна віднести: ехометод (основний та ревербераційний варіанти), тіньовий метод (проходження), та метод вимушених коливань (резонансний метод). До спеціальних низькочастотних методів належать імпедансний, велосиметричний методи, метод вільних коливань, вібраційно-топографічний та вібраційно-тепловий методи [10].

Таблиця 1.2 – Акустичні методи контролю деталей та клеєних конструкцій з
КОМПОЗИТНИХ МАТЕРІАЛІВ

Метод контролю	Варіант метода	Схема розміщення перетворювачів на конструкції при контролі	Область застосування метода
Імпедансний	Вигнутих та повздовжніх хвиль		Виявляє розшарування в монолітних та шаруватих конструкціях з ПКМ та непоклеїв між обшивками та елементами жорсткості або легким заповнювачем.
Власних коливань	Вимушених коливань (резонансний)		Виявлення дефектів з'єднань між елементами багатшарових конструкцій, особливо у випадках, коли товщина обшивки, з боку якої проводиться контроль, дорівнює або більше товщини каркасу. Оцінка міцності клейових з'єднань.
	Вільних коливань		Контроль якості з'єднання неметалевого шару з високим згасанням пружних коливань у ньому (резиноподібні матеріали, різні теплозахисні покриття тощо) та металевого або неметалевого каркасу.
Проходження	Тіньовий		Контроль монолітних, шаруватих та стільникових конструкцій з товстими (понад 7 мм) обшивками з ПКМ та стільниками з поліамідного паперу.
	Велосиметричний		Контролює з'єднання між неметалевими та металевими шарами конструкції при односторонньому або двосторонньому доступі до неї.
Відображення	Ревербераційний		Виявлення дефектів з'єднань між металевим шаром і неметалом або легким заповнювачем (між каркасом і клейовою композицією, що спінується).
	Ехометод		Виявлення дефектів у монолітних конструкціях та у клейових з'єднаннях товстостінних конструкцій (понад 5–10 мм).

Примітка: I – випромінюючий перетворювач; II – приймальний перетворювач; I/II – роздільно-сумісний перетворювач (випромінювач та приймач поєднані в одному корпусі, але акустично ізольовані один від одного); L – зона контролю (відстань між випромінюючим та приймальним перетворювачами; $L_1 \ll L_2$).

Також існують акустико-топографічний та акустико-тепловий методи, які не представлені у таблиці так як не мають в даний час належного апаратурного забезпечення.

Розглянемо вищезгадані акустичні методи контролю докладніше:

Тіньовий метод (проходження) реалізується, як правило, двома способами: амплітудним і тимчасовим. Поскільки шлях ультра-звукових коливань при обгинанні зони матеріалу з характерним імпедансом, що різко відрізняється, збільшується. Метод використовують для виявлення зон порушення з'єднань у багатошарових конструкціях та виявлення розшарування, порожнин, зон підвищеної пористості тощо в деталях та конструкціях з композитних матеріалів.

Перевагами тіньового методу є висока достовірність, оскільки метод немає глибинної неконтрольованої зони, але при тому є необхідність двостороннього доступу до контрольованої конструкції, що не завжди можливо і є великим недоліком (наприклад, в умовах експлуатації виробу), а також залежність результатів контролю від акустичного контакту та неспіввідності перетворювачів, що виникає при контролі великогабаритних виробів. Для вирішення проблеми співвідності при роботі використовують конструкції у вигляді скоб або спеціальні системи орієнтації.

Ехометод (метод відображення) побудований на принципі посилення в контрольовану деталь перетворювачем ультразвукового імпульсу та прийомі тим же чи іншим перетворювачем відбитих від структурних неоднорідностей та від протилежної поверхні деталі (дна) сигналів. В основному варіанті ехометод застосовується для виявлення тріщин, розшарування, повітряних бульбашок у конструкціях з композитів товщиною від 4мм до 200мм.

Але одним недоліком методу є зменшення чутливості контролю при перевірці деталей великої товщини, вироблених з неметалевих матеріалів, так як через високе згасання ультра-звукових коливань доводиться використовувати низькі частоти (зазвичай 200–1250 кГц). Перехід на низькі частоти призводить до зменшення точності контролю при використанні ехометоду.

Ревербераційний метод контролю (метод багаторазових відображень), що називається також ехоревербераційним методом, що є різновидом ультразвукового

імпульсного ехометоду, стає більш популярним при контролю якості клейових з'єднань. Цей метод використовує вплив зони порушення з'єднання між шарами з різними значеннями характеристичних імпедансів та коефіцієнтів загасання пружних хвиль на кількість та швидкість зменшення амплітуд багаторазово відбитих імпульсів у шарі з меншою величиною коефіцієнта згасання.

Ревербераційний метод на практиці є недостатньо ефективним у зв'язку з тим, що розшифрування результатів часто є ускладненим. Зображення ехоімпульсів на екрані електронно-променевої трубки приладу, багаторазово відображених у контрольованій конструкції, часто зливаються, причому кількість і швидкість зменшення амплітуд ехоімпульсів встановити важко.

Недоліками такого методу являються труднощі або неможливість виявлення зон порушення з'єднання тоді, коли клейовий шар прилягає до обшивки, з боку якої проводиться контроль (непроклей між клейовим шаром та внутрішнім елементом конструкції), а також труднощі виявлення зон порушення з'єднання в конструкціях з дуже тонкими обшивками та з обшивками з матеріалів з високим загасанням пружних коливань. Основним недоліком ревербераційного методу є можливість контролю, в основному, лише комбінованих конструкцій таких як метал-пластик з незначною кривизною і використання при роботі контактної рідини.

Метод вимушених коливань (резонансний метод), який застосовується для контролю багат шарових конструкцій з ПКМ, є різновидом резонансного методу, що використовується для товщинометрії та контролю деталей. Ознаками порушення суцільності при контролі цим методом являється зміна резонансної частоти навантаженого на конструкцію п'єз-перетворювача.

Методом вимушених коливань виявляють дефекти суцільності двошарових матеріалів у клеєних конструкціях при односторонньому доступі з боку більш товстого шару. Його використовують тоді, коли застосування інших методів являється неефективним.

До недоліків резонансного методу контролю можна віднести складність та неможливість контролю криволінійних конструкцій і також необхідність використання контактної рідини при роботі.

Імпедансний метод використовується при наявності одностороннього доступу до контрольованої зони та застосовується у двох варіантах: з використанням сумісного та з використанням роздільно-сумісного перетворювача.

Основний варіант імпедансного методу має високу чутливість (він дає можливість виявляти за сприятливих умов дефекти мінімальним розміром від 0,07 см²), але незначною глибиною залягання дефектів, що виявляються (максимальна товщина обшивки з алюмінієвих сплавів 2,5 мм, з ПКМ до 10 мм). Недоліками такого варіанта є наявність значної глибинної неконтрольованої зони.

Другим варіантом імпедансного методу перевіряють порушення суцільності в композитних матеріалах на глибині до 15 мм, що набагато більше ніж при використанні основного варіанта імпедансного методу. Це стало можливим завдяки тому, що контактна гнучкість при розділенні функції випромінювання та прийому ультра-звукових коливань має значно менший вплив на характеристики цього методу. Однак такий варіант має меншу чутливість до порушень суцільності, які близько залягають на відміну від основного варіанта імпедансного методу.

Велосиметричний метод заснований на впливі структурних неоднорідностей на швидкість поширення пружних хвиль у контрольованій конструкції, а також на зміні шляху хвилі між випромінювачем і приймачем, викликаному наявністю таких неоднорідностей. Цей метод використовується при односторонньому і двосторонньому варіантах контролю, при цьому у виробі можуть порушуватися як безперервні, так і імпульсні коливання частотою 20-60 кГц, які поширюються у вигляді антисиметричних хвиль нульового порядку та поздовжніх хвиль.

Велосиметричний метод розділяють два способи реалізації: фазовий спосіб, коли дефект реєструється зі зміни фази прийнятого сигналу, і тимчасовий спосіб – зміни часу проходження сигналу.

При використанні одностороннього методу можлива поява глибинної неконтрольованої зони, яка буде прилягати до протилежної поверхні, яка може становити 20-40% товщини. В разі використання двостороннього варіанту такої проблеми не має, тому можна перевірити весь переріз конструкції.

Велосиметричному методу властива крайова (інтерференційна) неконтрольована зона, обумовлена інтерференцією хвилі, що поширюється від випромінюючого перетворювача до приймального, з хвилями, відбитими від кордонів і перехідних перерізів виробу, що обігнули конструкцію по колу та ускладнюють контроль невеликих деталей та конструкцій, що не містять сильно поглинаючих пружні коливання неметалевих шарів. Також по цій причині не виявляються дефекти близько від країв та зон різкої зміни перерізів контрольованих виробів. Тому краще використовувати двосторонній варіант, тому, що він менше піддається до впливу інтерференційних перешкод.

Метод вільних коливань заснований на ударному збудженні імпульсів пружних коливань, що вільно загасають, у контрольованій конструкції (або її частині) та аналізі параметрів прийнятого сигналу. Ознакою порушення суцільності є зміна спектру пружних коливань конструкції в зоні контролю та зміна амплітуди, частоти або фази спектральних складових сигналу. Запропоновано варіант методу, при реалізації якого ознакою порушення суцільності є зміна параметрів коливань бойка, а саме амплітуди та ширини спектра його власних коливань. При неруйнівному контролю композитних матеріалів в більшості використовують локальний варіант методу.

Простукування являється найпоширенішим варіантом методу вільних коливань, який використовується з давніх часів до сьогодні і допомагає виявляти дефекти в виробах типу: порожнеч, тріщин, якості склеювання, та інші. Значним недоліком при простуванні є суб'єктивність оцінки результатів контролю.

Акустико-топографічний метод заснований на збудженні в контрольованій конструкції пружних коливань та реєстрації розподілу їх амплітуд на поверхні конструкції. Метод використовується при перевірці дефектів суцільності з'єднання шарів у багатошарових паяних, та клеєних конструкцій. В якості індикатора для виявлення і фіксації відмінності в рівні коливань досліджуваних зон дослідного матеріалу в основному використовують тонкодисперсні порошки, а також пасти і суспензії.

Акустико-емісійний метод заснований на реєстрації акустичних хвиль, що виникають при пластичній деформації ділянки об'єкта, що контролюється. Метод використовується при перевірці деталей з ПКМ і багатошарових клеєних конструкцій. Через необхідність навантаження контрольованої деталі або конструкції та складність методики контролю такий метод рідко застосовується у промисловості. Точні рекомендації щодо методів та засобів контролю в деяких випадках можуть бути видані лише за результатами випробування на зразках або натурних конструкціях зі штучними або природними дефектами.

В даний час створено новий науковий напрямок у діагностиці фізико-механічних властивостей та складу ПКМ, що дозволяє визначати пружні та міцнісні властивості, пористість, щільність, вміст матриці та наповнювача, ступінь затвердіння матриці вуглепластиків у конструкціях планера літака та інших виробів лазерно-акустичним способом ультра-звукового контролю шляхом використання кореляційних рівнянь, параметрами яких є амплітудні, тимчасові та спектральні характеристики прийнятих акустичних сигналів, що визначаються безпосередньо в конструкції без її руйнування. Для підвищення інформативності параметрів діагностики доцільно використовувати методику широкопasmової акустичної спектроскопії з метою отримання частотних залежностей коефіцієнта загасання та швидкості ультразвукових хвиль та трансформації цих залежностей при зміні складу матеріалу.

Використання лазерного збудження імпульсів пружних коливань тривалістю не більше 0,05 мкс дає можливість проводити спектральний аналіз прийнятих акустичних сигналів у широкій смузі частот – від 0,1 до 10 МГц, що дозволяє підвищити точність та достовірність діагностики властивостей та складу композиту неруйнівним методом. Встановлено, що основними критеріями вибору одиночного або комплексного параметра діагностики при оцінці фізико-механічних характеристик та складу ПКМ є коефіцієнт кореляційного відношення та критерій надійності цього коефіцієнта.

Рентгенівський метод. Разом з акустичними методами неруйнівного контролю у деяких випадках потрібне застосування радіаційного контролю, зокрема рентгенографічного. Висока якість знімків досягається правильним вибором режимів

і параметрів контролю. Мале застосування рентгенографічного методу пояснюється наступним: його висока трудомісткість, пов'язана з фотообробкою експонованої радіографічної плівки та висока вартість срібловмісної радіографічної плівки. Використання радіаційного контролю здатне надійно виявляти «об'ємні» дефекти, що мають розміри одного порядку у всіх напрямках, на відміну від «площинних» дефектів, у яких розмір в одному з напрямків на 1–3 порядки менший, ніж у інших. Для гарантованого виявлення розшарувань в виробках з ПКМ які є «площинними» дефектами, необхідно правильно конструкцію по відношенню до пучка випромінювання. На рисунку 14 умовно показано різну орієнтацію площинного дефекту усередині «монолітного» тіла об'єкта контролю, обмеженого криволінійною поверхнею, що просвічується пучком рентгенівського випромінювання, та розподіл потужності доз випромінювання за об'єктом контролю. Наприклад, для розшарування 3-й центральний промінь орієнтований паралельно площині розшарування і потрапляє в його розкриття. З точки зору корисної інформації це найбільш сприятливе розташування дефекту по відношенню до пучка випромінювання, тоді як дефект 2 по відношенню до пучка випромінювання розташований найменш сприятливо. У випадку невеликих габаритів контрольованого об'єкта рентген контроль необхідно проводити за кілька експозицій, що робить його ще більш трудомістким і дорогим.

В такому випадку краще використовувати рентгеноскопічний метод, який полягає в перетворенні радіаційного зображення контрольованого об'єкта у світлове зображення рентгенооптичного перетворювача, що дає можливість контролю зображення відразу. Основна перевага такого методу заключається в тому, що світлове зображення на вихідному екрані стає досить якісним, як тільки щільність потоку енергії фотонів досягне певного значення. Якість світлотіньового зображення об'єкта контролю залежить від характеристик випромінювання та радіаційно-оптичного перетворювача, причому при рентгеноскопічному контролі значення деяких характеристик (щільність потоку енергії випромінювання, її спектральний склад, коефіцієнт посилення яскравості радіаційно-оптичного перетворювача, його

коефіцієнт передачі контрасту тощо) можна змінювати в процесі аналізу світлотіньового зображення.

Досягти найкращої якості цього зображення можна, не знаючи оптимальних параметрів рентгеноскопічної системи і не вдаючись до жодних розрахунків. Простота оптимізації якості світлотіньових зображень дозволяє оператору збільшувати розміри зображення об'єкту контролю; здійснювати переміщення об'єкта контролю по лінії «джерело-перетворювач», його поворот або зміщення, щоб підібрати оптимальний напрямок випромінювання щодо об'єкту контролю.

При використанні рентгенографічного методу для виконання такої роботи необхідно виконати велику кількість знімків, що буде означати великі витрати радіографічної плівки та зростання трудомісткості контролю. В разі контролю виробу неоднорідного за щільністю або який має змінну товщину і важко аналізувати окремі деталі світлотіньового зображення, можна використовувати рухливі фільтри, що регулюють потужність дози випромінювання, що взаємодіє з перетворювачем, або послідовно збільшувати енергію фотонів, вивчаючи області об'єкта контролю з різним ступенем поглинання. Найкраще рентгеноскопічним методом виявляються нерівномірно-щільні розосереджені по всьому об'єму контрольованого об'єкта. Ефективне застосування рентгеноскопічного контролю можливе за наявності механічного пристрою сканування, що дозволяє швидко змінювати схему контролю. Зазвичай це специфічні пристрої певної конструкції та габаритів облаштованих під об'єкт контролю. На рисунку 1.12 зображено схему роботи рентгену при перевірці деталі на наявність дефектів.

Таким чином, виконано аналіз методів неруйнівного контролю, які можна використовувати для оцінки якості виготовлених деталей з композитних матеріалів та багатошарових клеєних конструкцій і складено перелік акустичних методів із зазначенням сфери їх застосування. Розглянуто основні технологічні дефекти полімерних композиційних матеріалів, які виникають під час виробництва деталей з описанням їх характеристик і причин виникнення. Описано механічні характеристики полімерних композиційних матеріалів та виконано порівняння характеристик листових композитних матеріалів з алюмінієвими сплавами.

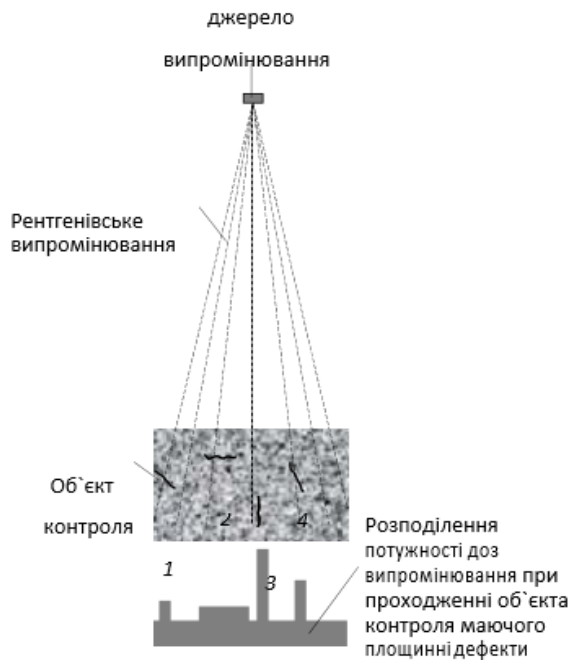


Рисунок 1.12 – Схема формування корисної інформації про наявність «площинних» дефектів при рентгенівському контролі

Розглянуто основні види та причини руйнування конструктивних елементів з алюмінієвих сплавів, описано можливі види корозії та методи боротьби з ними [11].

1.6 Висновки до розділу 1

В першій частині розділу 1 розглянуто основні види та причини руйнування конструктивних елементів вертольотів Ми-8 з алюмінієвих сплавів, описано можливі види корозійних пошкоджень та методи боротьби та способи її запобігання.

В другій частині розділу 1 описано механічні характеристики полімерних композитних матеріалів, розглянуто механічні характеристики алюмінієвих сплавів, виконано порівняння листових та металевих композитних матеріалів.

В третій частині розділу 1 розглянуто переваги використання композиційних матеріалів, описано види можливих дефектів композитних матеріалів, які можуть з'явитися в ході виробництва з їх ілюстраціями.

В четвертій частині розділу 1 розглянуто методи неруйнівного контролю композитних матеріалів, описано принцип їх роботи, їх призначення.

РОЗДІЛ 2

ЗАМІНА ОБШИВКИ СТАБІЛІЗАТОРА

2.1 Аналіз можливості заміни полотняної обшивки на обшивку з композитних матеріалів при виконанні ремонту стабілізатора 8АТ.3100.00 вертольотів типу Ми-8 всіх модифікацій

Метою аналізу є визначення можливості ремонту стабілізатора 8АТ.3100.00 методом заміни полотняної обшивки на обшивку виготовлену на основі композитних матеріалів з метою підвищення конструктивних та експлуатаційних характеристик.

Стабілізатор 8АТ.3100.00 має симетричний профіль НАСА-0012, та складається з двох консолей симетрично розташованих відносно хвостової балки. Обидві консолі стабілізатора аналогічні, кожна половина клепаної конструкції. Стабілізатор лонжеронної конструкції, тобто весь згинаючий момент сприймається лонжероном. Обшивка стабілізатора виконана з полотняного матеріалу АМ-100. Стикування консолей стабілізатора відбувається за допомогою стикувальних фітингів та стикувального фланця. Стабілізатор забезпечує повздовжню стійкість вертольоту в польоті. Кут атаки стабілізатора змінюється при технічному обслуговуванні на землі [1].

Особливістю експлуатації стабілізатора з полотняною обшивкою є гарантійний строк експлуатаційної стійкості полотняної обшивки, який складає 3-роки, після якого, обшивка втрачає свої властивості. Враховуючи статистику в більшості випадків під час міжремонтного строку служби (який складає 8 років) необхідно однозначно виконувати місцевий ремонт полотняної обшивки, рідше її повну заміну. Ремонт або заміна обшивки під час експлуатації вертольоту несе за собою допоміжні фінансові витрати та тимчасову неможливість (на момент заміни обшивки) експлуатації вертольоту.

Заводом-виробником, а також при виконанні бюлетеня № Т2900-БУ-Г «Порядок замены стабилизатора» від 28.08.2007 р. виконується встановлення стабілізатора № 8АТ.3100.000-05 (виробник ОАО «Казанский вертолетный завод») конструкція якого передбачає металеву обшивку, яка не потребує заміни в міжремонтний період і назначений строк служби стабілізатора. В бюлетені зазначено,

що масово-центрувальні характеристики після заміни стабілізатора не змінюються, при тому що стабілізатор з металевою обшивкою фактично важчий на 1,8 кг. На даний час закупівля стабілізатора 8АТ.3100.000-05 з металевою обшивкою у заводу виробника ОАО «Казанский вертолетный завод», який розташований на території Російської Федерації, неможлива [12].

Згідно бюлетеня № Т2876-БР-Г від 23.03.2005р. «Руководство по ремонту вертолета Ми-8МТ – ввести ремонт стабилизатора с металлической обшивкой» – до керівництва з ремонту вертольоту Ми-8МТ вноситься технологія ремонту стабілізатора з металевою обшивкою, та коригується товщина обшивки на 0,8 мм.

Згідно бюлетеня № 171-3798-БУ/БЭ від 08.12.2015р. «Замена стабилизатора 8АТ-3100-00-03/04 (с полотняной обшивкой) на стабилизатор 8АТ-3100-00-05/06 (с металлической обшивкой)», передбачено заміну на стабілізатора виробництва ОАО «У-УАЗ» з вагою на 6 кг більше від ваги стабілізатора з полотняною обшивкою. При цьому змінюється положення центра мас вертольоту відносно осі валу несучого гвинта на $\Delta x_{ц.т.} = 8$ мм назад.

Тому виникає потреба розглянути можливість заміни обшивки стабілізатора на обшивку з композитних матеріалів при виконанні ремонту .

Для виконання порівняльного аналізу стабілізатора 8АТ.3100.000-03 з полотняною обшивкою та стабілізатора 8АТ.3100.000-05 з металевою обшивкою та 8АТ.3100.000-03 з обшивкою з композитного матеріалу, необхідно визначити можливість ремонту стабілізатора 8АТ.3100.000-03 методом заміни полотняної обшивки на обшивку з композитного матеріалу:

Виконано аналіз конструкції стабілізатора 8АТ.3100.000-03 та стабілізатора 8АТ.3100.000-05:

Несуча конструкція стабілізаторів, а саме – лонжерон та нервюри стабілізатора 8АТ.3100.000-03 (Рисунок 2.1) відповідають конструкції лонжерона та нервюр стабілізатора 8АТ.3100.000-05 (Рисунок 2.2). В конструкції стабілізатора 8АТ.3100.000-03 для встановлення обшивки з композитного матеріалу необхідно встановити додаткові діафрагми, аналогічні конструкції стабілізатора 8АТ.3100.000-05 (Рисунок 2.2, позиція 8).

Порівняння конструкції стабілізаторів 8АТ.3100.000-03 та 8АТ.3100.000-5 розглянуто в таблиці 2.1

Таблиця 2.1 – Порівняння конструкцій стабілізаторів

№	Стабілізатор 8АТ.3100.000-03 з полотняною обшивкою:	Стабілізатор 8АТ.3100.000-05 з металевою обшивкою:
1.	Обшивка стабілізатора – з полотна АМ-100 (Рисунок 2.1, позиція 10)	Обшивка стабілізатора – з дюралюмінієвого листа Д16АТ (Рисунок 2.2, позиція 9)
2.	Вага 18,6 кг (фактична), Вага 18,8 кг (дані креслення)	Вага 20,6 кг (фактична) Вага 20,2 кг (дані креслення)
3.	Хвостовий стрингер – металевої конструкції, штампований з листового металу (Рисунок 2.1, позиція 9)	Хвостовий стрингер – як окрема деталь відсутня, конструктивну функцію стрингера виконує підсічка задньої кромки в зборі с текстолітовим вкладишем (Рисунок 2.2, перетин В-В)
4.	Стінка лонжерона – виконано отвори в стінці лонжерона (Рисунок 2.1, позиція 4) для зменшення ваги стабілізатора	Стінка лонжерона – відсутні отвори в стінці лонжерона (Рисунок 2.2, позиція 4)
5.	Пояса лонжерона – однакова площа, матеріал та конструкція поясів лонжерона	
6.	Стінка нервюри – виконано отвори в стінці нервюри №1 для зменшення ваги	Стінка нервюри – відсутні отвори в стінці нервюри №1
7.	Пояса нервюр – виконана зиговка поясів нервюр для встановлення мідних втулок (кріплення полотняної обшивки)	Пояса нервюр – відсутня зиговка поясів нервюр
8.	Конструкція нервюр – аналогічна, штампованої конструкції, однаковий матеріал та аеродинамічний профіль	
9.	Відсутні допоміжні діафрагми	Присутні допоміжні діафрагми (Рисунок 2.2, позиція 8)

Конструкція стабілізатора 8АТ.3100.000-03 з полотняною обшивкою складається:

1. Регулююча сержка;

2. Регулююча скоба;
3. Стикувальний фланець;
4. Лонжерон;
5. Дюралюмінієва обшивка;
6. Сталева стрічка;
7. Вухо кріплення антени;
8. Кінцевий обтічник;
9. Хвостовий стрингер;
10. Полотняна обшивка;
11. Шайба дренажного отвору;
12. Нервюри;
13. Стикувальний фітинг;
14. Фітинг навіски стабілізатора;
15. Вісь навіски стабілізатора.

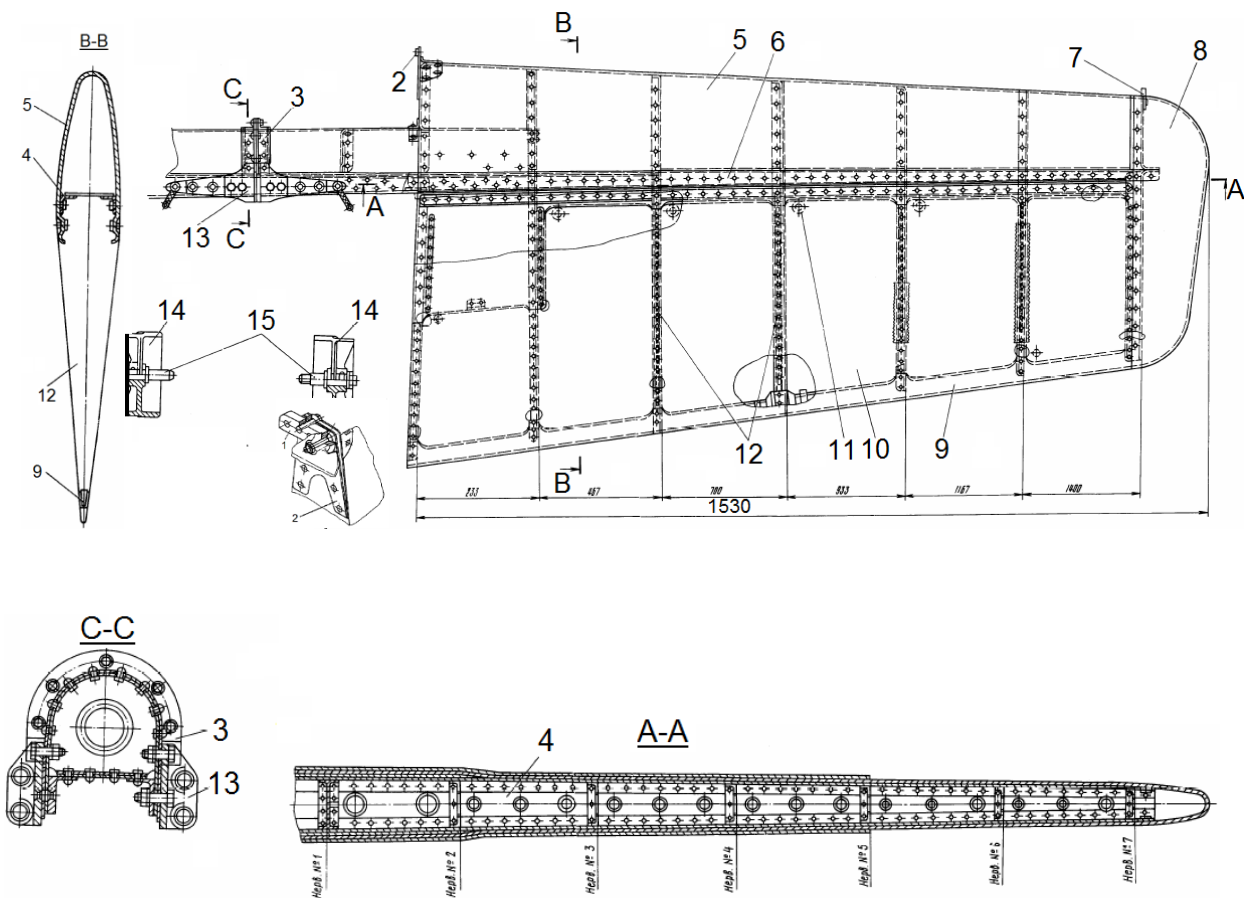


Рисунок 2.1 – Конструкція стабілізатора 8АТ.3100.000-03 [1]

Конструкція стабілізатора 8АТ.3100.000-05 з металевою обшивкою складається:

1. Регулююча серезка;
2. Регулююча скоба;
3. Стикувальний фланець;
4. Лонжерон;
5. Дюралюмінієва обшивка;
6. Вухо кріплення антени;
7. Кінцевий обтічник;
8. Діафрагма
9. Дюралюмінієва обшивка;
10. Дренажний отвір
11. Нервюри;
12. Стикувальний фітинг;
13. Фітинг навіски стабілізатора;
14. Вісь навіски стабілізатора.

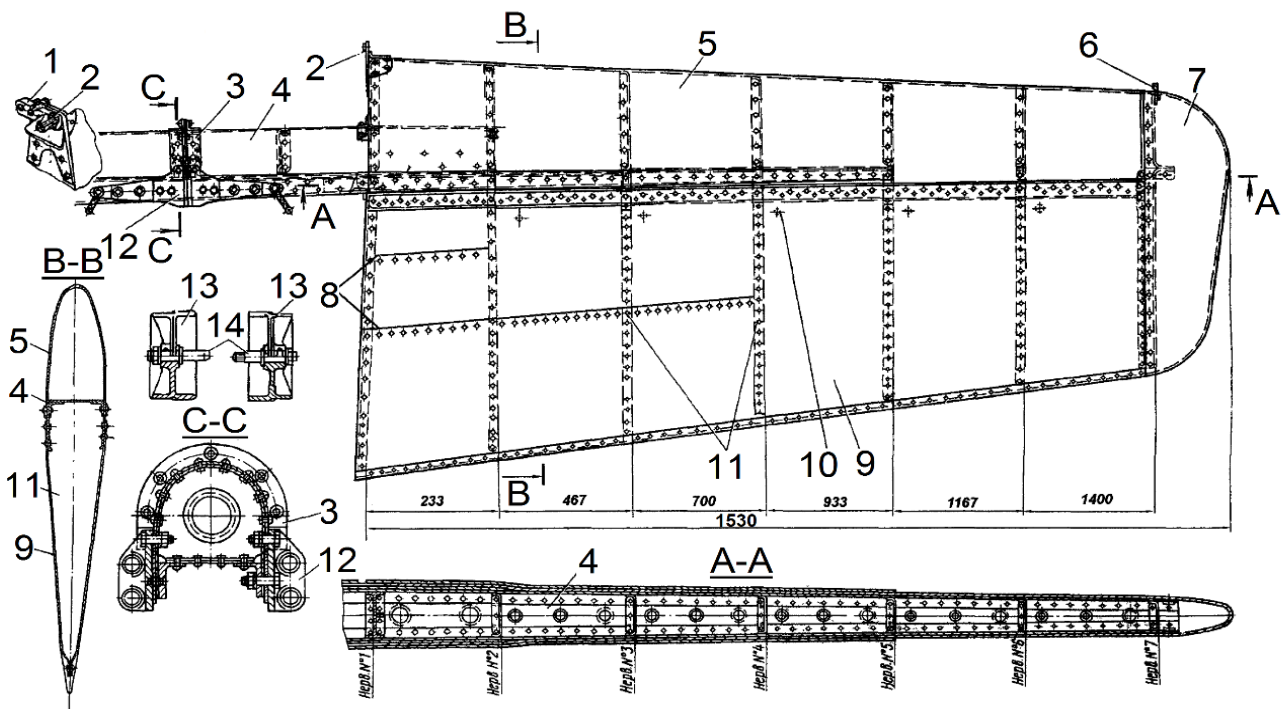


Рисунок 2.2 – Конструкція стабілізатора 8АТ.3100.000-05 [13]

1. Оцінено відсутності заперечень та обмежень можливості ремонту стабілізатора 8АТ.3100.000-03:

1.1. Було визначено можливість встановлення композитної обшивки на пояса лонжерона, пояса нервюр, хвостовий стрингер без обмежень та заперечень. Встановити на стабілізатор 8АТ.3100.000-03 допоміжні діафрагми (Рисунок 2.1). Кріпити металеву обшивку до хвостового стрингера (Рисунок 2.1, позиція 9) стабілізатора 8АТ.3100.000-03 методом заклепочного з'єднання.

2. Визначено види та вплив навантажень, які діють на стабілізатор в польоті:

- Навантаження від дії аеродинамічних сил;
- Вібрації від роботи несучого та рульового гвинтів вертольоту.

2.1. Навантаження від дії аеродинамічних сил та вібрації від роботи несучого та рульового гвинтів вертольоту однаково впливають на стабілізатор 8АТ.3100.000-03 та стабілізатор 8АТ.3100.000-05.

3. Аналіз впливу ремонту стабілізатора 8АТ.3100.000-03 методом встановлення обшивки з композитного матеріалу на масово-центрувальні характеристики:

3.1. Фактична вага стабілізатора 8АТ.3100.000-03 з встановленою композитною обшивкою складає:

$$M_{\text{стаб.}} = M_{\text{каркас.}} + M_{\text{км. обшивк.}};$$

$M_{\text{стаб.}}$ – вага стабілізатора після встановлення обшивки, кг;

$M_{\text{каркас.}}$ – вага стабілізатора без обшивки, кг;

$M_{\text{км. обшивк.}}$ – вага композитної обшивки, кг;

$$M_{\text{стаб.}} = 17,98 + 4,72 = 22,70 \text{ кг.}$$

* – вага встановлених дюралюмінієвих заклепок \approx вазі висвердлених мідних втулок встановлених в пояса нервюр в місцях кріплення полотняної обшивки.

3.2 . Масові характеристики стабілізаторів:

- 18,60 кг - фактична вага стабілізатора 8АТ.3100.000-03 з полотняною обшивкою (18,8 кг за кресленням);

- 20,60 кг - фактична вага стабілізатора 8АТ.3100.000-05 (ОАО «Казанский вертолетный завод») з металевою обшивкою (20,2 кг за кресленням);

- 24,80 кг - вага стабілізатора 8АТ.3100.000-05 за даними бюлетеня

(ОАО «У-УАЗ» з металевою обшивкою);

- 22,70 кг - розрахована вага стабілізатора 8АТ.3100.000-03 відремонтованого, з обшивкою з композитного матеріалу.

а) В зв'язку з тим, що фактична вага різних типів стабілізаторів відрізняється від зазначеної в кресленні тому розрахунки виконуються по фактичним даним.

б) Беручи до уваги, що стабілізатор 8АТ.3100.000-05 встановлений заводом виробником та бюлетенем № Т2900-БУ-Г без внесення будь яких змін масово-центрувальних характеристик. Виконано розрахунок впливу різниці маси стабілізатора 8АТ.3100.000-03 на положення центра мас вертольоту відносно осі валу несучого гвинта після встановлення.

в) Вага стабілізатора 8АТ.3100.000-03 після встановлення композитної обшивки з матеріалу СТЕФ-1 товщиною 1мм, збільшується на $\Delta G_{\text{стаб.}} = +4,72$ кг.

Розрахунок по визначенню зміни положення центра мас вертольоту відносно осі валу несучого гвинта при збільшенні ваги стабілізатора на $\Delta G_{\text{стаб.}} = +4,72$ кг:

Для початку визначено положення центра мас вертольоту відносно осі валу несучого гвинта при збільшенні ваги стабілізатора на $\Delta G_{\text{стаб.}}$.

$$x_{\text{ц.т.}} = \frac{(G_{\text{пуст.верт.}} \cdot x_{\text{ц.т.пуст.верт.}}) + (\Delta G_{\text{стаб.}} \cdot x_{\text{ц.т.стаб.}})}{G_{\text{пуст.верт.}} + \Delta G_{\text{стаб.}}} = \frac{(7070 \cdot (-68)) + (4,72 \cdot (-9800))}{7070 + 4,72} = -74,49 \text{ мм};$$

$x_{\text{ц.т.}}$ – центр мас пустого вертольоту після зміни ваги Δ , мм;

$G_{\text{пуст.верт.}} = 7070$ кг, вага пустого вертольоту до зміни ваги Δ ;

$x_{\text{ц.т.пуст.верт.}} = -68$ мм, центр мас вертольоту до зміни ваги Δ ;

$\Delta G_{\text{стаб.}} = +4,72$ кг, різниця ваги стабілізатора Δ ;

$x_{\text{ц.т.стаб.}} = -9800$ мм, центр мас стабілізатора при Δ .

Знак «-» для $x_{\text{ц.т.}} = -74,49$ мм, вказує на заднє положення центра мас вертольоту відносно осі валу несучого гвинта, («+» на переднє).

Визначимо $\Delta x_{\text{ц.т.}}$ – різницю положення центра мас вертольоту відносно осі валу несучого гвинта при збільшенні на $\Delta G_{\text{стаб.}} = +4,72$ кг ваги стабілізатора:

$$\Delta x_{\text{ц.т.}} = |x_{\text{ц.т.}}| - |x_{\text{ц.т.пуст.верт.}}| = 74,49 - 68 = 6,49 \text{ мм}.$$

В результаті збільшення ваги стабілізатора на $\Delta G_{\text{стаб.}} = +4,72$ кг –положення центра мас вертольоту відносно осі валу несучого гвинта змінено на $\Delta x_{\text{ц.т.}} = 6,49$ мм назад.

г) Вага стабілізатора 8АТ.3100.000-03 після встановлення металевої обшивки з матеріалу Д16АТ завтовшки 0.8мм, збільшується на $\Delta G_{\text{стаб.}} = +5,52$ кг.

Розрахунок по визначенню зміни положення центра мас вертольоту відносно осі валу несучого гвинта при збільшенні ваги стабілізатора на $\Delta G_{\text{стаб.}} = +5,52$ кг:

Для початку визначено положення центра мас вертольоту відносно осі валу несучого гвинта при збільшенні ваги стабілізатора на $\Delta G_{\text{стаб.}}$.

$$x_{\text{ц.т.}} = \frac{(G_{\text{пуст.верт.}} \cdot X_{\text{ц.т.пуст.верт.}}) + (\Delta G_{\text{стаб.}} \cdot X_{\text{ц.т.стаб.}})}{G_{\text{пуст.верт.}} + \Delta G_{\text{стаб.}}} = \frac{(7070 \cdot (-68)) + (5,52 \cdot (-9800))}{7070 + 5,52} = -75,59 \text{ мм};$$

$x_{\text{ц.т.}}$ – центр мас пустого вертольоту після зміни ваги Δ , мм;

$G_{\text{пуст.верт.}} = 7070$ кг, вага пустого вертольоту до зміни ваги Δ ;

$X_{\text{ц.т.пуст.верт.}} = -68$ мм, центр мас вертольоту до зміни ваги Δ ;

$\Delta G_{\text{стаб.}} = +5,52$ кг, різниця ваги стабілізатора Δ ;

$X_{\text{ц.т.стаб.}} = -9800$ мм, центр мас стабілізатора при Δ .

Знак « \leftarrow » для $x_{\text{ц.т.}} = -75,59$ мм, вказує на заднє положення центра мас вертольоту відносно осі валу несучого гвинта, (« \rightarrow » на переднє).

Визначимо $\Delta x_{\text{ц.т.}}$ – різницю положення центра мас вертольоту відносно осі валу несучого гвинта при збільшенні на $\Delta G_{\text{стаб.}} = +5,52$ кг ваги стабілізатора:

$$\Delta x_{\text{ц.т.}} = |x_{\text{ц.т.}}| - |X_{\text{ц.т.пуст.верт.}}| = 75,59 - 68 = 7,59 \text{ мм}.$$

В результаті збільшення ваги стабілізатора на $\Delta G_{\text{стаб.}} = +5,52$ кг –положення центра мас вертольоту відносно осі валу несучого гвинта змінено на $\Delta x_{\text{ц.т.}} = 7,59$ мм назад [14].

На підставі аналізу конструкції, навантажень, масово-центрувальних характеристик стабілізатора 8АТ.3100.000-03 з полотняною обшивкою і стабілізатора 8АТ.3100.000-05 з металевою обшивкою, заперечень та обмежень щодо ремонту стабілізатора 8АТ.3100.000-03 методом заміни полотняної обшивки з матеріалу АМ-

100 ГОСТ 14619-69 на обшивку з композитного матеріалу СТЕФ-1 ГОСТ 12652-74 з товщиною листа 1 мм не виявлено.

Виконано порівняння можливих варіантів заміни обшивки на металеву з листа Д16АТ товщиною 0,8мм, так як, саме такий матеріал використовується на стабілізаторах 8АТ-3100-000-05 та з листа СТЕФ-1 товщиною 1.0мм, так як, такий матеріал використовується на стабілізаторах 242-3100-00-01/02 вертольотів Ми-35.

2.2 Технологія заміни обшивки стабілізатора

Пропонуємо виконати ремонт за наступною технологією:

Демонтувати полотняну обшивку з консолей стабілізатора;

Видалити залишки клею та лаку з силового набору консолей стабілізатора;

Виконати промивку силового набору консолей стабілізатора;

Висвердли та видалити мідні втулки кріплення (прошивання) полотняної обшивки в поясах нервюр;

Вирізати з листа Д16АТ товщиною 0,5 мм розгортки допоміжних діафрагм, 2 шт. на гідрообразивному станку;

Встановити на пуансони розгортки допоміжних діафрагм;

Формувати діафрагми на пуансонах киянкою;

Грунтувати грунтом АК-069 діафрагми;

Встановити допоміжні діафрагми згідно креслення (Рисунок 2.3) , розмітити отвори в нервюрах під заклепки;

Просвердли отвори в нервюрах згідно розмітки;

Видалити заусенці на кромках отворів з двох сторін;

Встановити та приклепати допоміжні діафрагми;

Розмітити та вирізати з листа СТЕФ-1 ГОСТ 12652-74 з товщиною листа 1мм—заготовки 4 шт. обшивок стабілізатора (Рисунок 2.4) згідно креслення.

Грунтувати ґрунтом АК-069 (також можливе сумісне застосування з ARDROX AV-8) силовий набір стабілізатора;

Встановити обшивки на стабілізатор, розмітити отвори під заклепки в обшивках стабілізатора згідно отворів на силовому наборі стабілізатора;

Просвердлити отвори в обшивках стабілізатора;

Видалити заусенці на кромках отворів обшивок з двох сторін;

Встановити обшивки на стабілізатор та приклепати заклепками, нормаль 6042А (ОСТ 1 11296-74) з напівкруглою головкою з сердечником (витяжними заклепками) згідно креслення, проклавши під них шайби 3401А(ОСТ 1 34509-80)

Примітка: Обшивку між нервюрами №1 та №2 встановити на герметик ВІТЭФ-1 (Рисунок 2.5)

Виконати поверхневу герметизацію металевої обшивки герметиком ВІТЭФ-1 по контуру в місцях стикування обшивки до силового набору;

Виконати пофарбування стабілізатора лакофарбовими матеріалами відповідно до схеми зовнішнього пофарбування вертольоту.

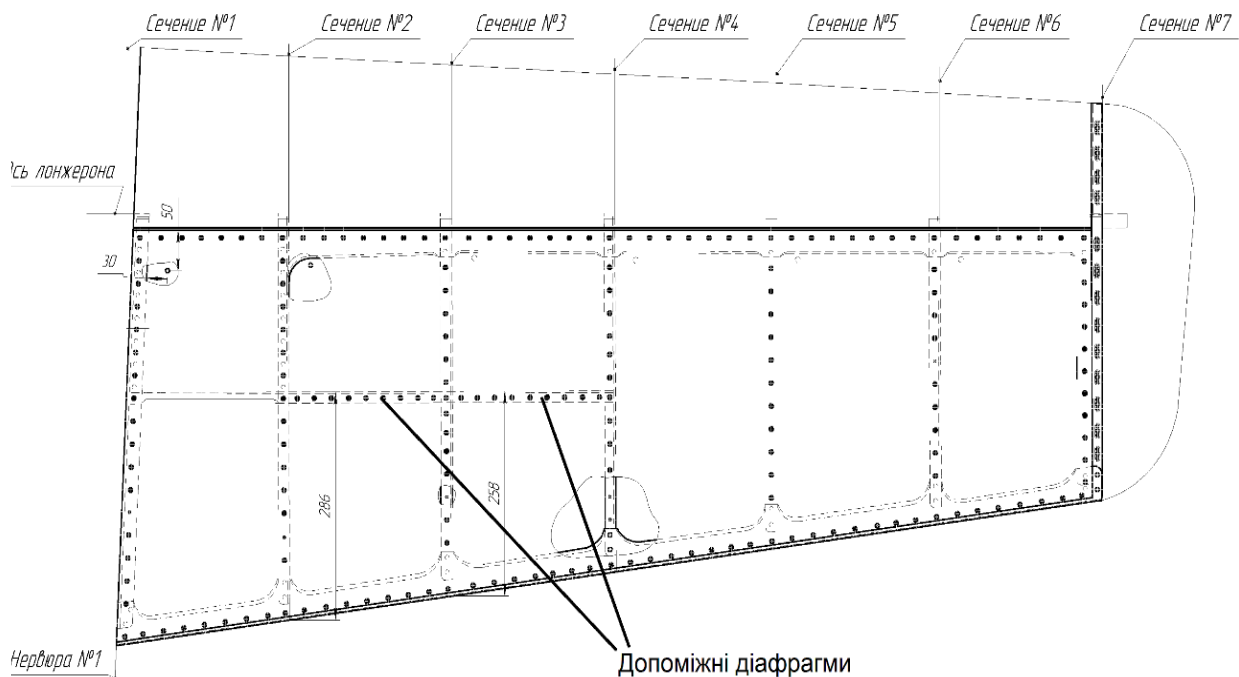


Рисунок 2.3 – Схематичне зображення конструкції стабілізатора

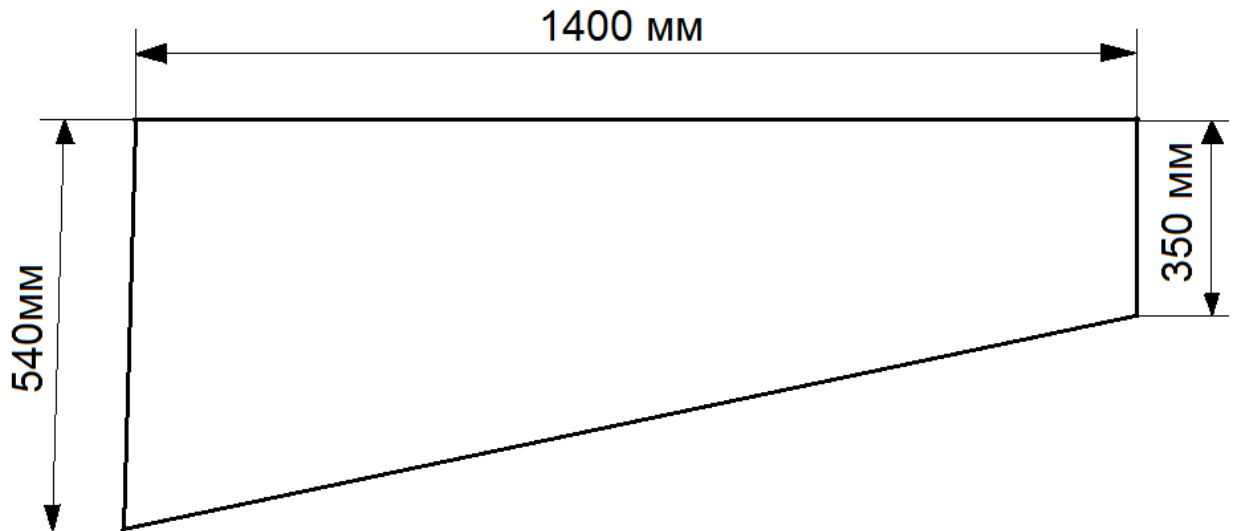


Рисунок 2.4 – Заготовка обшивки стабілізатора

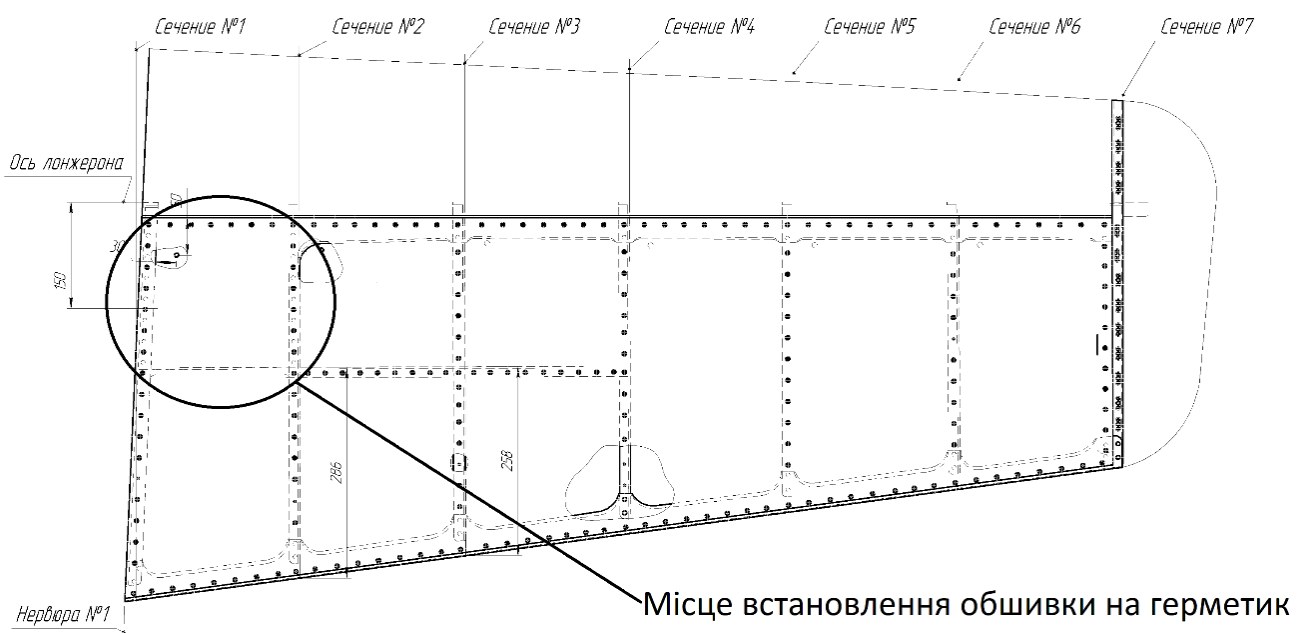


Рисунок 2.5 – Місце встановлення обшивки на герметик ВІТЭФ-1

2.3 Висновки до розділу 2

В першій частині розділу 2 виконано розрахунок та порівняння металевої та композитної обшивки стабілізатора. Оцінено можливість заміни полотняної обшивки на обшивку з композитного листового матеріалу СТЕФ-1 при виконанні ремонту стабілізатора 8АТ.3100.00 вертольотів типу Ми-8 всіх модифікацій, та встановлено:

1. Несуча конструкція (лонжерон та нервюри) стабілізаторів 8АТ.3100.000-03

та стабілізаторів 8АТ.3100.000-05 в цілому аналогічна.

2. Експлуатація стабілізаторів 8АТ.3100.000-03 та 8АТ.3100.000-05 виконується за однакових умов при однакових навантаженнях.

3. Збільшення ваги на + 4,72 кг стабілізатора 8АТ.3100.000-03 після встановлення обшивки з композитного матеріалу призводить до зміни положення центра мас вертольоту відносно осі валу несучого гвинта на 6,49 мм назад, що не перебільшує зміни масово-центрувальних характеристик вертольоту при встановленні стабілізатора виробництва ОАО «У-УАЗ» згідно бюлетеня № 171-3798-БУ/БЭ.

4. Заміна полотняної обшивки на композитну полегшує експлуатацію стабілізатора, забезпечує довготривалий строк служби та зменшує витрати на обслуговування стабілізатора в умовах експлуатації.

5. Обшивка з композитного матеріалу має масу на 0.8кг меншу ніж металева.

6. По результатам інженерного аналізу не виявлено заперечень та обмежень для виконання ремонту стабілізатора 8АТ.3100.000-03 методом заміни полотняної обшивки з матеріалу АМ-100 ГОСТ 14619-69 на обшивку з листа СТЕФ-1 ГОСТ 12652-74 з товщиною 1 мм.

В другій частині розділу 2 розглянуто, та описано технологію виготовлення та заміни обшивки стабілізатора під час ремонту.

РОЗДІЛ 3

МАТЕРІАЛ ЗАГОТОВКИ ОБШИВКИ

3.1 Технологія виготовлення листового склотекстоліту та вимоги до готової продукції

Текстоліт являється одним з різновидів шаруватого композитного матеріалу. В якості основи при виготовленні текстоліту використовують: тканину, папір або фанеру, склотканину просочені смолою. Цей матеріал широко використовується для виробництва легких і в той же час дуже міцних деталей.

Деталі виготовлені текстоліту відрізняються від металевих аналогів безшумною роботою. Крім того, при виготовленні простих деталей, вони будуть простіші у виготовленні і дешевші, ніж металеві деталі. З додаванням в якості наповнювача скляних ниток, отриманий пластик буде мати підвищену міцність. Багатошарову структуру зі склотканинної основи і називають листовим склотекстолітом.

Технологія виготовлення. Виготовлення такого композитного матеріалу виконується шляхом проходження певного ланцюжка технологічних операцій:

- **підготовка основи.** На першому етапі проводять зшивання окремих фрагментів тканини та намотування на оправку у формі рулону;

- **просочування тканини.** При роботі по просоченню основи використовують спеціальне просочувально-сушильне обладнання, за допомогою якого простягається рулон через ванну з лаком. Вони можуть бути горизонтального або вертикального виконання. Після процесу просочування тканина віджимається з використанням валиків і поступає для сушіння в шахту. Зниження в'язкості смоли здійснюється шляхом підігріву до 30-40°C для підтримання її постійної концентрації, що дає можливість більш рівномірно розподілятися смолі по тканині та збільшити глибину просочення. Останньою процедурою даного етапу є видалення надлишків смоли;

- **висушування.** В ході висушування видаляються волога і спирти з поверхні сирової тканини. Для якісного висушування використовується потік гарячого повітря, при постійній температурі 120°C, який виробляється калориферами. Час, необхідний для повного висихання, залежить як від товщини тканини, так і структури її поверхні.

Повністю висохлу тканину розкроюють і потім збирають у пакети перед пресуванням;

- **пресування.** Для пресування використовуються преси з нижнім тиском. При пресуванні матеріал спочатку розігрівають до робочої температури, а потім спресовують і дають витримку для затвердіння. Охолодження пакетів здійснюється без зниження тиску, для унеможливлення короблення листів. Процес завершується при досягненні необхідного значення щільності склотекстоліт;

- **механічне доопрацювання.** Виготовлені листи після закінчення пресування потребують додаткового обрізування кромek та проходження технічного контролю. Ця стадія пов'язана із проходженням необхідних випробувань якісних показників готового виробу та його відправкою на зберігання [15].

Властивості. ПШКМ відрізняється високим діелектричним показником у порівнянні з подібними матеріалами., через, що текстоліт активно використовується в конструкціях для яких необхідний від високовольтної напруги. Завдяки спеціальним фізико-технічним властивостям текстоліт можна використовувати у місцях, схильних до впливу агресивних середовищ і високих температурних коливань. Матеріал має широкий діапазон робочих температур від -65 до $+155^{\circ}\text{C}$ за яких може експлуатуватися без зміни своїх властивостей. При тому, що склотекстоліт легко піддається механічному відпрацюванню, він має:

- високу міцність та зносостійкість;
- еластичність,
- теплостійкість.

Найпоширеніші марки матеріалу листового композитного матеріалу та їх властивості розглянуто в таблиці 3.1.

Області застосування. Склотекстоліт знаходить широке застосування в електротехніці, машинобудуванні, енергетиці, верстатобудуванні, хімії та нафтохімії. З нього виготовляються різні деталі, зокрема ролики, шайби, підшипники, шестерні, втулки, колодки, шківи.

Для виготовлення обшивки для заміни тканинної стабілізатора 8АТ-3100-00 будемо розглядати матеріал листового композиту СТЕФ-1 товщиною 1мм. Згідно ГОСТ 12652-74 листи матеріалу мають відповідати наступним вимогам:

Таблиця 3.1 – Властивості листових композитних матеріалів

Марка	Властивості
СТЕФ	Типорозмір виробів за товщиною: 1–50 мм. Основа середньої густини, матриця – модифікована епоксидна смола.
СТЕФ-1	Тонка склотканинна основа. Матеріал можна розпилювати, обточувати та свердлити. Товщина: 0,5–50 мм.
СТЕФ-У	Механічні та електроізоляційні показники вищі, ніж у попередніх марок. Інтервал товщини: 0,35–105 мм.
СТ-ЕТФ	Основна перевага – нагрівальна стійкість (180°C). Товщина виробу: 1–100 мм.
КАСТ-В	Використовується як конструкційний матеріал завдяки підвищеним фізико-механічним показникам.

Даний стандарт встановлює вимоги до склотекстоліту . Склотекстоліт має відповідати ГОСТ 25500 та вимогам ГОСТ 12652-74, які є обов'язковими окрім вимог, які являються рекомендованими.

3.2 Основні параметри та розміри матеріалу заготовки обшивки

1.1. Склотекстоліт СТЕФ-1 має виготовлятися 221 типу, по ГОСТ 25500 та вищого, першого і другого гатунку. Призначений для роботи на повітрі в умовах нормальної відносної вологості навколишнього середовища (відносна вологість 45%-75% при температурі 15-35°C) при напрузі понад 1000 В та частоті струму 50 Гц, а також для роботи на повітрі в умовах підвищеної вологості навколишнього середовища (відносна вологість 90-95 % при температурі 40-42 °C) при напрузі до 1000 В та частоті струму 50 Гц. Висока механічна міцність при помірній температурі.

Висока стабільність електричних властивостей при підвищеній вологості. Має більш однорідну дрібну внутрішню та поверхневу структуру ніж СТЕФ.

1.2. Склотекстоліт повинен виготовлятися листами шириною від 540 до 980 мм і завдовжки від 600 до 1480 мм. Граничне відхилення розмірів має перевищувати ± 25 мм. За згодою сторін допускається виготовлення склотекстоліту інших розмірів. Допускається поставляти склотекстоліт листами з вирізами (для випробувань) з одного боку листа, при цьому листів з вирізами може бути не більше: 12 - в одному контейнері; 2 - в одному ящику.

1.3. Номінальна товщина листа склотекстоліта СТЕФ-1 вищого гатунку має складати $1 \pm 0,18$ мм, першого сорту $1 \pm 0,25$ мм.

1.4. Умовне позначення має складатися з марки, гатунку, товщини та позначення справжнього стандарту, наприклад:

Склотекстоліт марки СТ вищого гатунку товщиною 10,0 мм:

Склотекстоліт СТ ВС-10,0 ГОСТ 12652-74

Склотекстоліт марки СТЕФ першого гатунку завтовшки 12,0 мм:

Склотекстоліт СТЕФ 1с-12,0 ГОСТ 12652-74

Склотекстоліт марки СТ другого сорту завтовшки 10,0 мм:

Склотекстоліт СТ 2с-10,0 ГОСТ 12652-74

2. Технічні вимоги до матеріалу заготовки обшивки:

2.1. Склотекстоліт повинен виготовлятися відповідно до вимог стандарту ГОСТ 12652-74 за технологічним регламентом, затвердженим у встановленому порядку.

2.2. Вимоги до поверхні листів склотекстоліту – за ГОСТ 25500. Поверхня листів склотекстоліту повинна бути гладкою, без газових раковин і сторонніх включень. Допускаються як відбитки прокладочних листів окремі риси, горбина, вм'ятини, опуклості, сліди подряпин та різнотонність. Для склотекстоліту другого сорту додатково допускаються вкраплення у вигляді частинок смоли та сторонніх включень, шорсткість і білувата поверхня.

За погодженням виробника зі споживачем допускається облицювання склотекстоліту тканиною із скляного волокна з дрібнішою структурою. В такому випадку до позначення склотекстоліта додається літера О (облицювальний).

2.3. Листи склотекстоліту всіх марок і товщин до 30 мм повинні бути обрізані з усіх сторін. Листи завтовшки 1 мм і вище повинні мати краї, обрізані під кутом $90\pm 3^\circ$, а другого сорту $90\pm 5^\circ$. Не допускаються розшарування та тріщини з торців, для другого гатунку допускаються невеликі сколи. Листи склотекстоліту завтовшки 35-50 мм повинні бути у необрізаному вигляді.

Примітка. На вимогу споживачів склотекстоліт товщиною 10 мм і більше має бути обрізаним з одного боку.

2.4. Штампування склотекстоліту (крім марок СТ-НТ і СТЕФ-НТ) - за ГОСТ 25500.

2.5. Склотекстоліт марок СТ-І та СТЕФ-І товщиною до 0,8 мм включно повинен допускати обгинання навколо оправок без зламу та утворення тріщин на поверхні.

2.6. Склотекстоліт за фізико-механічними та електричними властивостями повинен відповідати зазначеним у таблиці 3.2.

У разі застосування склотекстоліту марок СТЕФ, СТЕФ-І, СТЕФ-НТ, СТК для виготовлення виробів, що працюють у вологому тропічному кліматі, випробування проводять в умовах відносної вологості $(93\pm 2)\%$ при температурі $(40\pm 2)^\circ\text{C}$.

2.7. Вимоги до механічної обробки склотекстоліту – за ГОСТ 25500.

2.8. Водопоглинання склотекстоліту - за ГОСТ 25500 та стандартом ГОСТ 12652-74.

2.9. Стріла прогину - за ГОСТ 25500.

2.10. Короблення склотекстоліту - за ГОСТ 25500.

2.11. При виготовленні склотекстоліту повинні застосовуватися тканини та неткані матеріали зі скляного волокна та термореактивні електроізоляційні сполучні речовини.

3. Вимоги безпеки:

3.1. Склотекстоліт не токсичний, не вибухонебезпечний, відноситься до горючих матеріалів. Температура займання $340-500^\circ\text{C}$, температура самозаймання $505-600^\circ\text{C}$.

3.2. При виникненні пожежі використовують піну, розпилену воду, пісок, вуглекислотні та пінні вогнегасники.

Таблиця 3.2 – Фізико-механічні та електричні властивості СТЕФ-1

Найменування показника	Тип, марка	
	221	
	СТЕФ-1	
	Вищий гатунок	Перший гатунок
1. Щільність, кг/м ³	1600- 1900	1600- 1900
2. Руйнуюча напруга при згині перпендикулярно шарів, МПа, не менше	350	300
3. Руйнуюча напруга при розтягуванні, МПа, не менше	220	220
4. Ударна в'язкість по Шарлі паралельно шарам на зразках з надрізом, кДж/м ² , не менше	50	30
5. Удільний об'ємний електричний опір для листів до 8,0мм після кондиціонування в умовах 24год/23 ⁰ С /93%, Ом, не менше	МО10	МО10
6. Опір ізоляції після кондиціонування в умовах 24год/23 ⁰ С/дистильована вода, МОм, не менше	5104	
7. Тангенс кута діелектричних втрат при частоті 1-106 Гц після кондиціонування в умовах 24год/23 ⁰ С/дистильована вода, не більше	0.04	0.04
8. Пробивна напруга паралельно шарів (однохвилинне перевірочне випробування) в умовах М/90 ⁰ С /трансформаторне мастило, кВ _{еф} , не менше	35	28
9. Горючість	-	-

3.3. При механічній обробці склотекстоліту виділяється пил скловолкна. Гранична, але допустима концентрація пилу скловолкна в повітрі робочого приміщення має бути не більше 4 мг/м³ згідно з ГОСТ 12.1.005. Механічна обробка

повинна проводитися в приміщеннях, обладнаних припливно-витяжною вентиляцією або місцевими витяжками.

3.4. Роботу зі склотекстолітом слід проводити у спеціальному одязі, прийнятому для виробництва, відповідно до типових галузевих нормативів.

3.3 Правила приймання та методи випробування готової продукції

1. Правила приймання:

1.1. Правила приймання склотекстоліту – за ГОСТ 25500 та вимогами стандарту ГОСТ12652-74.

1.2. Періодичні випробування проводять за пп. 2.6 та 2.7 (пп. 8 та 9 табл. 3) ГОСТ12652-74.

2. Методи випробувань:

2.1. Методи випробувань склотекстоліту повинні відповідати ГОСТ 25500 та вимогам стандарту ГОСТ12652-74.

2.2. Перевірку точності обрізання країв листів проводять вимірювальним інструментом, що забезпечує похибку виміру.

2.3. Випробування склотекстоліту на обгинання навколо оправок проводять при температурах 15-35°C і відносної вологості 45-75 % на зразках розміром $(35 \pm 1) \times (200 + 1)$ мм для товщин до 0,6 мм та розміром $(35+1) \times (250+1)$ мм для товщин понад 0,6 мм. Діаметр оправки для згинання зразків товщиною до 0,6 мм дорівнює $(55+1)$ мм, для зразків товщиною понад 0,6 мм - $(80 + 1)$ мм. При випробуванні зразки не повинні ламатися, а на поверхні не повинно бути тріщин.

При визначенні щільності склотекстоліту допустимі розбіжності між паралельними визначеннями, не повинні перевищувати $0,03 \text{ г/см}^3$.

2.4. Водопоглинання склотекстоліту визначають за ГОСТ 4650 (метод А). Захист торцевої частини зразків роблять наступним способом: м'яким пензлем наносять сполучну речовину, що застосовується при виготовленні склотекстоліту. Зразки сушать 20-30 хв при температурі 15-35°C; потім термообробляють при температурі $(160+2) \text{ }^\circ\text{C}$, з фенольною сполучною речовиною $(15+1)$ хв, з епоксифенольною $(30+1)$ хв, з кремнійорганічною та епоксидною сполучною

речовиною, зразки термообробляють при температурі (200 ± 2) °С протягом $(30+1)$ хв. Допускається захищати торці зразків зануренням у розплавлений парафін за ГОСТ 23683, нагрітий до $(125+2)$ °С, з добавкою до 3 % поліетилену за ГОСТ 16338.

За результат випробування приймають середнє арифметичне трьох вимірів.

2.5. При визначенні тангенсу кута діелектричних втрат склотекстоліту завтовшки до 1 мм включно допускається застосування електрода діаметром щонайменше 10 мм.

2.6. Час горіння склотекстоліту визначають за ГОСТ 26246.0.

2.7. При перевірці товщини листів склотекстоліту допускається одна точка із десяти, що перевищує граничне відхилення за товщиною, зазначеною в табл. 2, ГОСТ 12652-74 на 25%.

2.8. Для визначення руйнівної напруги при згинанні, розтягуванні, ударній в'язкості по Шарпі, зразки вирізають вздовж і впоперек листа. За результат випробування приймають мінімальне із середніх арифметичних значень, обчислених окремо для повздовжніх та поперечних зразків.

2.9. Під час визначення опору ізоляції виготовлення отворів для електродів проводиться з повільною подачею свердла, розгортки. Час з моменту вилучення зразка з води до закінчення вимірювання повинно бути не більше 3 хв.

2.10. При визначенні пробивної напруги та електричної міцності допускається перед випробуваннями зразки кондиціонувати за температури $(180+5)$ °С, а для марки СТ-ЕТФ - (200 ± 5) °С не більше 24 год. При проведенні цих випробувань витримка зразків у нагрітій трансформаторній олії становить 5 хв на 1 мм товщини зразка, але не менше 10 хв.

Визначення пробивної напруги проводиться на зразках, вирізаних з листів товщиною від 3 до 5 мм [16].

3.4 Висновки до розділу 3

В першій частині розділу 3 розглянуто етапи виготовлення листового склотекстоліту, його властивості та області застосування.

В другій частині розділу 3 описано основні параметри та розміри матеріалу заготовки обшивки, склотекстоліту СТЕФ-1 з листа товщиною 1мм, згідно ГОСТ 12652-74

В третій частині розділу 3 розглянуто та описано вимоги що-до правил приймання та методів випробування готового склотекстоліту відповідно до ГОСТ 12652-74.

РОЗДІЛ 4 ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1 Шкідливі та небезпечні виробничі фактори при технічному обслуговуванні планера повітряного судна

При виконанні ремонту та технічного обслуговування авіаційної техніки необхідно дотримуватися заходів з безпеки, які регламентовані різними стандартами, вказівками, інструкціями та іншими нормативними документами.

Однією з особливостей обслуговування ПС є те, що ряд технологічних процесів являється загальними процесами для певних технологій, таких як: вантажні роботи, промивання деталей, зварювальні роботи, фарбування деталей, експлуатація електроустановок та інші. Тому небезпечні і шкідливі виробничі чинники зустрічаються при обслуговуванні ПС.

Для безпечного процесу розбирання літального апарата при ремонті виконуються підготовчі операції, які призначені для гарантування безпеки в ході виконання робіт. При підготовці ПС, необхідно промити, очистити паливні баки та системи від залишків горючих матеріалів, встановити страхувальні пристрої і так далі. Під час розбирання, правильне використання пристроїв та інструментів зазвичай гарантує безпечну роботу, але при цьому нещасні випадки можуть траплятися в разі порушень технології виконання робіт та невиконання правил техніки безпеки.

При використанні підйомно-транспортного обладнання, до виконання робіт з ним, допускається лише навчений персонал.

Профілактика виникнення нещасних випадків при ремонті ПС заключається в основному у дотриманні застережливих заходів.

При роботі на металообробному устаткуванні необхідно особливо слідкувати за дотриманням вимог безпеки, які забезпечуються типовими правилами техніки безпеки і виробничої санітарії при обробці металів.

Загальні положення та вимоги до ручного інструменту, металообробного устаткування, організації робочих місць і розміщення устаткування регламентуються ДНАОП 5.1.30-1.06-98 (НПАОП 63.23-1.06-98) «Правила безопасности труда при

техническом обслуживании и текущем ремонте авиационной техники». Основними з них можна виділити такі:

- преси, станки та інше устаткування мають бути встановлені на міцній основі та надійно закріплені;

- механізми станків, які рухаються і можуть стати причиною травмування робітника, мають бути надійно захищені огорожею;

- встановлення та знімання заготовок, деталей, пристроїв та інструменту, які мають масу понад 16 кг мають виконувати за допомогою підйомно-транспортного обладнання;

- всі пристрої на яких закріплюються оброблювані вироби та інструмент повинні забезпечувати їхнє надійне закріплення і виключати можливість само відгвинчування під час роботи;

- робітникам працюючим на станках в яких деталь охолоджується емульсіями, мають видаватися профілактичні мазі, крема для змащування рук;

- на станках де обробляють крихкі матеріали, встановлюють пилостружкоприймачі, для виведення пилу і стружки з місць їхнього утворення;

- на робочих місцях слюсарів з ремонту встановлюють необхідні шафи, верстати, стелажі, а також вантажопідйомними пристроями для переміщення деталей і вузлів великої маси;

- на станках, які конструктивно незабезпечені захисними пристроями, роботодавець зобов'язаний забезпечити робітника, який там працює засобами ЗІЗ і слідкувати за їхнім застосуванням під час роботи на станках;

- електричні пристрої та кабелі живлення мають бути надійно ізольованими і захищеними в корпусі станка, обладнані блокуючим пристроєм. Сам станок має бути надійно заземленим і обладнаний аварійною кнопкою СТОП;

- при використанні ручного інструменту робітники мають бути забезпечені захисними окулярами. Ручний інструмент обов'язково має бути справним;

- матеріали і деталі на робочих місцях повинні бути складені таким способом, який забезпечить їх стійкість та зручність для кріплення стропів при використанні вантажопідйомних механізмів;

- обдування виробів та устаткування з використанням стиснутого повітря для в робочих приміщеннях, як правило, забороняється (дозволяється в спеціально обладнаних камерах з місцевою витяжною вентиляцією) [25].

4.2 Вимоги до ділянок задіяних при ремонті стабілізатора

При виконанні робіт по виготовленню і заміні обшивки стабілізатора 8АТ-3100-00 необхідно керуватися загальними правилами по техніці безпеки та інструкціями, які діють на територіях підприємств.

Однією з обов'язкових умов роботи ремонтних підприємств по охороні праці та правилам сертифікації, є забезпечення необхідних вимог керівництва з ремонту вертольотів Ми-8, щодо облаштування виробничих приміщень, без виконання яких виконання ремонту не допускається.

Вимоги до виробничих приміщень, які використовуються при ремонті стабілізатора вертольота Ми-8:

1. Ділянка розбирання, ремонту та складання вертольота:

1.1. На ділянці розбирання вертольоту, його розбирають на агрегати та деталі, одночасно виконується велика кількість робіт, тому необхідна правильна розстановка різних фахівців.

1.2. При виконанні демонтажних робіт та розбирання вертольота необхідно забезпечити збереження знятих агрегатів, обладнання, вузлів, кріпильних деталей, для чого на ділянці повинні бути встановлені спеціальні верстати та стелажі. Великі деталі, вузли та агрегати повинні встановлюватися на спеціальних підставках у стійкому положенні так, щоб вони не захаращували проходи.

1.3. Площа та об'єм ділянки повинні відповідати санітарним нормам, висота приміщення до підкранових колій - становити 8 - 8,5 м.

1.4. Підлога ділянки розбирання вертольота на основні агрегати і вузли повинна бути рівною, без вибоїн і вм'ятин, щоб уникнути поломки вертольота при розбиранні. Допускаються асфальтовані підлоги або підлоги з мармурової крихти.

1.5. На ділянці повинні бути проведені лінії стисненого повітря для підключення пневмоінструменту та лінія електроживлення для підключення

переносних ламп напругою 12-24V, а також змонтована кран-балка вантажопідйомністю не менше ніж 8 тон.

1.6. Ділянка ремонту розташовується в приміщенні ремонтного підприємства, де проводять демонтаж та розбирання вертольота.

2. Ділянка дефектації деталей та вузлів:

2.1. Ділянка дефектації деталей та вузлів, знятих з вертольота та надійшовших зі складу, повинна розміщуватися в окремому, ізольованому від інших робіт приміщенні.

2.2. Приміщення має бути оштукатурене, стіни на висоту не менше 2 метрів повинні бути забарвлені олійною фарбою, а верхня частина та стеля – клейовою фарбою. Підлога має бути з матеріалу, який легко очищається, наприклад, з керамічних плиток або залізобетону.

2.3. Приміщення має добре вентилюватись. Відносна вологість повітря має бути не більше 70%, а температура повітря складати 15-25 °С.

2.4. На ділянку має бути підведене сухе стиснене повітря, очищене від вологи, мастила та пилу в масловодовідділювачах. Масловодовідділювачі не рідше одного разу на зміну повинні звільнятися від води. Ділянка має бути обладнана столами, покритими лінолеумом, оцинкованим залізом, алюмінієвими листами або текстолітом.

2.5. Щодня після закінчення зміни має проводитися ретельне прибирання приміщення ділянки та протирання обладнання вологими серветками. Забороняється очищення обладнання, стін і підлоги за допомогою розчинників.

2.6. Ділянка має бути обладнана засобами пожежогасіння. Легкозаймісті рідини повинні зберігатися в металевій закритій тарі в кількості, що не перевищує змінну потребу.

3. Ділянка комплектування деталей, вузлів та агрегатів для ремонту та остаточного складання:

3.1. Відремонтовані деталі, вузли та агрегати розміщуйте у складському приміщенні на стелажах за належністю їх до основних агрегатів: носової частини,

фюзеляжу, хвостової балки, кільової балки; при цьому кожна деталь потрібно розташовувати по секціях залежно від їх конструктивних особливостей.

3.2. Деталі та вузли гідравлічної, повітряної, паливної систем повинні бути захищені від потрапляння до них пилу, мастила, сторонніх предметів. Штуцера гідравлічних агрегатів та всі трубопроводи мають бути герметично заглушені.

3.3. При демонтажі трубопроводи мають бути розгруповані за місцем їх розташування на вертольоті, по системах, промарковані ідентифікаційною біркою. Цього ж порядку необхідно дотримуватися і при тимчасовому зберіганні трубопроводів у приміщенні комплектування, а також при видачі їх на ділянки збирання.

4. Ділянка з приготування герметиків та клеїв:

4.1. Температура повітря у приміщенні ділянки має бути 15-35 °С, відносна вологість 35-70 % (допускається 80 %).

4.2. Приміщення має бути чистим та обов'язково ізольованим від усіх інших приміщень. Бажано, щоб ділянка складалася з двох відділень, в одному з яких знаходяться сухі компоненти герметика (клею) та необхідне обладнання, в іншому – виконуються роботи з приготування та видачі герметика. Якщо ділянка розміщується в одному приміщенні, сухі компоненти та відповідне обладнання повинні розташовуватися біля однієї стіни, обладнання для приготування герметика - в іншій.

4.3. Приміщення має бути побілено, підлога та стіни на висоту 1,5 м від підлоги викладені плиткою.

4.4. Для забезпечення нормальної роботи та вимог техніки безпеки на ділянці необхідно мати припливно-витяжну вентиляцію зі швидкістю руху повітря не менше 0,7 м/с, гарячу та холодну воду.

4.5. Необхідно дотримуватись правил протипожежної безпеки.

4.6. Готовий герметик та клеї бажано видавати на робочі місця у паперових стаканчиках для разового користування, що дозволяє скоротити мийні роботи та знизити витрату розчинника для миття посуду.

4.7. Кожен заміс готового герметика (клею) необхідно видавати на робочі місця з Паспортом (форма наводиться нижче), де вказується час його приготування та життєздатність. Паспорт наклеюється на банки із герметиком.

ПАСПОРТ на приготований _____

Дата та час приготування _____

Життєздатність _____

Приготував _____

5. Ділянка підфарбовування вертольота:

5.1. На ділянці застосовуються лакофарбові матеріали, які містять легкозаймисті органічні розчинники, що шкідливо діють на людину. Тому малярські роботи необхідно виконувати із суворим дотриманням санітарних правил при пульверизаційному фарбуванні в машинобудуванні.

5.2. Ділянка має бути розташована в одноповерховій будівлі, ізольованій від інших робочих приміщень, з безпосереднім виходом назовні. Всі конструктивні елементи (стіни, покриття) повинні бути виготовлені з вогнестійких та негорючих матеріалів (природний камінь, обпалена та силікатна цегла, бетон). Стіни повинні бути оштукатурені на висоту до 2м пофарбовані масляною фарбою, а їхня верхня частина і стеля - клейовою фарбою.

Підлоги повинні бути з вогнестійких та водостійких матеріалів, що допускають їх легке очищення (залізобетон, керамічна плитка).

5.3. У приміщення повинні бути підведені опалення та вентиляція, що забезпечують у перехідний та зимовий час температуру повітря 16-20 °С, а влітку - не більше ніж на 3°С вище зовнішньої.

5.4. Вентиляція повинна бути механічною, припливно-витяжною і повинна забезпечувати концентрацію шкідливих речовин (фарбового пилу, парів розчинників та свинцю) у зоні знаходження фахівців, яка не перевищує гранично допустиму відповідно до чинних санітарних норм.

5.5. Ділянка повинна бути забезпечена тарою, що герметично закривається, для зберігання добового запасу лакофарбового матеріалу.

5.6. До ділянки має бути підведена лінія електроживлення обладнання та загального освітлення, джерела світла та кнопки пуску електромоторів тощо. повинні бути виконані відповідно до вимоги протипожежних норм.

5.7. Ділянка має бути забезпечена лінією стисненого повітря з тиском 4-6 кг/см². Повітря має бути очищене від вологи, мастила та пилу в масловодовідділювачах. Масловодовідділювачі не рідше одного разу на зміну повинні очищатися від води.

5.8. Ділянка має бути обладнана протипожежними засобами.

На ділянці фарбування дозволяється користуватися переносними вибухобезпечними лампами напругою 12 V.

5.9. Для підходу до хвостової балки і капотів вертольота ділянка повинна бути обладнана легко пересувними драбинами.

5.10. Одночасно на ділянці при фарбуванні вертольота має бути не менше двох осіб.[17]

4.3 Розрахунок необхідного рівня освітлення для забезпечення безпечного та ефективного процесу ремонту на дільниці ремонту

Для нормальної роботи в усіх приміщеннях будівель облаштовують штучне освітлення. Проектують штучне освітлення двох видів: загальне та комбіноване з додаванням в конкретному місці. В загальному освітленні, світильники розміщують на висоті не менше ніж 2,5м, у верхній частині приміщення. Для місцевого освітлення використовують світильники встановлені прямо на робочому місці.

Мінімальний рівень освітлення приміщення (E_{min}) залежить від рівня візуальної роботи, що виконується на цьому місці, який в свою чергу, визначається мінімальним розміром об'єкта дослідження. Згідно ДБН В.2.5-28- 2018 «Природне і штучне освітлення» освітленість від системи загального освітлення повинна складати не менше 200 лк (люкс). Загальний світловий потік визначається за формулою:

ДРЛ-250, потужністю $N=250\text{Вт}$ і світловим потоком $\Phi=13500\text{лм}$.

Визначається необхідна кількість ламп:

$$n = \frac{E_{min} \cdot K_3 \cdot Z \cdot S_{II}}{\Phi \cdot \eta},$$

де E_{\min} - нормативний мінімальний рівень освітлення, лк;

k_3 – коефіцієнт запасу, $k_3=1,5$;

z – коефіцієнт мінімального рівня освітлення, $z=1,1$;

Φ – світловий потік лампи, $\Phi=13500\text{лм}$;

η - коефіцієнт використання світлового потоку, $\eta=0,5$, визначається по таблицях в залежності від коефіцієнта відображення світлового потоку від стелі та стін та показника приміщення i , який визначається за формулою:

$$i = \frac{A \cdot B}{h(A + B)},$$

де, A та B – довжина та ширина приміщення;

h - розрахункова висота встановлення освітлення.

S - площа приміщення;

Розміри кімнати: A – 10 м, B – 15м, h – 2,75 м

$E_{\min}=200\text{лк}$ по ДБН В.2.5-28- 2018

$$n = \frac{200 \cdot 1,5 \cdot 1,1 \cdot 150}{13500 \cdot 0,5} = 7,33 \approx 8.$$

Таким чином для ділянки ремонту знімних деталей планера площею 150м^2 необхідно встановити не менше 8 ламп ДРЛ250 з світловим потоком 13500лм.

4.4 Протипожежні заходи на виробництві

Протипожежні заходи на виробництві зводяться в основному до профілактичних з метою запобігання пожежі на визначеному чинними нормативами рівні, а в разі виникнення пожежі – обмеження її розповсюдження, своєчасне виявлення, гасіння пожежі, захист людей і матеріальних цінностей.

Працівники зобов'язані виконувати правила пожежної безпеки під час перебування на робочому місці. Так як безвідповідальне ставлення до таких дій як недопалок чи залишений без нагляду електрообігрівач, може спричинити пожежу. Часто причинами займання стають неправильне зберігання в приміщенні легкозаймистих речовин, спалах електропроводки через перевантаження електромережі, необережне поводження з вогнем.

Вимоги протипожежного режиму:

Куріння. Забороняється палити в приміщеннях. Для куріння на територіях підприємств мають бути обладнані спеціальні місця, які облаштовані урнами для недопалків. На території підприємств заборонено неузгоджене застосування відкритого вогню (розігрівання замерзлих труб опалення, спалювання відходів виробництва, сухого листя, сміття, тощо).

Користування електронагрівальними приладами. Розігрівання та приготування води та їжі має здійснюватися в спеціально обладнаних для цього місцях із використанням електрочайників та інших приладів з автоматичними пристроями відключення електронагрівальних елементів.

Робота з електроприладами. Забороняється залишати без нагляду увімкнені в електромережу електроприлади та оргтехніку – персональні комп'ютери, оргтехніку, радіоприймачі, електронагрівальні прилади, вентилятори, кондиціонери.

Вогнебезпечні роботи. Виконання пожежонебезпечних робіт (газоелектрозварювальних, газорізальних, розігрів бітумів та смоли) дозволяється проводити з дозволу інженера з пожежної безпеки та виконання усіх передбачених заходів з пожежної безпеки по підготовці місця проведення цих робіт.

Порядок на робочих місцях. Для запобігання виникнення пожежі необхідно зберігати порядок на робочих місцях. Не потрібно складати документацію в неналежних для її зберігання місцях, так як папір являється легкозаймистим матеріалом. Потрібно слідкувати, щоб колеса офісних крісел не їздили по проводах, які лежать на підлозі бо це може пошкодити як внутрішню частину провода, так і його ізоляцію.

Пожежна сигналізація – це один з найважливіших пристроїв для забезпечення безпеки в приміщеннях.

Перевірка робочих місць та приміщень наприкінці робочого дня. Наприкінці робочого дня, відповідальна за протипожежний стан приміщення особа, зобов'язана перевірити протипожежний стан приміщень, вимкнути напругу з усіх електроустановок та електроприладів, закрити вікна, кватирки. Виявлені порушення правил пожежної безпеки потрібно усунути до зачинення приміщень.

Навчання. Для уникнення жертв в аварійній ситуації та в пожежі, з працівниками підприємств мають проводитися інструктажі, навчання, тренування з пожежної безпеки. В приміщеннях мають бути плани евакуації. Дуже важливо заздалегідь подбати про евакуацію людей в момент загоряння і початку пожежі, для цього в приміщенні повинні залишатися вільними евакуаційні шляхи і коридори, а вказівники повинні бути розташовані так, щоб було зрозуміло, де вихід. [22]

4.5 Правила техніки безпеки при роботі з клеями епоксидними смолами

Епоксидні смоли та клеї на основі епоксидних смол є вибухонебезпечними матеріалами, але загораються при безпосередньому контакті з вогнем. Летючі компоненти містяться в смолі в кількості, яка визначається за допомогою аналітичних методів, та відносять їх до 2-го класу небезпеки для організму людини. Робітники, які працюють на ділянках з смолами забезпечуються засобами індивідуального захисту (ЗІЗ) та спеціальним одягом відповідно до ДСТУ 3042-2005 «устаткування технологічне для переробки полімерних матеріалів». Приміщення, в якому виконуються роботи з клеями та смолами повинні мати припливно-витяжну вентиляцію

Забороняється безпосередній контакт шкіри з незатверділими смолами, так як це може викликати алергічну реакцію. При роботі з клеями та епоксидними смолами необхідно дотримуватися санітарних та гігієнічних вимог, правил організації технологічних процесів і правил безпеки з виробництва пластичних мас.

Відповідно до правил з безпечного ведення робіт виконується відбір проб, аналіз, очищення тари і апаратури. В приміщеннях де виконуються роботи з смолами повинні бути встановлені умивальники з холодною і гарячою водою.

Забороняється мити руки розчинниками, тому що це призводить до пошкодження шкіри рук. При потраплянні смол на шкіру необхідно негайно видалити їх сухими марлевими тампонами, уражене місце обробити етиловим спиртом, промити ретельно водою з милом та обробити вражене місце зволожуючим кремом.

Так як смоли є вибухонебезпечними, з температурою спалаху понад 270°C, ділянки де виконуються роботи повинні бути забезпечені засобами пожежогасіння відповідно до правил, затверджених у відповідному порядку [19].

4.6 Забезпечення робітників засобами індивідуального захисту

Для робітників працюючих на роботах з шкідливими або небезпечними умовами праці, на роботах з особливим температурним режимом, на роботах з забрудненням, роботодавець зобов'язаний забезпечити сертифіковані ЗІЗ та змиваючі і знешкоджуючі засоби. Також роботодавець має забезпечити зберігання, прання, дегазацію, дезактивацію, дезінфекцію та ремонт виданим ЗІЗ.

В разі незабезпечення робітника ЗІЗ роботодавцем у відповідності до встановлених норм, від нього не можуть вимагати виконання трудових обов'язків і в разі виникнення простою в роботі, роботодавець зобов'язаний виплачувати компенсацію в розмірі не менше двох третин тарифної ставки або окладу.

Для робітників при видачі ЗІЗ визначають на який строк видається певне майно, так наприклад деякі ЗІЗ як респіратори, протигази, захисні окуляри тощо, видаються для використання по технічному стану «до зносу», а інші так звані «чергові» видаються для виконання тих робіт, для яких вони призначені, також ЗІЗ можуть бути закріплені на певних робочих ділянках.

У відповідності до норм та правил забезпечення робітників спецодягом, спецвзуттям та інших ЗІЗ, необхідно видавати їх з врахуванням зросту та розміру, а при видачі респіраторів, запобіжних поясів, касок, тощо, працівникам необхідно провести інструктажі з правил користування виданими ЗІЗ та способів перевірки їх справності. Роботодавець зобов'язаний слідкувати за тим, щоб працівники правильно користувались виданими ЗІЗ та не допускати їх до роботи з несправними та ЗІЗ в неналежному стані, в свою чергу роботодавець зобов'язаний у відповідні терміни виконувати перевірку та випробування ЗІЗ у встановленому порядку.

При видачі робітнику ЗІЗ робиться запис в його особистій картці, проте видане майно залишається власністю роботодавця та підлягає поверненню в разі звільнення або переведення працівника на іншу роботу, де такі ЗІЗ непередбачено.

Робітникам, які працюють на роботах, які пов'язані з забрудненням, роботодавець має забезпечити безоплатно кожному робітнику по 400г мила, по 100мл захисного та відновлювального крему для рук, 200г все очисної пасту для рук [18].

4.7 Заходи проти отруєння на виробництві

Так правилами та законами про працю, передбачається для працівників, які працюють на роботах пов'язаних з небезпекою отруєння забезпечення в якості протитрути жирами, які нейтралізують шкідливі речовини, або компенсацію коштів. На ділянках, де виконується робота з отруйними речовинами, заборонено приймати їжу та палити, там обов'язкова наявність укомплектованої аптечки для надання першої допомоги. Для виконання робіт в умовах забрудненого середовища, обов'язкове використання ЗІЗ.

Також на ділянках призначених для робіт з отруйними речовинами, обов'язково перед початком робіт потрібно включати припливно-витяжну вентиляцію. Перед прийняттям їжі необхідно ретельно мити руки з милом, не можна мити руки у воді гартівних баків.

Однією з основних причин забрудненості на робочих місцях являється пил, який з'являється при механічній обробці виробів, виготовлені та транспортуванні подрібнених матеріалів. Шкідливі речовини потрапляють до організму людини через дихальні шляхи, та можуть викликати алергічну реакцію, а через те, що вони погано розщепляються в біологічних середовищах та погано виводяться з організму, в результаті тривалого впливу можуть викликати професійні захворювання [20].

Так для зменшення випадків професійних захворювань через отруєння газами та пилом, працівники повинні знати і виконувати правила техніки безпеки, такі як: працювати з включеною системою вентиляції; відсутність несправностей обладнання; дотримання технологій та правил поводження з інструментом; використання у місцях, які цього вимагають засобів ЗІЗ.

4.8 Заходи по збереженню життя та здоров'я працівників при роботі

Для запобігання випадків нанесення шкоди здоров'ю та життю працівників при роботі необхідно суворо дотримувати затверджених правил і інструкцій з охорони праці.

При роботі на ремонтних та термічних ділянках можливо отримати опіки бризками розплавлених металів, солей, від абразивних частинок з абразивних кругів, металевих іскор та інших.

Основним заходом попередження нещасних випадків та пошкоджень при роботі є використання ЗІЗ, які відповідають вимогам техніки безпеки при даному виді робіт.

На виробництві в більшості випадків використовується обладнання напругою 220В, та трифазне напругою 380В, де при роботі з таким обладнанням може виникнути небезпека ураження електричним струмом, що призводить до судом м'язів, гострих болей, та опіків. Для безпечної експлуатації електричного обладнання необхідно суворо дотримуватися правил користування цим обладнанням, та регулярно виконувати регламентні роботи цього обладнання.

4.9 Правила безпеки на виробництві

До основних правил безпеки на виробничих ділянках слід віднести:

- обладнання ізоляції печей та проводів живлення;
- підтримання чистоти в приміщеннях;
- зберігання робочого інструменту в спеціально відведених для цього місцях;
- ізоляція від загальних приміщень термічних та хімічно-небезпечних ділянок;
- справність вентиляційного обладнання;
- огороження електричного обладнання і його обов'язкове заземлення;
- установка ресиверів за межами виробничого приміщення;
- обгородження місць, призначених для розвантаження та охолодження нагрітих виробів;
- справність вантажно-транспортного обладнання;
- максимальне застосування механізації при транспортуванні;
- обмеження входу на ділянки з шкідливими умовами осіб, які не мають прямого відношення до робіт, які виконуються на цих ділянках;
- розміщення позначок та плакатів безпеки на ділянках [21].

4.10 Перша допомога при нещасних випадках

В разі настання нещасного випадку, необхідно відразу надати потерпілому кваліфіковану допомогу для максимально можливого збереження життя та здоров'я потерпілого. Тому працівники повинні знати первинні заходи, яких потрібно вживати до прибуття лікарів медичної допомоги.

При враженні електричним струмом необхідно перш за все звільнити потерпілого від дії струму, та в разі зупинки серця почати робити штучне дихання, якості першої допомоги поруч із штучним диханням можна розтирати тіло в районі живота і грудей м'якою тканиною.

В разі отримання термічного опіку для захисту місця ураження, якщо спеціальної протиопікової пов'язки немає, необхідно прикласти на місце опіку суху, стерильну марлеву пов'язку або шматок чистої тканини. Непотрібно наносити мазі, олії або спреї на ушкоджене місце. Потрібно дати потерпілому випити води, щоб уникнути зневоднення та зменшити інтоксикацію.

При отруєнні сильнодіючими речовинами на потерпілого потрібно надіти протигаз або ватну марлеву пов'язку, попередньо змочивши її при отруєнні хлором водою або 2% розчином питної соди, а при отруєнні аміаком – водою або 5% розчином лимонної кислоти, і винести або вивести його із зони ураження.

В цехах мають бути розміщені плакати і інструменти для надання першої допомоги.

4.11 Висновки до розділу 4

В розділі 4 розглянуто основні вимоги з охорони праці, що стосуються забезпечення безпечних умов праці та недопущення надзвичайних ситуацій на підприємствах де можна виготовляти та виконувати заміну обшивки стабілізатора.

Шкідливі та небезпечні виробничі фактори при технічному обслуговуванні планера повітряного судна розглянуто в першій частині розділу

В другій частині розглянуто вимоги до ділянок задіяних при ремонті стабілізатора згідно керівництва з ремонту вертольотів Ми-8.

Третя частина розділу містить розрахунок кількості необхідного штучного освітлення на ділянці ремонту знімних деталей планеру.

В четвертій частині розглянуто найчастіші причини виникнення пожеж та вимоги протипожежного режиму на виробництві.

Правила техніки безпеки при роботі з клеями епоксидними смолами розглянуті в п'ятій частині розділу.

Шоста частина розповідає про забезпечення робітників засобами індивідуального захисту.

Необхідні заходи, які мають виконуватися на підприємствах для запобігання отруєння на виробництві перераховані в сьомій частині.

В восьмій частині розглянуто заходи по збереженню життя та здоров'я працівників при роботі.

Дев'ята частина перелічує в собі основні правила безпеки на виробництві.

В десятій частині описано порядок необхідних дій першої допомоги при нещасних випадках.

РОЗДІЛ 5

ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

5.1 Заходи з охорони навколишнього середовища

Найбільшу шкоду атмосферному повітрю при роботі підприємств наносять пари металів, які виділяються в результаті плавки металу та металевий пил який виникає в процесі шліфування металу, пари розчинників і кислот, які виникають в процесі знежирювання і травлення, згідно ДСТУ 3831-98 «охорона навколишнього природного середовища».

Встановлення пиловловлювачів та абсорберів і інших фільтрів, які встановлюються на системах вентиляції призначається для запобігання потраплянню шкідливих речовин в атмосферу на виході з витяжної системи.

Якщо на етапах обробки існує необхідність використання води для мокрих засобів обробки матеріалів, то відпрацьовану воду необхідно зливати до загальної системи каналізації тільки після її очищення у відстійниках, зливання до каналізаційних мереж відпрацьованих хімічних речовин, розчинників допускається тільки після їх очищення та нейтралізації [23].

5.2 Заходи по зберіганню отруйних речовин

У виробництві широко застосовуються різноманітні хімічні речовини, які можуть становити небезпеку для життя та здоров'я людини і навколишнього середовища. Тому зберігання, транспортування, видача легкозаймистих та отруйних речовин на складах і в цехових приміщеннях мають проводитися з суворим дотриманням встановлених правил та інструкцій, для запобігання їх потрапляння в навколишнє середовище.

Зберігання легкозаймистих матеріалів має здійснюватися в відокремленому від основного виробництва приміщенні. На ділянках дозволяється зберігати легкозаймисті матеріали тільки в тій кількості, яка необхідна для виконання роботи на протязі робочої зміни. Різні розчинники, бензини, кислоти, краще зберігати в металевій тарі з кислототривким покриттям, горючі матеріали зберігаються в забарвлених бочках з обов'язковим маркуванням про їх вміст. Легкозаймисті

матеріали заборонено використовувати при роботах пов'язаних з утворенням іскор, через небезпеку вибуху.

Зберігання мастильних матеріалів виконується, в спеціально виділених для зберігання приміщеннях окремо від місць зберігання горючих матеріалів. Між рядами бочок потрібно залишати достатньо місця для проходу.

5.3 Заходи щодо зменшення впливу шкідливих речовин.

При роботі з композитними матеріалами найбільш шкідливі та небезпечні фактори, які впливають на стан здоров'я робітника це: пари та пил, який виникає при механічній обробці, що потрапляють до органів дихання і слизових оболонок. Тому працівники, які працюють з композитними матеріалами обов'язково мають бути забезпеченими ЗІЗ.

Для захисту шкіри рук при роботі з клеями та смолами необхідно використовувати рукавички на бязевій підкладці. Для захисту шкіри рук від дії смол, затверджувачів і розчинників рекомендується користуватися захисними рідинами і мазями. Для захисту робітника при роботі з отруйними речовинами є нормування і контроль їх викидів в повітрі на робочому місці відповідно до стандарту ГОСТ12.1.007-76 ССБТ«Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности».

Контроль за вмістом шкідливих речовин в повітрі необхідно виконувати регулярно, лабораторією підприємства за графіком, який погоджується в органах державного санітарного нагляду і затверджується керівником підприємства. При роботі з шкідливими речовинами першого класу небезпеки, контроль необхідно здійснювати не рідше 1 разу в 10 днів; другого класу, не рідше 1 разу на місяць; третього та четвертого класів - не рідше 1 разу у квартал.

В процесі створення нових епоксидних смол, клеїв на основі смол і композитних матеріалів у лабораторних умовах і виконанні технологічних випробувань на дослідних зразках, контроль повітря на вміст шкідливих речовин в робочій зоні варто здійснювати за окремими речовинами, що виділяються в повітря. Більшість шкідливих речовин можна видалити з повітря робочої зони за допомогою

витажної вентиляції. Розроблення проекту та експлуатація систем вентиляції, опалення та кондиціонування повітря на виробничих ділянках має здійснюватися відповідно до вимог Державних санітарних правил та норм "Опалення, вентиляція і кондиціонування", "Санітарно-гігієнічний контроль систем вентиляції виробничих приміщень", "Санітарних норм проектування промислових підприємств", "Загальні санітарно-гігієнічні вимоги до повітря робочої зони". Місцеві витажні системи, які призначені для видалення шкідливих речовин від працюючого технологічного устаткування мають бути змонтовані паралельно пусковими пристроями, для того, щоб включення місцевої вентиляції відбувалося одночасно із включенням устаткування, а вимикання - не раніше ніж через 3 хв після припинення роботи.

В разі виконання робіт з епоксидними смолами, клеями та композитними матеріалами в місцях де неможливо забезпечити витажну вентиляцію на робочому місці, необхідно організувати доступ повітря до робочого місця, запобігши поширення шкідливих речовин на інші робочі місця. У виробничих приміщеннях, де виконуються роботи з виготовлення матеріалів на основі епоксидних смол, рециркуляція повітря в системах припливної вентиляції і повітряного опалення не допускається. При роботі в таких умовах з'являються дві проблеми: необхідність підігрівати подане проточне повітря та обмеження викидів шкідливих речовин в атмосферу. Такі проблеми вирішуються встановленням новітніх систем очищення повітря виробничих приміщень. В даний час використовується декілька технологій очищення повітря виробничого приміщення від парів органічних речовин: біоочищення, скрубери (поглинання в рідину), поглинання (активоване вугілля), каталітичне очищення, газорозрядно-каталітичне очищення, фотокаталітичне очищення [24].

5.4 Висновки до розділу 5

В розділі 5 розглянуто питання забезпечення охорони навколишнього середовища при роботі з композитними матеріалами на виробництві.

В першій частині розділу розглянуто заходи з охорони навколишнього середовища.

Друга частина описує заходи безпеки при зберіганні отруйних речовин на виробництві.

В третій частині розділу розглядаються та описуються заходи, які вживаються для зменшення впливу шкідливих речовин

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Експлуатація вертольотів Ми-8 показує, що є значна необхідність можливості заміни тканинної обшивки стабілізатора на більш міцні та стійкі матеріали, для зменшення витрат при поточному ремонті обшивки і уникнення можливого вимушеного простою вертольота через несправність обшивки стабілізатора.

2. Використання композитного матеріалу для обшивки, значно покращить експлуатаційні характеристики вертольотів, так як композитні матеріали мають легку вагу при значній міцності і не піддаються корозії, що зменшить витрати та час при наступних ремонтах.

3. Виконано розрахунок та порівняння металевої та композитної обшивки стабілізатора. Заперечень для встановлення обшивки з композитного матеріалу замість полотняної обшивки при виконанні ремонту стабілізатора 8АТ.3100.00 вертольотів типу Ми-8 всіх модифікацій не виявлено.

4. Розроблено та описано технологію виготовлення та заміни обшивки стабілізатора з виконанням необхідних доопрацювань конструкції під час ремонту.

5. Розглянуто в ході роботи етапи виготовлення листового склотекстоліту, його властивості та області застосування. Визначено основні параметри та розміри, вимоги щодо правил приймання та методів випробування матеріалу заготовки обшивки, у відповідності до ГОСТ 12652-74.

6. Проаналізовано основні вимоги з охорони праці, що стосуються забезпечення безпечних умов праці та недопущення надзвичайних ситуацій при роботі на підприємствах де можна виготовляти та виконувати заміну обшивки стабілізатора. Розглянуто вимоги до ділянок задіяних при ремонті стабілізатора згідно керівництва з ремонту вертольотів Ми-8, правила техніки безпеки при роботі з клеями та епоксидними смолами, правила безпеки на виробництві, порядок необхідних дій першої допомоги при нещасних випадках.

7. Розглянуто заходи з охорони навколишнього середовища, заходи по зберіганню отруйних речовин, заходи щодо зменшення впливу шкідливих речовин.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Руководство по технической эксплуатации Ми-8МТ 55.10.00 с.2-4
2. «Основные виды и причины разрушения конструктивных элементов из алюминиевых сплавов отечественных воздушных судов транспортной категории Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии № 70», А. С. Бычков, С. Р. Игнатович, А. Г. Моляр, 2015. – с. 136 - 151.
3. «Механіка руйнування і міцність матеріалів» В. В. Панасюка. – Т. 9. «Міцність і довговічність авіаційних матеріалів та елементів конструкцій» О. П. Остап, В. М. Федірко, В. М. Учанін, С. А. Бичков та ін.; за ред. О. П. Остап, В. М. Федірко. – Л.: Сколом, 2007. – с.1068.
4. «Композитные материалы. Механика и технология» Ф. Мэттьюс, Р. Ролингс. – М.: Техносфера, 2004. с.408
5. <https://stkomplekt.com.ua/ua/p1136284-steklotekstolit-stef-tolschina.html>
6. «Дефекты монолитных деталей и многослойных конструкций из полимерных композиционных материалов и методы их выявления. Ч. 1. Дефекты монолитных деталей и многослойных конструкций из полимерных композиционных материалов» В. В. Мурашов, А. Ф. Румянцев 2007. № 4. с. 23–32.
7. «Конструкционные композиционные материалы» под ред. Е. Н. Каблова. – М. ФГУП ВИАМ, 2012. с.58
8. Cawley, P. Defect: types and NDT for composites and bonded joints / P. Cawley, R. Adams // Materials Science and Technology. – 1989. – Vol. 5. P. 406–447.
9. Неразрушающий контроль: Справочник в 8 т. /Под общ. ред. В.В. Клюева. 2-е изд., испр. Т. 3. Ультразвуковой контроль. М.: Машиностроение. 2006. с.864
10. Мурашов В.В. «Контроль монолитных и клееных конструкций из полимерных композиционных материалов акустическим импедансным методом //Авиационная промышленность. 2009. №3». с. 43–48.
11. Мурашов В.В., Румянцев А.Ф. «Дефекты монолитных деталей и многослойных конструкций из полимерных композиционных материалов и методы их выявления. Часть 2. Методы выявления дефектов монолитных деталей и многослойных

конструкций из полимерных композиционных материалов //Контроль. Диагностика. 2007. №5» с. 31–36, 41–42.

12. Бюлетень № 171-3798-БУ/БЭ «Замена стабилизатора 8АТ-3100-00-03/04 (с полотняной обшивкой) на стабилизатор 8АТ-3100-00- 05/06 (с металлической обшивкой)»

13. Руководство по технической эксплуатации Ми-17В-5 055.10.00 с.1-4

14. Руководство по летной эксплуатации вертолета Ми-8 МТВ 3.1.11 «Расчет центровки»

15. И.Г.Матвеева, М.П.Лебедев «Исследование прочностных свойств текстолита, армированного тканями с различным типом переплетения» с.95-96

16. ГОСТ 12652-74 «Стеклотекстолит электротехнический листовой. Технические условия»

17. Руководство по ремонту Ми-17В-5 000-00-00 «организация ремонта» с.2-6

18. ДСТУ 3042-2005 «устаткування технологичне для переробки полімерних матеріалів»

19.ГОСТ 5159-2011. «Санитарные правила при производстве эпоксидных смол и материалов на их основе».

20. ДСН 3.3.6.042-2013. «Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень».

21. ГОСТ12.1.030-2012. «Электробезопасность. Защитное заземление, зануление».

22. ДСТУ 2272:2006 «Пожежна безпека. Терміни та визначення основних понять».

23. ДСТУ 3831-98 «Охорона навколишнього природного середовища».

24. ГОСТ12.1.007-76 ССБТ«Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности».

25. ДНАОП 5.1.30-1.06-98 (НПАОП 63.23-1.06-98) «правила безопасности труда при техническом обслуживании и текущем ремонте авиационной техники».