

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
АЕРОКОСМІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ
(ЗАОЧНА ФОРМА НАВЧАННЯ)
КАФЕДРА ПІДТРИМАННЯ ЛЬОТНОЇ ПРИДАТНОСТІ ПОВІТРЯНИХ СУДЕН

**ДОПУСТИТИ ДО
ЗАХИСТУ**

Завідувач кафедри
канд. техн. наук, доц.

_____ О.В. Попов

«__» _____ 2021 р.

ДИПЛОМНА РОБОТА
(ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА)
ВИПУСКНИКА ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ
«МАГІСТР»

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

Тема: «Удосконалення технологічного процесу відновлення обшивки із композиційних матеріалів сучасних літальних апаратів»

Виконав: _____ **О.В. Скороход**

Керівник: канд. техн. наук, доц. _____ **Р.Г. Мнацаканов**

Консультанти з окремих розділів пояснювальної записки:

охорона праці: канд. техн. наук,
доц. _____ **В.І. Казанець**

**охорона навколишнього
середовища:** _____ **Т.І. Білик**
канд. біол. наук, доц.

Нормоконтролер _____ **А.М. Хімко**

Київ 2021

НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Аерокосмічний факультет (заочна форма навчання)

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

канд. техн. наук, доц.

_____ О.В. Попов
«__» _____ 2021 р.

ЗАВДАННЯ

на виконання дипломної роботи

СКОРОХОДА ОЛЕГА ВАЛЕНТИНОВИЧА

1. Тема роботи «Удосконалення технологічного процесу відновлення обшивки із композиційних матеріалів сучасних літальних апаратів» затверджено наказом ректора від 02.10.2021 р. № 1882/ст.
2. Термін виконання роботи: з 05 жовтня 2021 р. по 13 грудня та с 21 по 31 грудня 2021 р.
3. Вихідні дані до роботи: аналіз дефектів та існуючі технології ремонту деталей літальних апаратів з композиційних матеріалів.
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки: аналіз дефектів деталей літальних апаратів з композиційних матеріалів; аналіз технологій ремонту деталей деталей та агрегатів з композиційних матеріалів; удосконалення технологій ремонту деталей та агрегатів з композиційних матеріалів; аналіз охорони праці та навколишнього середовища при роботі з композиційними матеріалами.
5. Перелік графічного матеріалу: типи та види композиційних матеріалів які використовуються в авіації; аналіз існуючих дефектів деталей та агрегатів з композиційних матеріалів; технології ремонту деталей та агрегатів з композиційних матеріалів; удосконалення технології ремонту деталей з композиційних матеріалів.
6. Графічний (ілюстративний) матеріал виконано з використанням Microsoft Office Excel, Power Point та представлено у вигляді презентацій.

6. Календарний план-графік.

Завдання	Термін виконання	Відмітка про виконання
Видача завдання на дипломне магістерське досліджування	05.10 – 15.10.2021 р.	
Пошук матеріалу до дипломної магістерської роботи	16.10 – 20.10.2021 р.	
Аналіз технологічного процесу і обладнання виконання роботи	21.10 – 26.10. 2021 р.	
Забезпечення охорони праці при виконання дослідження	27.10 – 07.11.2021 р.	
Аналіз технологій ремонту деталей та агрегатів з композиційних матеріалів	08.11 – 27.11. 2021 р.	
Обробка результатів дослідження	28.11 – 07.12.2021 р.	
Оформлення дипломної магістерської роботи:	08.12 – 13.12.2021 р.	

7. Консультанти з окремих розділів

Розділ	Консультант (посада, П. І. Б.)	Дата, підпис	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Охорона праці	канд. техн. наук, доц. Казанець В. І.		
Охорона навколишнього середовища	канд. біол. наук, доц. Білик Т.І.		

8. Дата видачі завдання: «**05**» **жовтня** 2021 р.

Керівник дипломної роботи _____ Р.Г. Мнацаканов
(підпис) (П.І.Б.)

Завдання прийняв до виконання _____ О.В. Скороход
(підпис) (П.І.Б.)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до дипломної роботи «Удосконалення технологічного процесу відновлення обшивки із композиційних матеріалів сучасних літальних апаратів» містить:

122 сторінки, 25 рисунків, 2 таблиці, 35 використаних джерел.

Об'єкт дослідження – літаки, що поступають у ремонт з дефектами експлуатаційного походження на обшивці.

Предмет дослідження – технологічний процес відновлення деталей з композиційних матеріалів літака.

Мета дипломної роботи – аналіз можливих дефектів обшивки планера літака з послідуочим відновленням.

Метод дослідження – відновлення деталей обшивки літака з композиційних матеріалів планера літака за допомогою нових сучасних методів, які застосовуються в авіації в якості обшивки або ж готових деталей.

Встановлено, що відновлення обшивки планера літака за допомогою операції ремонту деталей з композиційних матеріалів повертає близьку до початкової (заданої) міцності і якості робочих поверхонь.

Матеріали дипломної роботи рекомендується використовувати як основу для проведення наступних, більш широких наукових досліджень. Існуючими результатами та рекомендаціями необхідно скористатися при обслуговуванні та відновленні працездатності планера літака.

ЛІТАЛЬНИЙ АПАРАТ, ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС, ОБШИВКА, СТІЛЬНИКОВИЙ НАПОВНЮВАЧ, ВІДНОВЛЕННЯ, ДЕФЕКТ, КОМПОЗИЦІЙНІ МАТЕРІАЛИ, ПЕРЕПРЕГИ

ЗМІСТ

ВСТУП	8
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ЗАСТОСУВАННЯ ДЕТАЛЕЙ В АВІАЦІЇ, ВИГОТОВЛЕНИХ З КОМПОЗИЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ.....	10
1.1 Особливості застосування композиційних матеріалів у авіаційній та космічній галузях.....	10
1.2 Класифікація композиційних матеріалів.....	18
1.3 Аналіз дефектів деталей з полімерних композиційних матеріалів..	26
1.4 Види дефектів деталей з композиційних матеріалів.....	30
Висновки до розділу 1.....	35
РОЗДІЛ 2. ПРОБЛЕМИ РЕМОНТУ ДЕТАЛЕЙ ТА ВИРОБІВ З ПОЛІМЕРНИХ КОМПОЗИЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ.....	36
2.1 Загальні підходи до ремонту полімерних композиційних матеріалів.....	36
2.2 Ремонтні матеріали.....	40
2.3 Технологія ремонту.....	46
2.4 Аналіз властивостей полімерних матеріалів, які впливають на їх поведінку при ремонті та на можливість відновлювати несучу здатність виробу.....	50
2.4.1 Механічні властивості ПМ як фактори, що впливають на ремонт.....	56
2.4.2 Теплофізичні властивості як фактори, що впливають на ремонт.....	58
Висновки до розділу 2.....	63
РОЗДІЛ 3. ТЕХНОЛОГІЧНІ ПРОЦЕСИ РЕМОНТУ ОБШИВКИ ПЛАНЕРА З КОМПОЗИЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ.....	64
3.1 Усунення подряпин та розшарування композиційних матеріалів.....	65

3.2 Усунення відслоєння та видалення вологи композиційних матеріалів.....	68
3.3 Усунення відслоєння обшивки від сотового заповнювача.....	69
3.4 Відновлення обшивки з препрегів з одночасним її приклеюванням до стільникового заповнювача.....	72
3.5 Усунення відслоєнь обшивки від каркасу.....	77
3.6 Усунення тріщин у композиційних матеріалах.....	77
3.7 Вибір, підготовка та приклеювання латки композиційних матеріалів.....	78
3.8 Усунення вм'ятин, проколів, односторонніх пробоїн.....	81
3.9 Ремонт наскрізних пробоїн композиційних матеріалів.....	86
Висновки до розділу 3.....	88
РОЗДІЛ 4 ОХОРОНА ПРАЦІ.....	89
4.1 Шкідливі та небезпечні фактори при експлуатації або ремонті повітряних суден	89
4.2 Технічні і організаційні заходи для зменшення рівня впливу небезпечних та шкідливих чинників в процесі технічного обслуговування повітряних суден.....	91
4.3 Розрахунок освітлення виробничого приміщення	91
4.4 Забезпечення пожежної та вибухової безпеки при технічному обслуговуванні повітряних суден.....	93
4.5 Інструкція з охорони праці інженерно технічного складу при технічному обслуговуванні повітряних суден	96
Висновки до розділу 4	100
РОЗДІЛ 5 ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА.....	101
5.1. Аналіз екологічної безпеки повітряних суден	101
5.2. Можливі заходи щодо зниження емісії авіаційних двигунів.....	109
5.3 Заходи, що підвищують екологічну безпеку в процесі технічного обслуговування авіаційної техніки.....	111

	7
Висновки до розділу 5.....	114
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	117
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	121
ДОДАТОК.....	

ВСТУП

Актуальність роботи. З найдавніших часів, було відомо, те, що малі добавки волокна значно збільшують міцність і в'язкість крихких матеріалів. Один зі найстародавніших описів виготовлення композиційного матеріалу приводиться в Старому Заповіті: за часів єгипетського рабства євреї додавали солому в цеглу, щоб вони були міцніші і не розтріскувалися при сушці на спекотному сонці. Пройшовши через століття композиційні матеріали створили прорив у сучасному ракетобудуванні, завдяки своїм властивостям, таким як: низька маса, підвищена жорсткість і міцність, вища надійність у порівнянні з металевими сплавами.

Зростання застосування композитів в авіації переважно відбувається за рахунок розширення обсягу їх використання у відкритих частинах планера: хвостовому оперенні, крилі, фюзеляжі. Для вертольотів важливим напрямком є використання композитів для приводних валів і лопат головного і хвостового гвинта. Останнім часом, у зв'язку з поступовим накопиченням експериментальних даних про експлуатаційні властивості композитів, а також досвіду, у розробці та експлуатації різноманітних конструкцій, призвели до того, що у великій кількості літаків цивільної та військової авіації, а також вертольотів використовуються деталі та вузли, виконані із композиційних матеріалів. Наприклад, стінки лонжерона, панелі фіксовані задні, інтерцептори, елерони внутрішній і зовнішній, законцювання кіля, керма напрямки та висоти, облицювання вантажного відсіку, заліз крила, обтічник системи випуску закрилків, обшивки крила, стрінгери, обшивка гондоли [3].

В останні роки в авіа- та машинобудуванні велика увага приділяється впровадженню полімерних композиційних матеріалів (ПКМ), і насамперед композиційних матеріалів (ПКМ). Застосування таких матеріалів актуально і для країн, що розвиваються, до яких належить держава М'янма.

Цілий ряд цінних як технологічних, так і експлуатаційних властивостей мають композиційні матеріали на основі термопластів (ТКМ), у тому числі

можливістю ремонту зварюванням в розплаві. Можливість реалізації високого ступеня автоматизації процесу формування; можливість вторинної переробки гнучким, штампуванням тощо; можливість ремонту деталей зварюванням у розплаві.

У процесі виробництва та експлуатації виробів з них можлива поява дефектів типу розшарування, наскрізних отворів, тріщин, подряпин, вибоїн, розривів та викривлень волокон тощо. Враховуючи високу вартість ТКМ, особливо на основі поліароматичних матриць, слід вважати актуальним ремонт виробів із них. Освоєння сучасних технологій ремонту деталей з ПКМ і з ТКМ дуже затребуване у провідних авіаційних фірмах.

Однією з основних вимог до ремонту конструкцій з ПКМ є відновлення їхньої вихідної міцності в межах призначеного терміну служби деталей. При цьому стосовно авіаційних конструкцій найчастіше ставиться завдання ремонту в польових умовах, що означає реалізованість методу при односторонньому підході до дефекту, що усувається. Така вимога обмежує вибір методу ремонту.

Звертаючись до досвіду ремонту металевих виробів, можна констатувати, що однією з найбільш прийнятних багатьох галузей техніки є зварювання з приєднанням до дефектної ділянки ремонтної накладки. Можливості такого методу зварювання з метою відновлення несучої здатності дефектних деталей із ТКМ не охарактеризовані та вимагають проведення додаткових досліджень. У зв'язку з цим проведення досліджень ремонтного зварювання деталей із полімерних матеріалів (ПМ) для авіаційного машинобудування є актуальним.

На практиці матеріал, яким проводиться стиковка, є сполучна препрега, з якого проводиться виготовлення компенсуючої прокладки, з'єднання має недостатньо високі показники міцності при зсуві в тих випадках, коли воно застосовується в якості клею при з'єднанні двох затверджених обшивок або при з'єднанні затверділої обшивки і препреги. Крім того, у даного з'єднання недостатня сувна міцність через сумарну довжину з'єднання з товщиною

обшивки. Для збільшення міцності, забезпечення рівномірності передачі навантаження кращим є косо з'єднання ремонтваної обшивки зкомпенсуючої латкою.

Актуальність обраної теми в тому, що кожне пошкодження планера повинно ремонтуватися в мінімальні строки (це пов'язано з постійним нальотом судна) та головне якісним.

Об'єкт дослідження – літаки, що поступають у ремонт з дефектами експлуатаційного походження на обшивці.

Предмет дослідження – технологічний процес відновлення деталей з композиційних матеріалів літака.

Мета дипломної роботи – аналіз можливих дефектів обшивки планера літака з послідуєчим відновленням.

Метод дослідження – відновлення деталей обшивки літака з композиційних матеріалів планера літака за допомогою нових сучасних методів, які застосовуються в авіації в якості обшивки або ж готових деталей.

Встановлено, що відновлення обшивки планера літака за допомогою операції ремонту деталей з композиційних матеріалів повертає близьку до початкової (заданої) міцності і якості робочих поверхонь.

РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ ЗАСТОСУВАННЯ ДЕТАЛЕЙ В АВІАЦІЇ, ВИГОТОВЛЕНИХ З КОМПОЗИЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ

1.1. Особливості застосування композиційних матеріалів у авіаційній та космічній галузях

У сучасних авіаційній та космічній галузях не можна обійтися без застосування композиційних матеріалів, що мають надтвердість, надміцність, стійкість при високих температурах при порівняно малій питомій вазі в порівнянні з традиційними конструкційними матеріалами (сталю, чавуном, латунню, алюмінієм тощо).

Композиційні матеріали мають перевагу гнучкої конструкції, яка може бути адаптована до вимог конкретного проекту. На рис. 1.1 показані переваги композиційних матеріалів порівняно зі сталлю та алюмінієм.

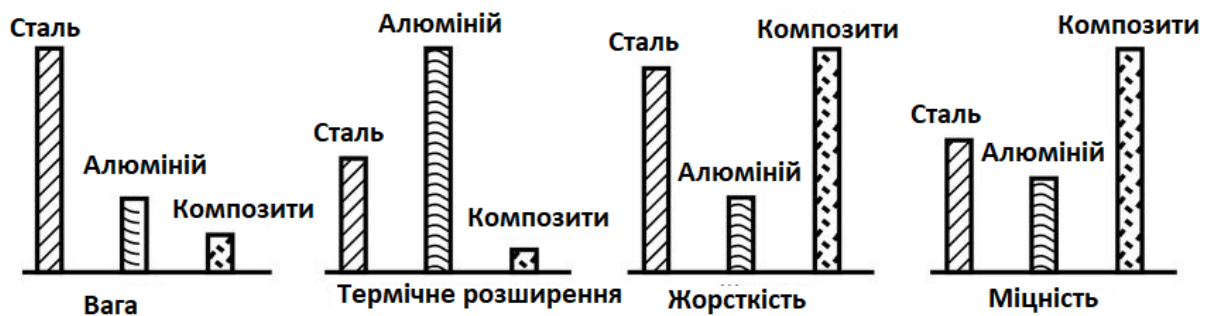


Рис. 1.1. Порівняння конструкційних матеріалів зі сталлю та алюмінієм

Композиційні матеріали – це матеріали, отримані зі з'єднання двох або більше компонентів у загальній системі, в якій кожен компонент окремо зберігає свої властивості.

Поєднання різнорідних речовин приводить до створення нового матеріалу, властивості якого відрізняються від властивостей кожної з його складових. Варіюючи склад матриці і наповнювача, їх співвідношення,

орієнтацію наповнювача, отримують широкий спектр матеріалів з необхідним набором властивостей. Використання композитів зазвичай дозволяє зменшити масу конструкції та підвищити корозійну стійкість при збереженні або поліпшенні її механічних характеристик, що має велике значення у ракетобудуванні. Відомі багатокомпонентні композиційні матеріали – поліматричні (в одному матеріалі поєднують декілька матриць) та гібридних (включають різні наповнювачі). Зараз у важкій промисловості поширеними є композити з полімерною матрицею, використання яких дає значний економічний ефект. Наприклад, використання ПКМ при виробництві ракетно-космічної і авіаційної техніки дозволяє зменшити на 5-30% вагу літального апарату. А зниження ваги, наприклад, штучного супутника на навколосезонній орбіті на 1 кг приводить до економії 1000\$.

Композити можуть бути розглянуті як у макро-, так і мікророзмірах, і у зв'язку з цим можна представити їх як однорідні або неоднорідні відповідно. Коли композити розглядаються в мікророзмірах, кожен їх компонент має межі розділу. Композити можна як з'єднання більше двох фаз: одна фаза безперервна, є матрицею (1), інша переривчаста, є армуючою фазою (2) [5]. Найчастіше армуючі елементи мають мікроскопічний розмір, тому що чим тонше волокно або частка, тим вищі їх механічні властивості.

Матриці композитів можуть бути виконані на основі металів та їх сплавів, а також органічних та неорганічних полімерів, керамічних, вуглецевих та інших матеріалів, і ціна на них залежить від їх механічних властивостей: чим кращі механічні властивості, тим дорожча матриця. Властивості матриці визначають технологічні параметри процесу одержання композиту та його експлуатаційні характеристики: щільність, питому міцність, робочу температуру, опір втомному руйнуванню та впливу агресивних середовищ.

Наповнювачі або армуючі елементи використовуються для зміцнення композиту і можуть бути виготовлені з високоміцної сталі, молібдену, вольфраму та інших металів та їх сплавів, волокон з бору, вуглецю, скла,

монокристалів з оксидів, нітридів алюмінію та кремнію та інших сполук.

В авіаційних конструкціях широко застосовують високоміцні алюмінієві, магнієві й титанові сплави, сталі, у тім числі вуглецеві, леговані, корозійностійкі і жароміцні, композиційні матеріали, а також неметалеві конструкційні матеріали.

Вибираючи матеріал для елементів конструкції, враховують його механічні, теплофізичні та хімічні властивості, щільність, вартість, ступінь освоєння у виробництві, а також технологічні властивості, що визначають можливість застосування найефективніших виробничих процесів - штампування, зварювання тощо.

Під час вибору матеріалу для елементів конструкцій враховують також форму і розміри цих елементів, величину і характер навантаження (постійне, ударне, циклічне), теплове навантаження, наявність в елементах конструкцій отворів, зміни перерізів та інших концентраторів напруг. Однак, обираючи матеріал, найбільшу увагу приділяють необхідним міцності і твердості конструкції за найменшої її маси, тобто забезпеченню максимальної вагової ефективності матеріалу.

Традиційні матеріали в багатьох областях промисловості практично вичерпали свої можливості. Штучні матеріали із запрограмованим набором бажаних властивостей стають більш вигідними як по економічним, так і по фізичним параметрам для цілого ряду галузей: автомобільної промисловості, будівельної індустрії, електротехніки, альтернативної енергетики, аерокосмічного комплексу.

Нині в світі у вигляді виробів знаходяться близько шести мільярдів тон металу. За даними ООН, всі інші разом узяті матеріали поки що змогли замінити близько 10 % металу. Однак тенденції засвідчують надзвичайно швидке витіснення металу полімерними матеріалами, композитами. [2]

Вражаюча номенклатура неметалічних матеріалів, розмаїтість їхньої хімічної природи, походження і структура забезпечують ширший спектр їхніх технічних властивостей ніж у металів і сплавів. За механічною міцністю

полімерні композиційні матеріали здебільшого поступаються металевим сплавам, однак вони мають вищі питомі міцність, твердість та корозійну стійкість. Сучасні орієнтовані композити з питомою міцністю в напрямку орієнтації волокон можуть в 3-4 рази перевищувати міцність легованих сталей і титанових сплавів. Тому композиційні матеріали відкривають широкі можливості для поліпшення існуючих і розробки нових конструкцій.

Серед розмаїтості полімерних композиційних матеріалів, найціннішими для авіації є матеріали, армовані скляними, вуглецевими, органічними, борними та іншими високоміцним і твердими волокнами. Вони дають змогу створювати як окремі несучі конструкції, так і корпуси літальних апаратів вцілому. Сьогодні внаслідок використання полімерних композиційних матеріалів масу літальних апаратів порівняно із металевими аналогами суттєво знижено. Нині з ПКМ виготовляють: корпуси, контейнери, обтічники, створки, рульові поверхні, щитки, силові елементи, їхвикористовують з метою естетичного оформлення салонів (рис 1.2) [18].

Залучення композиційних матеріалів при виготовленні конструкцій літальних апаратів дозволяє суттєво заощаджувати паливе та значно збільшити дальність польотів, оскільки за технологіями енергозбереження – майбутнє.

Українські літаки нічим не поступаються в цьому контексті західним зразкам. Державне підприємство «Антонов» було одним із світових лідерів по залученню композиційних матеріалів в конструкцію літака ще в радянські часи. На підприємстві було створено і сьогодні успішно функціонує науковий відділ композиційних матеріалів, який застосовує нові технології при виготовленні вітчизняних літаків. Починаючи з невеликих літаків Ан-24, Ан-28, Ан-32 та Ан-38 державне підприємство «Антонов» і сьогоднівикористовує у виробництві Ан-124 або Ан-70 композитні матеріали, які складають до 20 % конструкції літака.

Планер літака Ан-70 на 25 % виготовлений із полімерних композиційних матеріалів, що дало змогу зменшити його масу і на 80 %

автоматизувати виробництво ряду важливих вузлів. В конструкціях Ан-140, Ан-148 також є такі матеріали, але вони використані там, де це необхідно. Вчені з державного підприємства (ДП) Антонов підтвердили, що загальна маса конструкцій з композитів у літаку Ан-148 становить близько 2550 кг абож 10,8 % від його сухої маси, а частка в планері – 17 %. З композиційних матеріалів виконані майже всі агрегати механізації крила, керма і панелі хвостового оперення, стулки і обтічники шасі, зализи крила і фюзеляжу, поперечні балки підлоги, капоти і повітрозабірники двигунів, і багато іншого. Практично повністю з композитів виготовлені агрегати пасажирської кабіни.

На Ан-124 носова частина літака виготовлена із композиційних матеріалів, а саме, з вуглепластику, органопластику, склопластику та їх комбінацій.

Державне підприємство «Антонов» має «на озброєнні» німецькі автоклави, завдяки яким фахівці можуть виготовляти великогабаритні деталі. Наприклад, для Ан-70 кіль, хвостове оперення та стабілізатор виконані повністю із комбінованих композиційних сплавів вуглепластику та органопластику.

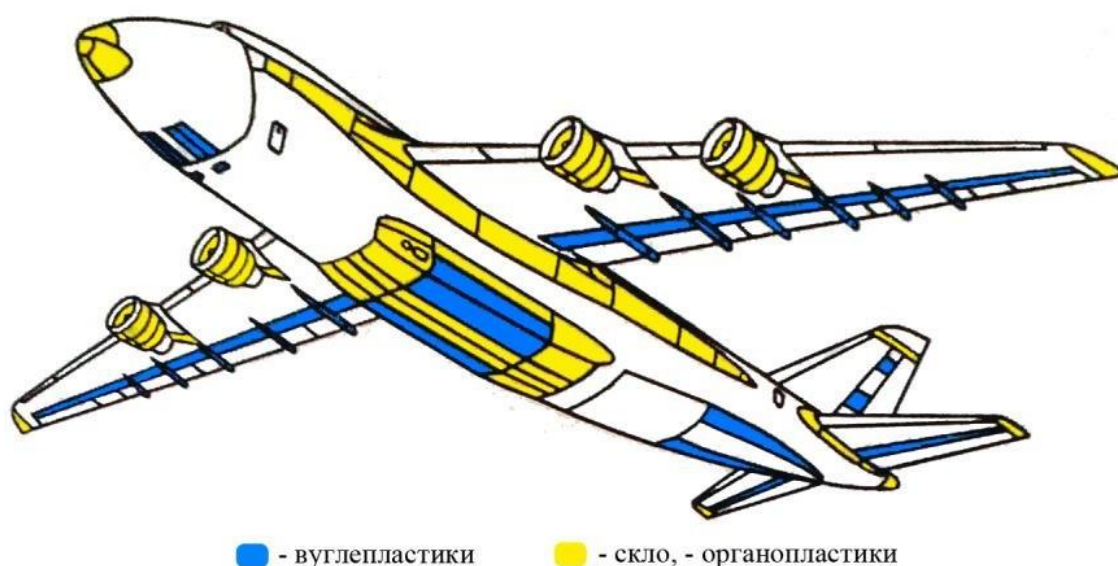
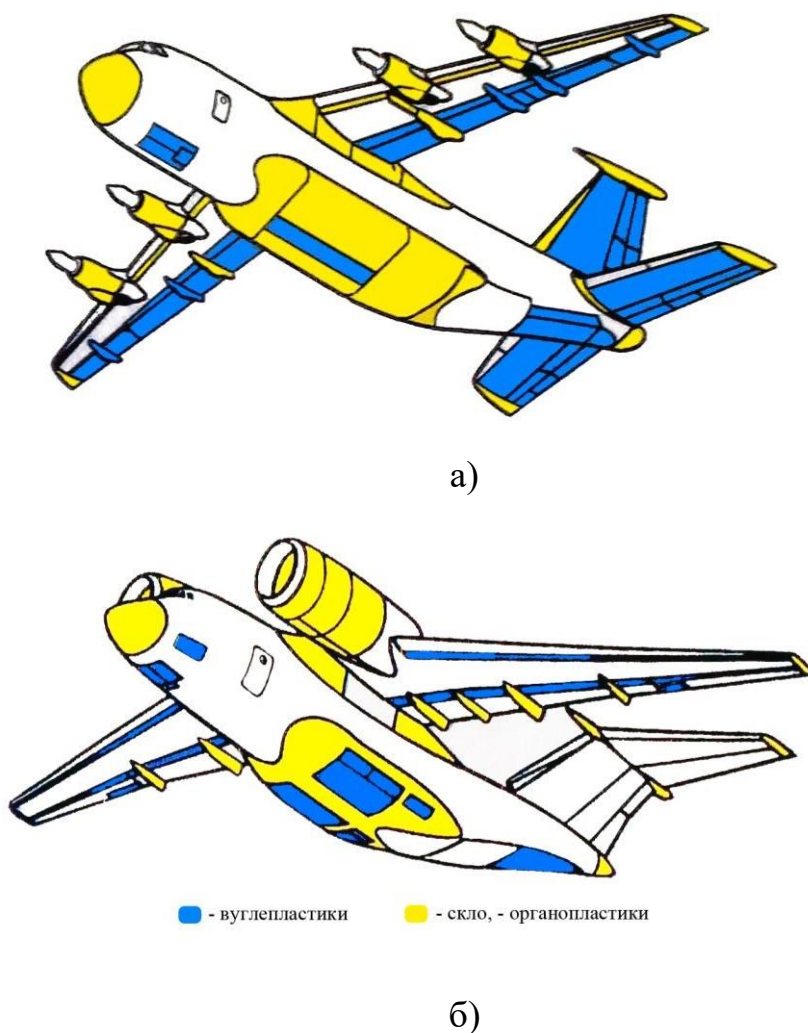


Рисунок 1.2 - Застосування полімерів в конструкції вітчизняного літака Ан-124

Застосування полімерних композиційних матеріалів дозволяє покращити льотно-технічні характеристики літаків. Дякуючи новим технологіям українські літаки літають за будь-якої погоди, можуть сідати навіть на аеродромах з ґрунтовим покриттям та мають досить високі ресурсні показники [18].

Україна зберегла кадри у авіаційній та космічній галузях. І не тільки тих фахівців, хто працював ще в радянських програмах, а й виховує нових. Як відомо, кожен грам, що долає земне тяжіння, обходиться в копійчку. Але, крім витрат, як для авіації, так і для космонавтики ще важливі обсяги корисних вантажів, і надійність усіх агрегатів.

Наукова школа проектування і виробництва виробів з композиційних матеріалів своїм виникненням зобов'язана Генеральному авіаконструктору академіку НАН України О. К. Антонову. За його ініціативою в 1963 році були розпочаті роботи по впровадженню склопластику з метою модифікації сільськогосподарського літака Ан-2М. У наступні роки в тісній співпраці з АНТК «Антонов», УкрНІАТ, конструкторське бюро (КБ) А. Н. Туполева, КБ А.І. Мікояна, Луганського заводу «Горизонт» були розроблені нові конструктивно-технічні рішення лопаті повітряних гвинтів, кіля літака Ан-140, елементів механізації літака Ан-148, ємкостей високого тиску, тришарових стільникових панелей сонячних батарей і багатьох інших конструкцій з полімерних композиційних матеріалів. Реалізація отриманих конструкторських рішень дозволила значно знизити вагу конструкції при збільшенні її міцності. Високі наукові та практичні результати досягнуті в області створення нових поєднань – деталей з композитів і металу. Спроектвані сполуки мають у півтора рази меншу масу в порівнянні з сполуками, що використовуються нині в авіаційних конструкціях.



а) - Ан-70 та б) - Ан-72

Рисунок 1.3 - Застосування полімерів у конструкціях вітчизняних літаків

Це не тільки літаки, а є ще й ракети. Розроблялися вони в надсекретному бюро в Дніпрі. Сьогодні ДП «Конструкторське бюро «Південне» продовжує свої розробки, в тому числі і композитів. Адже в сучасних твердопаливних ракетах частка полімерних композитів становить близько 70% від загальної маси конструкції без урахування пального [18].

Економічна криза не позначилася на обсягах виготовлення полімерних композиційних матеріалів. Їх використання постійно поширюється. Причина проста. В загальних рисах нинішні економічні труднощі пов'язані з двома глобальними явищами. По-перше, загальне перевиробництво. Не потрібно стільки автомобілів, не потрібно стільки побутової техніки, не потрібно

стільки одягу, і т.д. Настав момент, коли світове населення не може далі продовжувати гонку обновок, нав'язану монополіями через рекламу. По-друге, загальна переоцінка реальної вартості. Занадто дорога нафта, житло, машини, освіта, авіаквитки тощо. Багаторічна глобальна фінансова піраміда розвалюється. Але полімерні композити та вироби на їх основі все ще далекі як від глобального поширення, так і від невиправдано високих цін. За цей товар просять справедливую ціну, пропонуючи натомість якість ХХІ століття. Можливо, це якраз і є ще одна важлива властивість полімерних композиційних матеріалів – здатність приносити прибуток у таких економічних умовах.

1.2. Класифікація композиційних матеріалів

Композиційні матеріали можуть бути розділені за декількома основними ознаками:

- за матеріалом матриці та армуючим компонентом;
- структурі - геометрії (морфології) та розташування компонентів (структурних складових);
- методом отримання;
- сфери застосування [6].

Однак для кращого розуміння фізико-хімічних властивостей композитів класифікуватимемо їх відповідно до морфології фаз, що складають їх мікроструктуру або геометрією компонентів [6]:

- волокнисті композиційні матеріали - матеріали, що складаються з волокон у матриці (матрицю композиційних матеріалів - сполучний матеріал, клеючий матеріал або об'єднуючий матеріал);
- ламіновані (шаруваті) композиційні матеріали, що складаються з шарів різних матеріалів, що зв'язують матрицею;
- дисперсно-зміцнені композиційні матеріали;
- Комбінація з деяких або всіх перших трьох типів.

Крім забезпечення міцності та монолітності конструкції, матриця повинна мати необхідну пластичність і бути працездатною в тій температурній

області, для якої призначений композит. Для виготовлення композитів, які застосовуються при температурах нижче 200 °З, використовують полімерні матриці.

В даний час широко використовуються композиційні матеріали, армовані скляними волокнами - склопластики. Вони легко піддаються механічній обробці, мають високу міцність, стійкість до теплових ударів і знакозмінних навантажень, радіопрозорість, корозійну стійкість. Як армуючий елемент можуть використовуватися безперервні волокна у вигляді ниток, джгутів або тканини.

Шаруваті склопластики на основі тканин називаються склотекстолітами. Найбільш високі механічні характеристики мають склотекстоліти на основі одношарових тканин сатинового переплетення. Застосування багатошарових склотканин збільшує міжшарову міцність пластику, спрощує складання заготовки виробу, зменшуючи кількість ручних операцій. Такі композити широко використовують у суднобудуванні, авіації, космічній техніці, автомобілебудуванні, при виготовленні деяких побутових приладів. Як сполучна використовуються як терморективні смоли (епоксидні, поліефірні, фенолформальдегідні та ін), так і термопластичні.

Органопластики на основі високоміцних арамідних волокон мають високі міцнісні та пружні характеристики, ударну в'язкість, високу хімічну стійкість, високі теплоізоляційні та діелектричні властивості, погано горять і виділяють мало диму, органопластики — найлегші полімерні композиційні матеріали, їх 10 .

Залежно від складу, структури та технології отримання матеріалів властивості органопластиків можуть змінюватися в широких межах: міцність при розтягуванні ав від 300 до 3000 МПа, модуль пружності Е від 13 до 100 ГПа. За питомою міцністю при розтягуванні (200 км) органопластики займають чільне місце серед конструкційних матеріалів. Для органопластиків характерні високі параметри в'язкості руйнування, тривалість ресурсу та надійність експлуатації виробів за умов впливу механічного чи акустичного

удару, еродуючих потоків, вібраційних навантажень. Завдяки зниженій щільності, низькій димоутворюючій здатності, високим естетичним якостям органопластики використовують при обшивці салонів літаків, суден, автомобілів, для внутрішнього оздоблення житлових та промислових будівель. При виготовленні сучасних гелікоптерів з використанням органопластиків підвищується їх експлуатаційна надійність, скорочується приблизно в 3 рази виробничий цикл, досягається зниження маси агрегатів на 20-30%, знижується трудомісткість та збільшується ресурс їхньої роботи.

У пасажирських літаках ТУ-204, ІЛ-96-300, ІЛ-114, ТУ-334 органопластики використані в панелях підлоги, деталях зовнішнього контуру, обшивці салонів. Так, у літаку ТУ-204 обсяг органопластиків за масою становить близько 3 т, у літаку ІЛ-96-300 – 1,5 т.

Органопластики використовуються при виготовленні захисних екранів у корпусах вентиляторів турбореактивних двигунів, оскільки можуть витримувати механічний удар, який може мати місце під час зіткнення літака з птахом. Наприклад, вентилятори двигунів літаків «Руслан» мають захисні кільця діаметром 2,5 м та завтовшки 45 мм і можуть витримувати при швидкості 300 м/с удар осколків масою до 1 кг. Матеріалами нового покоління є металоорганопластика-алори, що складаються з шарів алюмінієвого сплаву і органопластика, що чергуються, який знижує навантаженість металу і збільшує довговічність матеріалу в цілому. Порівняно з традиційними матеріалами вони мають високу тріщиностійкість, що дозволяє виготовляти з них безпечно пошкоджені конструкції на повітряному та автомобільному транспорті.

Застосування алору замість традиційних алюмінієвих сплавів забезпечує зниження маси конструкції на 10-20% при використанні арамідного тканинного наповнювача і в 2 рази - односпрямованого. У цьому значно знижується маса виробу.

Алор має високі демпфуючі характеристики, тому він використовується в конструкціях, схильних до високочастотних коливань (вагони швидкісних

поїздів, автомобілі, літаки та ін), що дозволяє збільшити ресурс їх роботи в кілька разів. Він технологічний, добре піддається всім видам механічної обробки, пластичному деформуванню.

Вуглепластики-композити на основі високоміцних вуглецевих підвіконь, є найбільш перспективними композиційними матеріалами. Вони мають високу міцність і жорсткість, термостійкість до 570°C , низький температурний коефіцієнт лінійного розширення (ТКЛР), стійкість до агресивних середовищ. Як армуючі елементи в них застосовуються безперервні волокна у вигляді ниток, джгутів, тканин або нетканих матеріалів. Матриці виготовляють із епоксидних, поліамідних, поліефірних або інших смол. Вуглепластики використовуються в конструкціях сучасних літаків, наприклад таких, як «Руслан», Су-30МК, Су-34, С-37 «Беркут», МІГ-29, космічних кораблів багаторазового використання «Буран», що доводить їх високу технічну ефективність та експлуатаційну надійність. Вуглепластики КМУ-ЛР, КМУ-ЛТК та КМУ-Т працюють у інтервалі температур від -60 до $+100^{\circ}\text{C}$, у тому числі в агресивних середовищах, мають високі фізико-механічні характеристики.

Волокнисті композити мають найчастіше пластичну матрицю, армовану високоміцними волокнами, дротом або кристалами у формі ниток.

У цих композитах основна напруга сприймається волокнами вздовж композиту. Волокна забезпечують міцність та жорсткість композиту у напрямку розташування волокон. Механічні властивості та механізм руйнування композиту визначаються співвідношенням трьох параметрів:

- 1) міцністю волокон,
- 2) міцністю та жорсткістю матриці;
- 3) міцністю зв'язку волокно-матриця.

Волокнисті композити можна класифікувати за природою компонентів та за типом наповнювача, а також їх розташуванням у матриці. Таким чином, за природою матриці композиту можна виділяти композиційні матеріали на основі полімерів або пластиків; металів та їх сплавів; кераміки; вуглецю. За

природою арматури композитів можна назвати таку класифікацію: склопластики; боропластика; вуглепластики тощо. [5].

Зазвичай для армуючих елементів використовуються металеві дроти, ниткоподібні кристали (вуси) та кристали фаз, отриманих спрямованою кристалізацією; волокна неметалів, таких як вуглець та бір, отриманих за спеціальними технологіями; керамічні волокна на основі Al_2O_3 , SiC, Si_3N_4 та ін; скловолокно; органічні волокна (поліетиленові, поліефірні, поліамідні та ін.) [6].

Матричні матеріали в волокнистих композитах забезпечують їхню монолітність, форму і фіксують взаємне розташування армуючих волокон, розподіляють діючу напругу по всьому обсягу композиту, а також перерозподіляють навантаження вздовж волокон у разі руйнування їх частини. Від матеріалу матриці залежить спосіб виробництва виробів, габарити, способи обробки тощо.

Таким чином, для вибору матриці для композиту дуже важливі його експлуатаційні та технологічні параметри.

До експлуатаційних параметрів композиту відносяться механічні та фізико-хімічні властивості матриці, при яких система «волокно-матриця» забезпечує стабільну спільну роботу. Механічні властивості матриці повинні забезпечувати стабільну роботу всього композиту при експлуатації, так як міцність і жорсткість є визначальними при навантаженнях у напрямках, відмінних від напрямку армуючих елементів композиту. Також враховуються змінні напруження, що діють на композит та температуру при його роботі. Відомо, що висока температура знижує всі характеристики композиту; з цього випливає, що при виборі складових компонентів повинна враховуватися їх теплостійкість, а також їх хімічна стійкість.

До технологічних параметрів композиту відносяться всі процеси одержання виробу з нього. Це процес розміщення волокон у матриці без дотику між ними, міцні дії на межі «волокно-матриця» (хороша адгезія) тощо. Тому матеріал матриці повинен мати такі властивості: хороша змочуваність,

можливість отримання напівфабрикатів для отримання виробів з них, хороше з'єднання її фаз для формування композиту, низькі параметри температури і тиску при обробці зразків і т.п.

Максимальна напруга композиту при експлуатації з'являється безпосередньо або поблизу зони розділу «волокно-матриця», тому рівень властивостей композитів визначається властивостями межі розділу його компонентів. Це, своєю чергою, визначається адгезією межі розділу компонентів композиту. Отже, адгезія має змінюватися при експлуатації композиту в параметрах, котрим вироби з нього розраховані.

Ламіновані композити складаються з двох та більше шарів різних матеріалів, пов'язаних разом. Ламінування використовується для поєднання кращих властивостей матеріалів, що входять до складу композиту, таких як міцність, жорсткість, мала вага, корозія, стійкість, зносостійкість, теплоізоляція, звукоізоляція і т.д.

До шаруватих композитів відносяться біметали, що мають у складі два різні метали з дуже різними коефіцієнтами лінійного розширення α -шар, β -шар. При зміні температури біметали деформуються і цю деформацію можна точно визначати, тому біметали використовують для виробництва вимірювальних приладів. Наприклад, алюміній і деякі високоміцні алюмінієві сплави мають низьку корозійну стійкість, тому високоміцний алюміній, покритий корозійним алюмінієвим сплавом, має одночасно високу міцність і корозійну стійкість. Можна називати шарувате скло та ламінати на основі пластиків як шаруваті КМ.

Для збільшення міцності композитів використовуються металеві та неметалеві дрібнодисперсні частинки (рис. 4), розсіяні по всьому об'єму композиту, де матриця може бути металевою або неметалевою. Типовий приклад неметалевого композиційного матеріалу - бетон, де частинки піску поступово розподіляються і закріплюються цементом. Бетон є матрицею, що скріплює частинки піску разом. Для прикріплення піску та бетону використовують хімічну реакцію між цементом та водою. Особливістю цих

композитів є розподіл частинок у матриці в хаотичному порядку, що сприяє рівномірному розподілу навантаження по всьому обсягу виробу.

Кількість частинок у складі композиту може зміцнювати матрицю, перешкоджаючи розвитку дислокацій при навантаженнях, або розвантажувати матрицю, сприймаючи частину навантаження. Залежно від кількості частинок у матриці можна виділити два випадки [6]:

- Частки в композиті становлять 1-15%, їх розмір $d_{ч} \ll 1 \mu\text{м}$. Роль частинок – перешкоджати дислокаційному ковзанню матриці, зміцнюючи її. Використовують оксиди, бориди, карбідиди, силіциди як дисперсну фазу. Можна використовувати інтерметаліди, які мають високу твердість і хімічну стійкість. Найкраща ефективність зміцнення матриці досягається при розмірі частинок, $d_{ч} = 0,1 \mu\text{м}$ та відстані між ними, $S_{ч} = 0,01-0,3 \mu\text{м}$ та кількості 15%; — вміст часток сягає 25%, матриця розвантажується, оскільки прикладена навантаження сприймається від матриці армуючими компонентами, тобто, частинками. Як армуючі елементи використовують метали, інтерметаліди, оксиди, нітриди, та ін.

Багатофазні композитні матеріали мають більш ніж одну характеристику кожного класу: волокнистого або ламінованого. Наприклад, залізобетон є дисперсно-зміцненим (бо складається з гравію у сполучній цементній пасті) і волокнистим (зі сталеві арматури). Ламіновані та армовані волокнами композитні матеріали є листовими та волокнистими композиційними матеріалами одночасно.

Ламіновані та армовані волокнами композитні матеріали – це свого роду гібридний клас композиційних матеріалів за участю як волокнистих композитних матеріалів, так і ламінованих. Тут шари армованих волокнами матеріалів приклеєні один до одного з розташуванням волокон у різних напрямках, щоб забезпечити міцність та жорсткість композиту на всіх його напрямках. Отже, міцність і жорсткість армованих волокнами композитів ламінованих завжди можна вибирати в залежності від технологічних вимог до конкретного виробу.

Ламіновані та армовані волокном композитні матеріали використовуються в ракетних двигунах, корпусах човнів, панелях крила літака та відсіків літака, тенісних ракетках тощо.

Класифікацію композиційних матеріалів можна проводити за будь-якою ознакою:

- по конструктивному: хаотично армовані, одномірно армовані, помірно армовані та просторово армовані композити;
- матеріалу матриці;
- методом отримання композиту;
- сфери застосування композиту;
- структурі композиту: геометрії та розташування компонентів [6].

В авіації та ракетно-космічній техніці найбільш широко використовують композити з борними волокнами. Деталі з боропластики та боралюмінію застосовують такі великі фірми США, як «Локхід», «Боїнг», «Дженерал Дайнемікс». З них виготовляють горизонтальні та вертикальні стабілізатори, керма, елементи хвостового оперення лонжерони, лопаті гвинтів, обшивку крил та ін.

Область застосування металевих композитів постійно розширюється. Крім поліпшення технічних характеристик багатьох відповідальних виробів, використання металевих композитів здатне забезпечити 20-30-процентну економію маси. Сучасні Al-Li сплави мають цей показник лише на рівні 10—15%.

Деталі з боралюмінію порівняно з титановими сплавами дають зниження маси на 30-40%, забезпечуючи більш високу тривалу та втомну міцність при нагріванні до 500 °С. Ще ефективніше застосування боралюмінію в ракетно-космічній техніці. Його використання виготовлення великих деталей для ракет «Атлас», космічних кораблів «Аполлон», «Шаттл» дозволило зменшити їх масу на 20—50%. Це, у свою чергу, збільшило корисне навантаження, а для військових літаків – дальність польоту, обсяг озброєння тощо. Зниження польотної маси винищувача F-15 на 6%, або близько 1100 кг призводить до

збільшення дальності польоту на 15%.

Правильний вибір матеріалів для економії маси літальних апаратів грає визначальну роль. Вартість конструкції становить 40% для військових літаків, 68% – для комерційних, 19% – для космічних апаратів, 50% – для орбітального космічного корабля типу «Шаттл». У космічній техніці економію маси прийнято оцінювати через вартість виведення 1 кг на орбіту з урахуванням кількості запусків. Враховуючи, що відношення вихідної маси до маси, доставленої на навколоземну орбіту, становить 100:1, ця величина може становити до 30 тис. дол/кг. Застосування композитів у конструкції космічного корабля "Шаттл" дозволило знизити масу на 1402 кг, у тому числі за рахунок боропластики - на 410 кг і боралюмінію - на 82 кг. Така економія маси дозволила зменшити витрати на виведення корабля на орбіту на кілька мільйонів доларів, що наперед окупає витрати на вартість елементів конструкції з цих матеріалів.

1.3 Аналіз дефектів деталей з полімерних композиційних матеріалів

При виготовленні конструкцій із ПКМ має місце велика кількість факторів, що впливають на їх властивості. Багато з цих факторів взаємопов'язані. Руйнування, що визначає межу міцності конструкцій, має прогресуючий характер і виникає місцевих дефектів і концентрації напружень в матеріалі [1].

Відомо, що на міцність ПКМ впливає наявність порожнеч або газових бульбашок, якість зв'язку між наповнювачем і полімерною матрицею, а також дефекти поверхні, які порушують цілісність і неперервність армування. Розглянемо коротко кожен дефект. Наявність порожнечі в ПКМ призводить до зниження міцності при розтягуванні, стисненні через зменшення поперечного перерізу конструкції.

Повний обсяг матеріалу дорівнює сумі об'єму твердої речовини і об'єму пустот. Експериментальні дані [2] показують, що при обсязі пустот в склопластику 5 %, межа міцності при розтягуванні знижується в 1,15 разів, а

при 10 % відповідно у 1,25 разів.

Велике значення для механічних властивостей має міцність зв'язку між волокнами наповнювача і полімерною матрицею. Необхідно забезпечувати при виборі складових ПКМ і при виготовленні конструкцій наявність хімічних зв'язків між полімерною матрицею та волокном, а також механічного "обтиску" волокон. Однак, якщо не забезпечується задана вологість наповнювачів при виробництві препрегів і їх зберіганні, то міцнісні властивості пластиків значно знижуються і призводять до дефектів в експлуатації, тому порушується зв'язок між волокном і матрицею, обшивками і заповнювачем. Розглянемо вплив дефектів поверхні на міцність конструкцій. Дефекти поверхні можуть виникати при виготовленні конструкцій, а також і при їх експлуатації. Даний вид дефектів порушує цілісність і неперервність армування. До дефектів поверхні ставляться складки шарів наповнювача, місця з'єднання країв одного або декількох шарів наповнювача встик або внахлест, макроскопічні тріщини, подряпини, надрізи і т.п.

Наявність складок призводить до зменшення міцності при розтягуванні і стисненні, наявність поверхневих надривів призводить до падіння міцності при розтягуванні, розшарування обшивки, тому що перевищення межі міцності при зсуві сполучного призводить до відшарування решт розрізаних волокон, а надалі до повного руйнування конструкції. Для оцінки впливу дефектів на міцність конструкції необхідно знати, в яких умовах буде працювати матеріал конструкції. Можливо, що один і той же матеріал, що має деякі дефекти, в одних умовах буде працювати задовільно, а в інших - в ньому можуть розвиватися явні дефекти.

Тріщини в матриці є концентраторами напруг і впливають на міцнісні характеристики, вони розвиваються швидше, ніж розшарування, можуть мати розгалуження і призводять до різкого руйнування матриці між шарами армуючого матеріалу.

Таким чином, основними причинами руйнувань (повних або часткових) ПКМ є [3]: розкид фізико-механічних і геометричних параметрів матриці і

армуючого матеріалу;

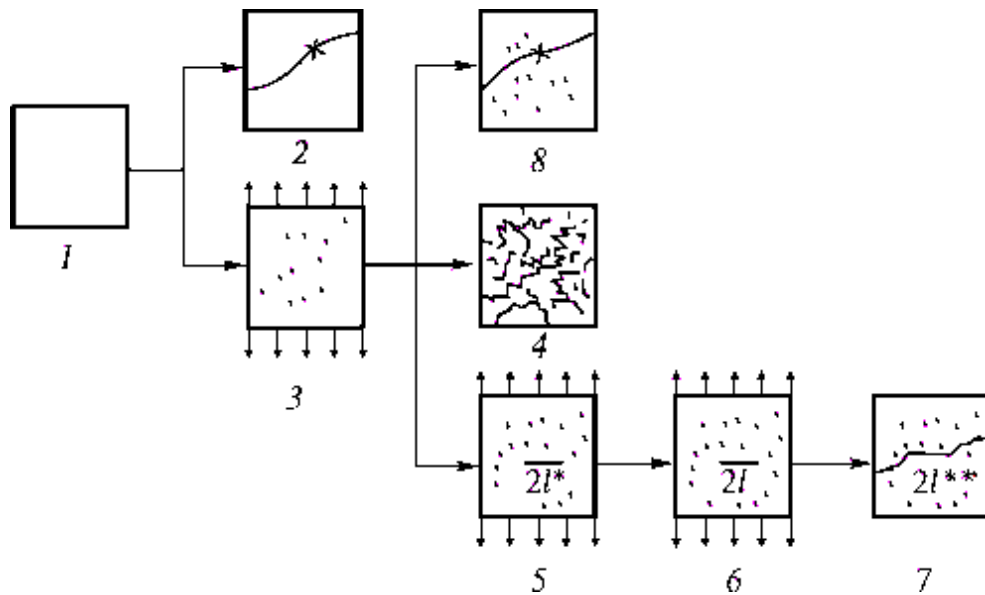
- недостатньо хороші адгезійні та когезійні характеристики матриці і армувального матеріалу, клейових матеріалів;
- залишкові напруження в матриці;
- внутрішні технологічні мікродефекти волокна, матриці на кордоні розділу "Волокно – матриця" Пори, тріщини, розшарування, раковини, складки);
- поверхневі дефекти (ризики, подряпини, складки, тріщини, нахльосту препрега та ін).

Виходячи з цього дефекти можна розділити на два класи: дефекти, що не розвиваються при роботі конструкції з ПКМ, і дефекти, що розвиваються процесі експлуатації і викликають погіршення експлуатаційних характеристик, а іноді призводять до катастрофічних наслідків.

Для проведення аналізу дефектів, що зустрічаються в конструкціях з полімерних композитів, зручно представити їх у вигляді блок-схеми, розділивши на різні групи за відносними розмірам та іншим параметрам(рис. 1.4). При цьому підході дефекти поділені на два великі класи: виробничі дефекти, які з'являються в конструкціях або в процесі їх виготовлення, або в процесі виготовлення складових компонентів, і експлуатаційні пошкодження, що виникають в конструкції в процесі її експлуатації. Крім цього виробничі дефекти можуть бути розділені на три групи: мікродефекти, мінідефекти та макродефекти.

Найбільш часто зустрічаються дефекти конструкцій із ПКМ показано в таблиці 1 Додатку.

В даний час у практиці використовуються методи неруйнівного контролю КМ. Для виявлення дефектів знайшли застосування практично всі методи та способи, традиційно застосовувані в умовах виробництва, випробування та експлуатації деталей та агрегатів. Це оптичні, електричні, акустичні, радіаційні, магнітні, теплові, голографічні, мікрорадіохвильові та інші методи контролю [5].



1 - початковий стан; 2 - крихке руйнування; 3 - накопичення мікропошкоджень; 4 - руйнування внаслідок втрати цілісності; 5 - утворення макроскопічної тріщини; 6 - зростання макроскопічної тріщини; 7 - фінальне руйнування в результаті зростання макроскопічної тріщини; 8 - крихке руйнування як результат накопичення мікроушкоджень

* Характерний розмір тріщини. **Критичний розмір тріщини.

Рисунок 1.4 - Схема етапів руйнування композитів

Методи, що застосовуються, неруйнівного контролю КМ можна розділити на кілька груп:

- методи дефектоскопії та товщинометрії, що дозволяють виявити внутрішні макродефекти: розшарування, тріщини, раковини, сторонні вclusions, фарбування по кромках отворів та гнізд, а також відрив поверхневих шарів при механічній обробці деталей з композиційних матеріалів. До цих методів відносяться ехоімпульсний, тіньовий, імпедансний, велосиметричний, вимушених коливань, вільних коливань, ревербераційний та ін.

- методи дефектоскопії, що дозволяють виявити поверхневі макродефекти деталей з КМ: підім'яття, подряпини, вирікання по кромках отвору та гнізд, сколи, а також внутрішні дефекти, що виходять на поверхню деталі. Поверхневі дефекти деталей з КМ є візуально-оптичним методом, а в деяких випадках люмінесцентним методом дефектоскопії. Нерівності

поверхні та глибина поверхневих пошкоджень можуть бути оцінені за допомогою профілактометрів та профілактографів;

- методи, що дозволяють візуалізувати внутрішню структуру матеріалу в досліджуваній зоні та виявити складки, свилі, відхилення кута армування, викривлення волокон у площині шарів та інші порушення макроструктури. Виявлення внутрішніх мікродфектів структури КМ можливе методом акустичної мікроскопії;

- методи діагностики, що дозволяють визначати фізико-механічні характеристики КМ та прогнозувати ресурс роботи деталі чи конструкції [6].

Таким чином, представлені основні методи неруйнівного контролю, що дозволяють отримати інформацію про наявність або відсутність у відповідальних деталях та вузлах, експлуатованих об'єктів, дефектів, таких як тріщини, задираки, локальні вм'ятини, обірвані нитки, складки та смуги, а також дефекти внутрішньої структури.

1.4. Види дефектів деталей з композиційних матеріалів

Дефекти та пошкодження виробів з ПКМ можуть бути як у стінці деталі, так і в зоні з'єднання деталей або в самому сполучному шві (таблиця 1.1).

Таблиця 1.1

Дефекти та пошкодження у виробах з КМ

За місцем розміщення				
В стінці деталі		ні з'єднання деталей		У з'єднувальному шві
Внутрішні	Зовнішні			
За характером				
Відхилення від заданих розмірів		Порушення цілісності	Інородні включення	Відхилення у складі та структурі матеріалу
Вм'ятини	Зміна форми ита розмірів			
За причиною появи				
Довільні			Експлуатаційні	

За місцем розташування їх можна розділити на внутрішні та

поверхневі. Вони можуть бути виробничими або експлуатаційними та виявляються:

- проведенням операцій контролю якості після формування деталі та складання виробу;
- у процесі профілактичного огляду чи перевірки технічного стану вузлів;
- після аварійної ситуації з виробом (зіткнення, удари тощо).

У загальному випадку всі види дефектів залежно від їх характеру можуть бути зведені до 4 груп:

- відхилення від заданих розмірів,
- порушення цілісності,
- сторонні включення,
- відхилення від заданого складу чи структури.

Відхилення від заданих розмірів (розмірні дефекти) можуть стосуватися всього виробу або його елементів. До розмірного дефекту може бути віднесена вм'ятина, що легко утворюється у всіх полімерних матеріалів (рис. 1.5). Вм'ятина може утворитися в зоні головки кріпильного елемента, супроводжуючись випиранням навколо цієї головки [9]. Поява розмірного дефекту може супроводжуватися суттєвою зміною форми виробу (рис. 1.6).

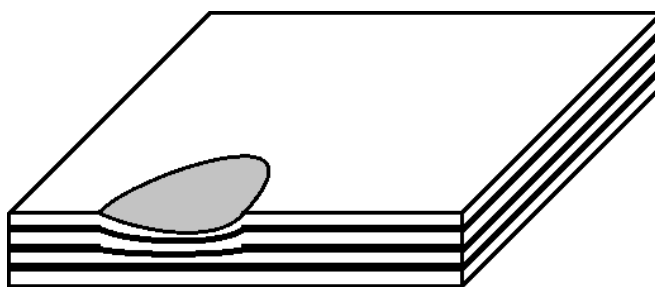
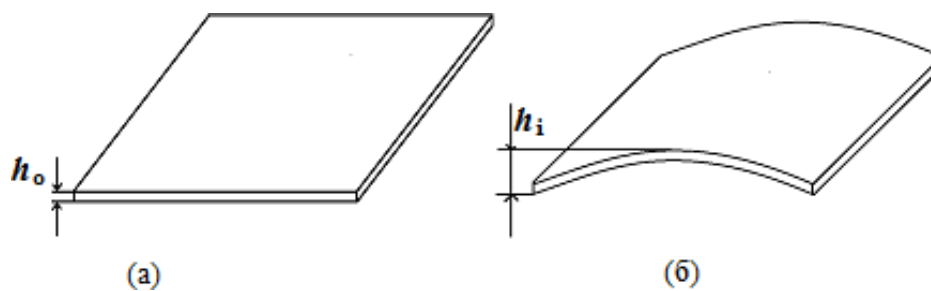


Рисунок 1.5 - Дефект у вигляді вм'ятини



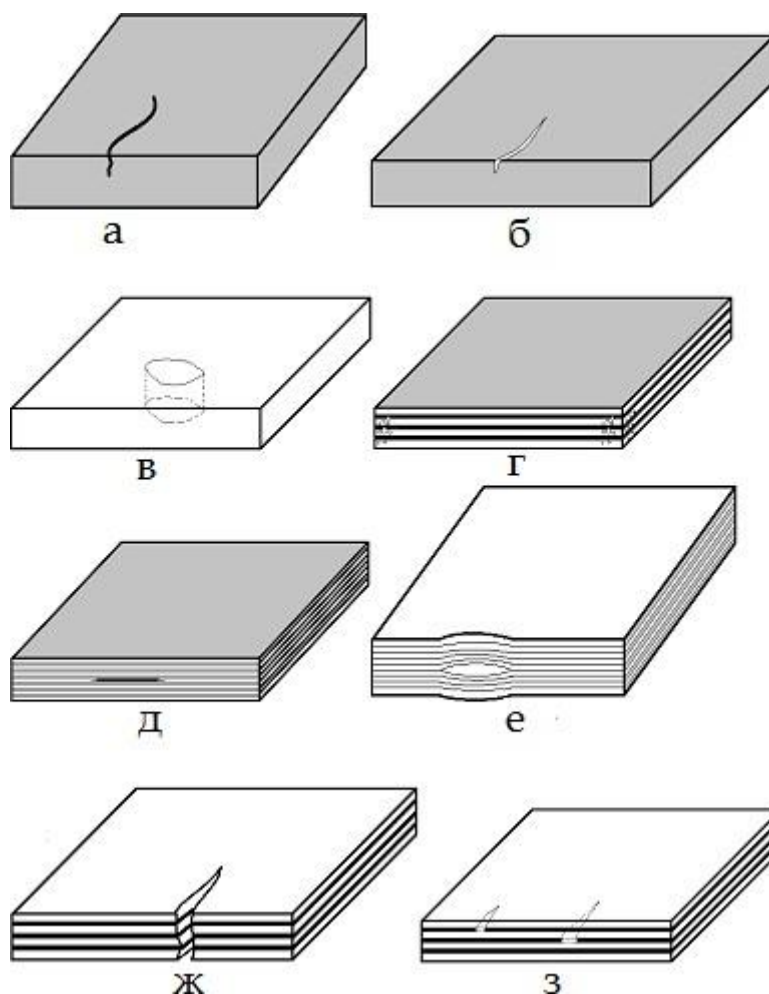
a – необхідна форма; *b* – форма, яка утворилася.

Рисунок 1.6 - Розмірний дефект, який виражається в збільшенні висоти від h_0 до h_i деталі у результаті викривлення

До порушень цілісності в стінці деталі з КМ можна віднести такі внутрішні дефекти як розшарування, тріщини, пори, «непроклеї», раковини в прошарках матриці або клейовому шарі, а також зовнішні дефекти типу сколи, викрашування, відшарування [9].

До серйозних порушень цілісності КМ можна віднести розриви матеріалу або його структурних елементів (волокон та матриці) та пробоїни. Менш серйозними дефектами можна вважати подряпини, але, враховуючи велику чутливість ПКМ до концентраторів напруг, їх усунення також слід приділяти належну увагу. Деякі із зазначених дефектів наведено на рисунку 1.7.

Виявлені після формування деталі або після складання виробу (наприклад, із застосуванням гарячого склеювання) розмірні дефекти усуваються в процесі налагодження технології формування деталі шляхом створення симетричної схеми укладання наповнювача шляхом вибору способу нагрівання місця з'єднання деталей і т.д. Їх можна запобігти суворішим врахуванням експлуатаційних факторів при проектуванні матеріалу деталі, створенням враховують властивості матеріалу умов зберігання деталей (наприклад, труб перед монтажем трубопроводу, обшивок перед складанням панелі тощо).



а – поверхнева тріщина; б – подряпина; в – пробоїна; г – пори;
 д – розшарування без розкриття тріщини; е – розшарування з розкриттям
 тріщини; ж – розрив матеріалу; з - розрив наповнювача.

Рисунок 1.73 - Несуцільність у стінці деталі

Пори виникають у матриці у процесі виготовлення ПКМ. Їх зміст визначається поверхневим натягом та в'язкістю сполучного, а також текстильною формою армуючого матеріалу та умовами його просочення [8]. У реальних умовах експлуатації виробів з ПКМ можливе поєднання дефектів: пробоїну та розшарування, розрив та розшарування, вм'ятину та розрив тощо.

До сторонніх включень відносяться деталі тіла, що знаходяться в стінці, іншого в порівнянні з ПКМ складу. Їхня поява може бути пов'язана з порушенням технологічної дисципліни та з впливом експлуатаційних факторів, наприклад, чужорідних тіл на поверхні деталі. Як частково стороннє включення, що порушує однорідність структури ПКМ, можна розглядати

складки наповнювача та порушення його орієнтації порівняно із заданою схемою (рисунок 1.8).

Відхилення від заданого складу чи структури ПКМ за збереження монолітності стінки деталі може бути пов'язані з порушеннями рецептури матеріалу, з впливом чинників старіння (випромінювання, нагрівання, підвищена вологість та інших.). Вони, як правило, не є предметом розгляду проблеми ремонту.

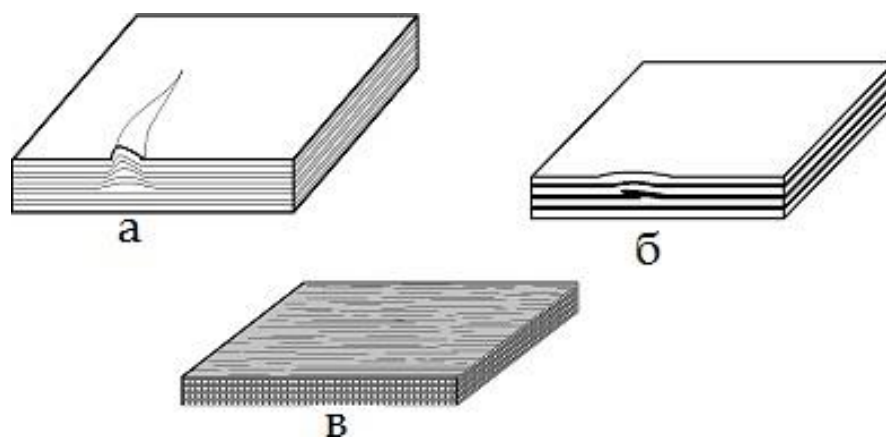


Рисунок 1.8 - Дефекти у вигляді зовнішньої (а) та внутрішньої (б) складок наповнювача та порушення орієнтації наповнювача (в)

Стосовно виробів із термопластичних композиційних матеріалів (ТКМ) у роботі [35] виділено два типи пошкоджень: пошкодження матриці та пошкодження волокон. До перших відносяться розшарування на межі матриця-волокно, тріщини в матриці, розшарування в матриці та ін. До пошкоджень волокон віднесені як порушення укладання волокон, так і пробоїни в матеріалі.

У гібридних тришарових конструкціях, що складаються з композитної обшивки та стільникового заповнювача, дефектом може бути порушення цілісності заповнювача на основі алюмінієвої фольги внаслідок його корозії [12]. Вигляд дефекту впливає оцінку працездатності виробу та вибір способу ремонту.

Висновки до розділу 1

Композиційні матеріали – це матеріали, отримані зі з'єднання двох або більше компонентів у загальній системі, в якій кожен компонент окремо зберігає свої властивості.

Поєднання різнорідних речовин приводить до створення нового матеріалу, властивості якого відрізняються від властивостей кожної з його складових. Використання композитів в авіації дозволяє зменшити масу конструкції та підвищити корозійну стійкість при збереженні або поліпшенні її механічних характеристик, що має велике значення у ракетобудуванні. Відомі багатокомпонентні композиційні матеріали – поліматричні (в одному матеріалі поєднують декілька матриць) та гібридних (включають різні наповнювачі).

Визначено, що основними причинами руйнувань (повних або часткових) ПКМ є: розкид фізико-механічних і геометричних параметрів матриці і армуючого матеріалу; недостатньо хороші адгезійні та когезійні характеристики матриці і армувального матеріалу, клейових матеріалів; залишкові напруження в матриці; внутрішні технологічні мікрodefекти волокна, матриці на кордоні розділу "волокно – матриця" пори, тріщини, розшарування, раковини, складки); поверхневі дефекти (ризики, подряпини, складки, тріщини та ін.

Усі види дефектів композиційних матеріалів залежно від їх характеру можуть бути зведені до 4 груп: відхилення від заданих розмірів, порушення цілісності, сторонні включення, відхилення від заданого складу чи структури.

РОЗДІЛ 2

ПРОБЛЕМИ РЕМОНТУ ДЕТАЛЕЙ ТА ВИРОБІВ З ПОЛІМЕРНИХ КОМПОЗИЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ

2.1 Загальні підходи до ремонту полімерних композиційних матеріалів

Акцентувати увагу у світі на ремонті виробів із композиційних матеріалів (КМ) почали лише останніми роками. Причин тому може бути декілька:

- все більше застосування замість традиційних склопластиків більш дорогих вугле- та органопластиків, від виробів від яких вимагається по можливості більш тривалий термін експлуатації;

- збільшення обсягу випуску виробів з КМ, які змінюють екологічну обстановку і відповідно ставлять складні завдання з утилізації конструкцій, що вийшли з ладу;

- поява нових КМ на основі термопластичних матриць, здатність багаторазово розм'якшуватися яких вимагала оцінки можливості ремонту із застосуванням зварювання, широко поширеним у ремонті металевих конструкцій;

- відсутність даних відповіді питання, що у практиці ремонту нових для низки виробництв матеріалів.

Технічна наука про ремонт виробів з ПКМ в останні роки просунулася вперед, але все ще можна вважати, що вона знаходиться на стадії розвитку, тому класифікацій і стандартів у цій галузі технології поки що немає. Дослідження стосуються переважно окремих її питань. У державі М'янма проблеми ремонту виробів із ПКМ у дослідженнях, у тому числі стосовно авіаційної галузі практично не порушені. Тому при розробці технічних рішень з ремонту виробів з ПКМ аналіз наявного світового досвіду дозволить, як видається, цілеспрямованіше підійти до постановки та вирішення завдань роботи.

Ремонт незалежно від типу матеріалу виробу має в загальному випадку наступні можливі цілі:

- усунення дефекту або пошкодження та відновлення вихідних характеристик виробу;
- компенсація ослаблення, спричиненого наявністю дефекту, що зберігається у виробі;
- гальмування подальшої руйнації виробу.

Технічні проблеми ремонту виробів з будь-яких матеріалів багатопланові:

- визначення допустимості ремонту виробу;
- вибір методу ремонту;
- вибір ремонтних матеріалів;
- оптимізація конструкції ділянки, що ремонтується;
- прогнозування працездатності ремонту виробу.

Рівень вирішення цих проблем багато в чому визначається видом дефекту чи пошкодження, умовами проведення ремонту, ступенем розвитку технології з'єднання КМ та тим, наскільки спільно працюють конструктор, матеріалознавець та технолог.

Відповідь на питання ремонтувати пошкоджену деталь чи його замінювати, багато в чому залежить від економічних аспектів. Резерв зниження трудомісткості ремонту – механізація окремих його операцій. Коли механізація недоступна, ручний ремонт може бути дорожчим за заміну пошкодженої деталі на нову деталь.

Визначення допустимості ремонту виробу цілком відноситься до компетенції конструктора: він вирішує, чи допустимо з точки зору відновлення або підтримки на заданому рівні працездатності виробу усунення пошкодження або дефекту цього виду та розміру та розташованого в цьому місці виробу. У російській техніці документ, що регламентує допустимість ремонту, називається ремонтною картою виробу. Виробити якісь загальні рекомендації щодо цього питання дуже складно: все залежить від конкретної

ситуації. Лише практика експлуатації відремонтованого виробу може бути остаточною критерієм оцінки правильності вибору якогось рішення.

Позитивна роль спільної з конструктором роботи технолога та матеріалознавця може зводитися до передбачення впливу складу матеріалу та технологічних параметрів формування деталі на дефектність та пов'язану з нею поведінку КМ при механічному навантаженні, а також технологічних параметрів процесу ремонту, наприклад, кратності нагріву на зміну характеристик КМ.

Усунення дефектів проводять у разі, коли їх наявність призводить до зниження працездатності виробу нижче за допустимий рівень. Отримані в університеті м. Касселя (ФРН) відносно нові дані про вплив пористості в шаруватих волокнистих КМ на їхню поведінку при різних видах навантаження показали, що збільшення їх пористості більшою мірою може позначитися на працездатності КМ при зрушенні, ніж на працездатності стінки виробу розтягнення [36]. Падіння на 50% міцності при міжшаровому зсуві вуглепластика зі збільшенням вмісту пор від 0 до 6 об'ємн. % встановлено у роботі [37].

Питання впливу кратності нагріву на властивості ремонтного матеріалу виникає в оцінці можливості багаторазового проведення ремонту однієї й тієї ж ділянки виробу. Щодо ремонту ПКМ цілеспрямованих досліджень із цього питання проведено мало. Спираючись на дані роботи [38], можна констатувати, що шаруваті склопластики та органопластики на основі фенольної смоли після восьми циклів затвердіння (температура 140° С, витримка до 1 год) загалом зберегли свої механічні властивості.

Для оцінки обраних методів ремонту КМ досі продовжують розробляти методики дослідження їхньої ефективності, насамперед у країнах, де починають освоювати передові технології. Про таку методику повідомляється у роботі [13]. Сутність методики полягає у виконанні експериментів, згідно з якими до поверхні матеріалу конструкції приклеюються тонкі шари матеріалу накладки, а потім вони піддаються впливу різних експлуатаційних

факторів. Через певний час витримки проводили випробування з'єднання зсув при крученні. Якщо руйнування відбувалося при навантаженні, нижче заданої, це вказувало, що клейове з'єднання або сама накладка деградували і повинні бути замінені. Однак, щоб скористатися такою методикою для підйому технологічної готовності до рівня, придатного для застосування в авіації, потрібно вдосконалити базу даних та збільшити обсяг експериментальної перевірки.

Розробка способу ремонту означає визначення геометричних параметрів ділянки, що ремонтується, вибір ремонтних матеріалів і методу поєднання (з'єднання) ремонтного матеріалу і деталі, що ремонтується з урахуванням виду дефекту, матеріалу деталі або матеріалів, що входять у з'єднання, і заданих умов проведення ремонтних робіт.

Коли з'явилася необхідність вибору способів ремонту деталей з КМ, природним було звернутися до досвіду, накопиченого при ремонті металевих конструкцій за допомогою полімерних ремонтних матеріалів, і досвіду ремонту деталей з ПМ.

Однією з основних вимог до вибору способу ремонту деталей практично з будь-якого конструкційного матеріалу є можливість відновлення цілісності та працездатності конструкції при мінімальних часових, матеріальних та трудових витратах. З огляду на це можна сформулювати окремі критерії, на які орієнтуються, вибираючи конкретний спосіб ремонту:

- можливість відновлення вихідних механічних та інших експлуатаційних властивостей матеріалу;
- технологічна простота та доступність способу ремонту в заданих умовах;
- можливість виконання ремонту персоналом, який не володіє спеціальною професійною підготовкою;

На вибір способу ремонту, що задовольняє першому критерію, вирішальний вплив надає структура і склад КМ, а також тип дефекту, його розмір і навантаження, що діє в зоні дефекту, тобто, наскільки відповідальною

є ділянка, що ремонтується.

Другий та третій критерії з'явилися через необхідність виконання ремонту не лише в умовах підприємства, а й у польових умовах.

Неможливо запропонувати універсальний спосіб ремонту. Велику універсальність демонструють ремонтні матеріали.

2.2 Ремонтні матеріали

Загальні вимоги до ремонтних ПМ (переважно на основі епоксидних та рідше поліефірних смол) та до умов "полімерного" ремонту були сформульовані ще в рамках напряму "Технологія склеювання, лиття смол та ламінування" [5]. Там були відібрані найбільш ефективні технології, отримані відомості про працездатність відновлених виробів.

Ремонтними ПМ, що вибираються в залежності від виду дефекту, служили:

- заливальні та просочувальні компаунди (усунення мікро- та макропор, ризок) [2];
- мастики (усунення усадкових раковин, тріщин, порожнин, здуття) [3];
- клеї (усунення пробоїн, сколів, приєднання накладок на зношені частини) [11], а потім на початку 80-х років:
 - напилювані порошки на основі епоксидних смол або поліаміду (відновлення поверхонь підшипників ковзання, що труться) [4, 9];
 - прегреги [3,4,6].

Для ремонту ПКМ використовують переважно ПМ, зокрема ПКМ. Принципово нового у технології ремонту з використанням ремонтних ПМ у порівнянні з 80-ми роками нічого не з'явилося. Найчастіше стали фігурувати вуглепластики і не лише при ремонті деталей із КМ, матеріали, наповнені наноматеріалами. Удосконалювалися окремі характеристики ремонтних ПМ та їх технологічні властивості.

Застосування металевих накладок як ремонтні матеріали для компенсації ослаблення отвором склопластику на зорі впровадження ПКМ в

машинобудування не увінчалось успіхом. Причинами невдачі тут можуть бути не тільки відмінність у жорсткості матеріалів зразка з дефектом та накладки, на що вказують автор роботи та його послідовники, а й механічне кріплення останньої з КМ. Застосування цього варіанта стосовно вуглепластику призвело до отримання таких же низьких результатів (відносна міцність 50%). Заміна механічного кріплення накладки із склопластику на адгезійне з'єднання підвищує міцність дефектної деталі. На те, що не тільки відмінності в жорсткості матеріалів накладки і деталі, що ремонтується, але і спосіб їх з'єднання впливають на ефективність ремонту, вказують дані робіт [10]. У цих роботах для підвищення міцності листів з Al-сплаву, що містять тріщини втоми, приклеювали накладки з шаруватих композиційних матеріалів типу Al-сталь, Al-B і Mg-B і вуглепластика. Підвищення жорсткості накладки з вуглепластику за рахунок регулювання схеми армування призводить до зниження швидкості зростання тріщини в пластині, що ремонтується.

З цим висновком узгоджуються дані про те, що максимальне зниження концентрації напруг у зоні тріщини з приклеєною накладкою з ПКМ має місце, якщо волокна в останній орієнтовані вздовж напрямку навантаження дефектної деталі [10], а також дані про зв'язок міцності при зсуві клейових з'єднань ПКМ їх твердістю [31, с. 511]. Збільшення ресурсу робіт елементів, що містять тріщини втоми, домоглися при поєднанні клейового з'єднання з накладками з жорсткого боропластика [17].

При виборі матеріалу накладки, що приєднується за допомогою заклепок або болтів, необхідно враховувати всі фактори, що впливають на міцність механічного кріплення: деформаційні характеристики матриці в ПКМ, тип армуючого наповнювача, товщину накладки, діаметр отвору для елемента кріплення, параметри шва і ін. [31, с. 215]. Матеріал накладки повинен мати високу міцність не тільки при розтягуванні, але і при зминанні. Значення останньої у шаруватих ПКМ з однаковим типом наповнювача зростають при заміні поліефірної матриці на епоксидну, при виконанні затвердіння сполучного при підвищеній температурі, при використанні в ПКМ

склотканини з ізотропними властивостями вздовж основи і вздовж качка, при введенні в ПКМ накладки.

Перші ремонтні полімерні матеріали для ПКМ були запозичені в галузі ремонту металевих виробів, а подальший їх розвиток йшов паралельно з удосконаленням збирання виробів з ПКМ. Основними ремонтними матеріалами при виконанні ремонту за допомогою склеювання та приформування служать:

- клеї переважно на основі епоксидних [28] і рідше поліефірних [8] смол, на основі акрилатів, у тому числі анаеробні [21], на основі ізоціанатів та інших сполук, у тому числі клеї, що спінюються, можливо в поєднанні з грунтами;

- волокнисті армуючі наповнювачі у вигляді скляних, органічних або вуглецевих тканин, стрічок або матів;

- епоксидні, поліефірні, акрилатні та інші сполучні для просочення волокнистих наповнювачів;

- готові препреги (замість окремо взятих та поєднаних під час ремонту наповнювачів та сполучних);

- відформовані із ПКМ вставки;

- компаунди та мастики.

Складні завдання з ремонту паро-, газо- і водопроводів, що діють, здатні вирішувати за допомогою герметизуючих композицій сімейств Унігерм і Унірем, розроблених ФГУП «НДІ полімерів» [98]. Композиція Унігерм-100 швидко затверджується при дотику до гарячої пари в місцях течі на паропроводах. Отримане ущільнення працездатне при температурах 90-250С і тиску пари до 20 атм. Після ліквідації нориці, каверн, раковин та інших пошкоджень об'єктів газової промисловості композицією Унігерм-101 працездатність зазначених об'єктів забезпечується при тиску до 75 атм. Композиції Унірем-60 та Унірем 80 придатні для ремонту водопроводів з холодною та гарячою (80-90°С) водою та технологічного обладнання з дефектами типу тріщини, зношування, зрив різьблення тощо.

Споживачі ремонтних матеріалів завжди мріяли про ремонтні матеріали,

що самозаліковуються. Дослідники з інституту Fraunhofer IPA (Німеччина) створили покриття, які завдяки введенню до їх складу нанокapsул можуть самі усувати подряпини, що виникають на поверхні [9]. Заповнені рідким сполучним кульки лопаються у місці ушкодження, сполучна витікає і ліквідує подряпину.

При виконанні ремонту КМ за допомогою зварювання використовують присадні матеріали та накладки, що приварюються. При механічному закріпленні накладки на виробі, що ремонтується, потрібно вибрати кріпильні елементи. Вимоги, що пред'являються до ПМ для адгезійних методів ремонту, значною мірою можуть бути поширені на клеї та приформувальні маси, призначені для збирання виробів, і навпаки: затвердіння наскільки можна без застосування додаткового нагрівання; тривала безпека адгезійних властивостей (при нормальній температурі не менше одного року [14], при 50°C не менше шести тижнів [6]); висока швидкість затвердіння; відсутність потреби у складній підготовці поверхні деталі, що ремонтується; низька в'язкість; мала чутливість до порушень технології приготування та переробки; низька вартість; сумісність з ПКМ, що ремонтується; можливість застосування додаткової термообробки підвищення характеристик з'єднання.

Щоб задовольнити цим вимогам, не завжди необхідно створювати нові клеї, а можна скористатися вибором серед великої кількості клеїв, відомості про які є в літературі [17] та в електронних банках даних [25], у тому числі клеїв, створених для ремонту [16]. Вимоги можуть бути уточнені або змінені в залежності від виду дефекту, конструкторських параметрів зони, що ремонтується, умов проведення ремонту, і тоді, ймовірно, необхідно буде знаходити або створювати спеціальний клей (для з'єднання, наприклад, по зволоженій поверхні або під водою, при температурі, нижче кімнатної, тощо). Створенню нових ремонтних клеїв може сприяти розвиток наукового спрямування наномодифікування основи відомих клеїв [11].

Придатний для ремонту деталей з КМ полімерний ремонтний матеріал можна вибрати з великої кількості рекламних проспектів, що

розповсюджуються фірмами, що працюють на російському ринку, як російськими, так і зарубіжними. Принципи рецептур цих ремонтних матеріалів нічого нового порівняно з давно відомими не уявляють. В їх основі лежать епоксидні, поліуретанові або акрилатні сполучні, наповнені порошками або волокнистими матеріалами. НВО "Склопластик" випускає стрічку "ГАРС" на основі скловолокнистого наповнювача для ремонту трубопроводів. Також для ремонту трубопроводів випускає епоксидні компаунди сімейств «ЕТАЛ» та «СМЕЛ» ЗАТ «ЕНПЦ ЕПТАЛ». Для склеювання поверхонь термопластів і ПКМ, що важко змочуються, а також для ліквідації тріщин фірма Devcon через ЗАТ «Адгезів-Про» пропонує ефективні та зручні в роботі композиції Composite Welder і Metal Welder на основі метакрилатів, що не вимагають ретельної підготовки поверхонь і показують високі швидко.

Швидкісного з'єднання досягають введенням до складу клею прискорювача затвердіння [8] або за допомогою реактивних клеїв, у яких компонент з затверджувачем наноситься на одну з поверхонь (наприклад, на поверхню деталі), а компонент з прискорювачем затвердіння - на іншу (наприклад, на поверхню накладки) [28].

Тривалості безпеки готового до вживання клею сприяють: мікрокапсулювання затверджувача, що знаходиться в його складі; зберігання клею перед переробкою у спеціальних тубах; використання для затвердіння клею фотоініціатора або речовини, що реагує зі смолою за підвищеної температури [21].

Клей під маркою НХ 1567, що реагує при температурі $> 32^{\circ}\text{C}$ і не надає дратівливої дії на шкіру, створила фірма Нехсел (США) [24]. За нормальної температури клей зберігається один рік. Фірма Bostic розробила двопакувальний клей марки 7575 В/А, який через півгодини затвердіння за нормальної температури має відмінні механічні властивості. Двохпакувальний акрилатний клей тієї ж фірми через п'ять хвилин затвердіння досягає 50%-ного рівня своїх фізичних властивостей і має хорошу адгезію до таких хімічно

інертних термопластів як поліамідоїмід і поліфеніленсульфід [26]. Для затвердіння епоксидних клеїв за знижених температур застосовують комплекси ВФз, прискорювачі типу трифенілфосфіту та ін [27]. Спрощують технологію ремонту клеї, які здатні зчіплюватись із замасленою [22] або зволоженою поверхнями [23]. Для склеювання у вологому середовищі в Російській практиці використовують затверджувач епоксидної смоли типу УП-5-177, продукт взаємодії фенолу, формальдегіду та етиламіну марки АФ-2. З різних клеїв в технології ремонту частіше за інших застосовують пастоподібні епоксидні клеї марок ВК 9, ВК 27, К 153, клей ВКВ 9, що спінюється, плівковий клей ВК 41, створені перш за все для процесів складання.

Кращими матеріалами, що клеять, слід визнати препреги. Ідея варіанта технології А + Б, що характеризується тривалою безпекою («життєздатністю») реалізована при розробці препрега на основі склотканини та акрилату [55]. Препрег зберігається у плівковій герметичній упаковці. Перед накладенням на ділянку деталі, що ремонтується, поверхня препрега активується каталізатором. Після накочення препрега і зняття плівки каталізатор наноситься на його зовнішню поверхню. Затвердіння закінчується протягом 15 хвилин. Достоїнствами акрилатних клеїв є менш суворі вимоги до чистоти поверхні та менша чутливість до співвідношення полімер/затверджувач. Створений для ремонту препрег на основі фенольної смоли при -18С зберігається один рік [18].

Природа армуючих наповнювачів у приформувальній масі, а також склад і структура ПКМ відформованої вставки або накладки повинні бути однаковими або сумісними з ПКМ, що ремонтується.

Отриманню позитивних результатів з ремонту із застосуванням адгезійних з'єднань може сприяти і правильний вибір допоміжних або технологічних матеріалів. Це підтверджують деякі публікації про розробки нових розчинників [12]. Компанія Dr. O.K. Wack Chemie і фірма Zestron VD (Німеччина) спільно розробили очищувальний засіб, який завдяки своїй

здатності проникати в тонкі зазори і щілини дозволяє проводити очищення деталей, що мають глибокі отвори, різьблення або капіляри, що нерідко зустрічається при вирішенні ремонтних завдань на виробках з ПКМ поверхнями. Засіб швидко сохне, не залишаючи на поверхні осаду. Так як за допомогою цього очищувального засобу досягаються помітно вищі значення поверхневого натягу, воно особливо може бути рекомендоване до використання в тонких процесах очищення, де зустрічаються деталі зі складною геометрією і пред'являються високі вимоги по чистоті поверхні.

Правильний вибір ремонтного матеріалу ще вирішує всіх проблем відновлення працездатності виробу. Важливу роль відіграє вибір геометричних параметрів та структури ремонтної зони.

2.3 Технологія ремонту

З методів з'єднання при виконанні ремонту найчастіше застосовують механічне кріплення, клейові з'єднання та формовані з'єднання.

Найбільш простий спосіб виконання механічного кріплення накладки з ремонтного матеріалу до дефектної деталі включає: доробку пробоїни з метою усунення концентраторів напруг, обумовлених геометричними нерегулярностями в цій області, утворення отворів для кріпильних елементів і установку останніх. При цьому виникають такі проблеми:

- виключення подальшого пошкодження ПКМ при отриманні отворів та доопрацюванні дефекту;
- підганяння накладки та деталі, що ремонтується;
- Вибір враховує специфіку ПКМ кріпильного елемента;
- забезпечення установки кріпильного елемента по можливості при односторонньому доступі до зони, що ремонтується.

Всі ці проблеми легко вирішувати в умовах ремонтного підприємства і спираючись на досвід механічного кріплення при складанні виробів з ПКМ [31, с. 119-323].

Склеювання та приформовування при ремонті пробоїн у деталях з ПКМ

на основі реактопластів знайшли ширше застосування, ніж механічне кріплення. Ремонт із застосуванням цих способів поряд з традиційними для клейової збірки виробів із ПКМ проблемами [17] ставить нові: зниження впливу факторів навколишнього середовища на збереження клеїв та препрегів та на формування клейового з'єднання; реалізація параметрів технологічного процесу за умов з обмеженими можливостями технічного оснащення; виконання з'єднання недостатньо професійно підготовленими фахівцями.

Хоча і створені клеї, здатні з'єднувати зволожені поверхні, волога на поверхні, що з'єднуються, не повинна потрапляти або повинна бути з них видалена. Для цього в польових умовах створюються укриття над агрегатом, що ремонтується. Виділення води із зволоженого ПКМ під час склеювання призводить до пористості на межі клейового шару/ПКМ [18]. Є також дані про каталітичну дію води на процес затвердіння епоксидного клею, наслідком чого є хрущення і зниження міцності клейового шару [29]. Найбільш часто в ремонтних роботах поверхню ПКМ, що склеюється, з віддаленим покриттям готують шляхом ручного шліфування наждачним полотном з подальшим очищенням розчинником. Дуже трудомісткою операцією є припасування конічної вставки або кульового сегмента до обробленої поверхні дефектної ділянки. Велику увагу механізації цієї операції приділяють як ремонтні підприємства, і авіаційні фірми. Пристосування для скошування краю деталі навколо отвору розробили фірма Boeing [8]. Тонкі накладки можуть бути виготовлені різанням листового ПКМ. Підготовку поверхонь, що з'єднуються, вставок і накладок з ПКМ на основі реактопластів до склеювання спрощує їх формування разом видаленим (так званим у російській літературі «жертвовим») безпосередньо перед нанесенням клею шаром тканини [7].

Розвиток плазмової обробки в технології виробів з ПМ [13] призвело до появи розробок, які становлять інтерес для виконання ремонту з використанням адгезійних сполук. Швейцарська фірма Vobst та німецька фірма Plasmatrete створили технологію обробки плазмою атмосферного тиску під назвою Openair [14]. Привабливість обробки методом Openair бачиться в

тому, що можна використовувати стандартні клеї замість спеціальних клеїв і зниження їх витрати. Результатом дослідження, проведеного в Інституті дослідження плазми та технології ім. Лейбніца (INP) (Німеччина) стало створення пристрою як ручки для струминної обробки поверхні при нормальному тиску [15].

Довжина струменя плазми варіюється від кількох мм. Разом з плазмою можна створювати УФ-випромінювання та подавати хімічно активні речовини, що відкриває, на наш погляд, нові можливості не лише в обробці поверхонь, а й у регулюванні процесу затвердіння клеїв. За допомогою цього пристрою можна обробляти малорозмірні 2D- та 3D-поверхні, а також щілини та капіляри, очищаючи їх та підвищуючи адгезію клеїв. Як показано в дослідженнях зазначеного інституту, мікророзмірні волокна з нанесеними за допомогою плазми покриттями дозволяють створити КМ з високими міцністю та термостійкістю, що може бути привабливим для армування цими волокнами ремонтних матеріалів. Важче реалізовані в умовах експлуатації виробів сучасні технології підготовки поверхонь деталей, що ремонтуються з ТКМ [27] робить актуальною застосування для усунення дефектів в них альтернативного склеювання способу утворення адгезійного з'єднання, яким є зварювання в розплаві.

Важче реалізовані в умовах експлуатації виробів сучасні технології підготовки поверхонь деталей, що ремонтуються з ТКМ [27] робить актуальною застосування для усунення дефектів в них альтернативного склеювання способу утворення адгезійного з'єднання, яким є зварювання в розплаві.

Проблемою при використанні склеювання при виконанні ремонтних робіт є велика тривалість затвердіння переважно реактивних клеїв, що використовуються в цих роботах [16]. Досягти скорочення тривалості затвердіння епоксидних клеїв можна введенням у нього прискорювача затвердіння [17] або підвищення температури затвердіння [31]. Однак у першому випадку знижується безпека клеї. Ускладнюється проблема

узгодження тривалості тів відкритої витримки та тривалості тос утворення клейового з'єднання [17]. Співвідношення тов/тос дорівнює приблизно трьом. Оскільки початкова міцність клейових з'єднань реактивними клеями невелика, для фіксування накладки на поверхні, що ремонтується, потрібно застосовувати механічне кріплення, яке характеризується рядом недоліків, особливо в разі ремонту елементів конструкції з волокнистих ПКМ [16].

У другому випадку (при гарячому затвердінні) необхідно забезпечити можливість швидкого підведення теплоти до клейового шару. Створена для ремонтних робіт фірмою 3M Company (Minnesota, США) однопакувальна клеюча система марки PR-377 при 27 С зберігається один рік, а при 149 С може бути затверділа за п'ять хвилин [22].

Нанесення клею на підкладку, що нагрівається пропусканням струму, дає можливість виключити з циклу формування клейового шару час, необхідний для нагрівання клею до заданої температури. Однак такою клейкою препрегою зручно користуватися для ліквідації протяжного дефекту, для якого потрібна накладка прямокутної форми. Прискорити, принаймні, монтаж готової накладки з ПКМ на поверхні, що ремонтується, дозволяє застосування ультразвуку [23]. Для захисту поверхні накладки від застосування УЗ - інструменту можна використовувати полімерну плівку. Однак УЗ – енергію не можна підвести через вакуумний мішок, а через малу площу робочої поверхні УЗ – інструмента цей метод непридатний для ремонту за допомогою накладок по великих поверхнях [14].

Значно скорочує тривалість склеювання індукційне нагрівання клею, нанесеного на тонку сталеву сітку [16, 84]. Електромагнітне поле може проникати через вакуумний мішок для прямого нагрівання накладки з вуглепластика [25]. У роботі [16] представлена розроблена в Технічному університеті м. Брауншвейг (Німеччина) технологія швидкісного затвердіння клею шляхом його прямого нагріву в електромагнітному полі завдяки наповненню наноферитом, яка, на думку авторів, має високий потенціал щодо скорочення його тривалості.

Новий напрямок у швидкісному затвердінні клеїв, що цікавить і для ремонтних технологій, створено завдяки дослідженням фірми Wellmann Technologies GmbH (Німеччина), [10]. Для вирішення проблеми швидкісного затвердіння там використаний принцип гібридизації (поєднання) клеїв, що затверджуються під впливом УФ-випромінювання: акрилатів та метакрилатів, що поєднуються з силіконами, поліуретанами, епоксидами та каучуками, та епоксидів, що поєднуються з силіконами, акрилатами та каучуком. Для ефективної реалізації УФ-затвердіння клеїв створені високопотужні компактні та невеликі маси випромінювачі, наприклад, при площі опромінення 765x20 мм², що створюють інтенсивність 4 Вт/см².

2.4 Аналіз властивостей полімерних матеріалів, які впливають на їх поведінку при ремонті та на можливість відновлювати несучу здатність виробу

Під ремонтпридатністю розуміємо здатність матеріалу, а разом з ним та виробу відновлювати свою несучу здатність у певних заданих умовах.

На стадії складання проекту ремонту, при виконанні ремонту та експлуатації відремонтованого об'єкта постає ціла низка питань матеріалознавчого плану. Вирішення цих питань залежить від типу ПМ, виду дефекту або пошкодження, обраного методу ремонту, умов проведення ремонту, вимог щодо відновлення вихідних характеристик виробу¹). Значимість знання матеріалознавчих проблем ремонту деталей з ПМ може зростати за відновлення несучої здатності відповідальних вузлів, зокрема літальних апаратів. Загалом над виконанням якісного ремонту деталей з ПМ працюють не лише матеріалознавець, а й технолог, утворений у питаннях з'єднань та конструктор виробу.

Для усунення дефектів та пошкоджень деталей з ПМ переважно використовують адгезійні сполуки, до яких відносяться клейові, зварні та формовані сполуки [1, с. 16]. Вони можуть поєднуватись з механічним кріпленням, покликаним послабити деякі недоліки адгезійних сполук [1, с.

119].

На виконання ремонту надходять деталі з ПМ, що отримали під час формування та складання виробу оптимальні структури та властивості. Ці структура і властивості знаходяться в деталях, допустимих до ремонту, на такому рівні, що їх потрібно зберегти. Склад та структуру конструкційних ПМ і насамперед полімерних композиційних матеріалів (ПКМ) через їх гетерогенність та гетерофазність [2] часто потрібно враховувати більшою мірою, ніж при ремонті деталей та виробів з інших матеріалів.

Що стосується ремонту із застосуванням адгезійних з'єднань необхідно, по-перше, враховувати багатокomпонентність ПМ. Склад та властивості компонентів ПМ відбиваються на виникненні дефектів у деталях з них та у з'єднаннях цих деталей. Компоненти ПМ по-різному впливають на підготовку ділянки, що ремонтується, по-різному поведуться як у процесі ремонту, так і при експлуатації відремонтованої ділянки деталі.

Візуальне вивчення зовнішніх ознак деталі, що ремонтується, не завжди дозволяє оцінити присутність інших, крім матриці і, можливо, наповнювача в її матеріалі. Особливо це важко зробити по відношенню до однофазних ПМ, коли модифікатори полімеру розчинені в ньому, але, проте, індивідуальність кожного проявляється, з чим необхідно зважати при деяких видах обробки та застосування ПМ. Модифікатори покращують технологічні властивості напівфабрикатів ПМ та надають ПМ нових експлуатаційних властивостей, але негативно можуть позначитися на їх ремонтній здатності. Знання складу ПМ полегшує аналіз здатності поверхні деталі, що ремонтується, змочуватися тим чи іншим ремонтним клеєм. У загальному випадку полімери мають нижчу поверхневу енергію, ніж, наприклад, метали, тому досвід ремонту металевих деталей із застосуванням клейових з'єднань не завжди може бути перенесений на випадок ремонту деталей з ПМ.

Попередня оцінка властивостей компонентів ПМ, що знаходяться на його поверхні, може звузити пошук найбільш відповідного клею для приєднання накладки або відразу ж може вказати на необхідність

цілеспрямованої підготовки поверхні шляхом модифікування з метою підвищення її енергії. Якщо деталь була захищена полімерним покриттям, необхідно дати оцінку цьому покриттю, щоб вирішити питання про необхідність видалення або збереження покриття, але з проведенням його очищення.

При підготовці до ремонту, що зачіпає поверхню ПМ, потрібно в першу чергу знати, яка природа низькомолекулярних речовин, що виконують роль слабких прикордонних шарів, на цих поверхнях, щоб, наприклад, вибрати відповідний розчинник для очищення поверхні від цих речовин або метод перетворення їх на високомолекулярні речовини (Наприклад, обробку плазмою). Такими слабкими прикордонними шарами можуть бути: залишкові мономери (фенол на поверхні щойно відформованої, але дефектної деталі з фенопласту), низькомолекулярні продукти полімеризації (наприклад, на деталі з поліетилену [3]) або поліконденсації, стабілізатори, пластифікатори або пом'якшувачі, введена в пресматеріал внутрішнє мастило або мастило, що перейшло з поверхні технологічного оснащення, і т.п. [4]. Можливість появи в результаті перерозподілу цих прикордонних шарів, які відсутні або не відіграють важливу роль на поверхні щойно відформованих деталей, необхідно оцінити за період експлуатації пошкоджених деталей.

З присутністю у складі ПМ значної частки низькомолекулярних речовин доводиться рахуватися також за прогнозування поведінки вже відремонтованих деталей, наприклад, з використанням клейових або формованих сполук. Міграція цих речовин з ремонтowanego ПМ в клейовий шар або накладку, що приформовується, може викликати зміну їх властивостей і таким чином послабити підсилюючий ефект приєднаних до дефектної ділянки накладок.

До низькомолекулярних речовин у складі ПМ може бути віднесена і волога. Якщо ремонт деталей з термопластів здійснюється із застосуванням зварювання в розплаві, то необхідно оцінити можливість присутності в деталі вологи, що ремонтується, адсорбованої ПМ під час зберігання або експлуатації

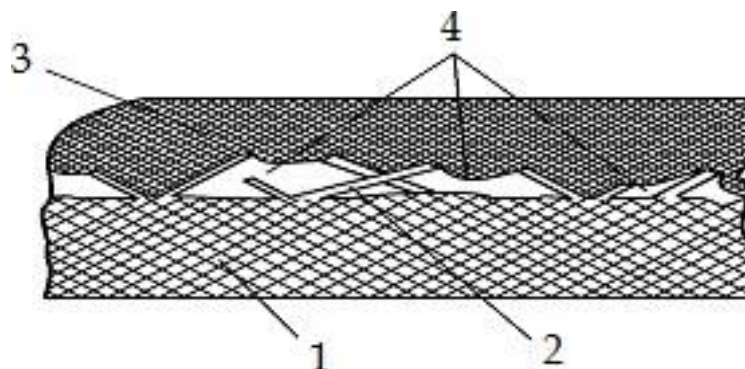
виробу. Це особливо актуально, якщо ремонту піддаються деталі, наприклад, поліамідів 6 і 66, поглинання вологи якими на повітрі при 23°C до насичення може становити 2,5-3,4 % [5], або з полікарбонату (ПК). Виявлення зволоження таких деталей може вимагати їх сушіння перед ремонтним зварюванням.

Через присутність у ПМ скловолокнистого наповнювача, прихованого на поверхні деталі «лаковим шаром», можна вважати ефективним видалення останнього одним із видів механічної обробки. В результаті цього може статися оголення скляного волокна і можуть створитися більш сприятливі умови для змочування поверхні ПМ клеєм або для досягнення щільного контакту препрега, що приформовується, бо критичне поверхневе натяг γ_c , наприклад, для волокна зі скла типу Е на багато вище ($\gamma_c = 425$ мН/м), ніж γ_c як реактопластів (наприклад, для епоксидного полімеру $\gamma_c = 30-47$ мН/м), так і термопластів. Разом з тим навряд чи корисна обробка абразивом органопластика, так як поверхнева енергія полімерного наповнювача (наприклад, для волокна типу СВМ $\gamma_c = 30-40$ мН/м), прихованого плівкою матриці, близька до поверхневої енергії останньої [1, с. 452]. Просте «розгортання» поверхні в цьому випадку, а також при обробці неполярного термопласту може навіть дати негативний результат через недосконалість заповнення клеєм ворсистого мікрорельєфу поверхні (рис. 2.1).

Присутність у ПКМ наповнювачів, здатних надавати абразивну дію на ріжучий інструмент, враховують при механічній обробці дефектної ділянки, зокрема, при свердлінні гальмують розповсюдження тріщини отворів по її кінцях або отворів для інжекції клею в місцях розшарування, при доробці кромки пробойн.

Якщо після механічної обробки проводиться очищення поверхні розчинником, необхідно врахувати, що оголений наповнювач може всмоктувати суміш розчинника і забруднення вглиб ПКМ. Знання схеми розташування наповнювача (орієнтації щодо поверхні), особливо що володіє більшою теплопровідністю, ніж полімерна матриця, дозволить оцінити

можливість підведення теплоти до дільниці, що ремонтується із застосуванням нагрівання.



1- органопластик; 2 – розпушений шар; 3 – клей; 4 – не заповнені клеєм порожнини.

Рисунок 2.1 - Схема рельєфу поверхні органопластика, обробленої шліфувальною шкіркою перед нанесенням клею

Оцінка властивостей наповнювача може суттєво вплинути на вибір технології ремонту ПМ. Якщо наповнювач, наприклад, вуглецеве волокно, має електропровідність, то ремонт деталі з вуглепластику можна виконати не типовим для ПМ методом (індукційним зварюванням [1, с. 388] або електроконтактним зварюванням [1, с. 346]). Якщо ремонт деталей з термопластичних ПМ зорієнтований на застосування зварювання, то має бути дано оцінку зварюваності в розплаві лише одного їхнього компонента - матриці. Волокнистий наповнювач, навіть полімерної природи через тугоплавкість зварити не вдається, якщо не порушувати його структуру та/або не руйнувати матрицю

З-поміж речовин у складі ПМ на здійснення його ремонтного зварювання можуть вплинути не тільки волога, але й мастила на поверхні та в поверхневому шарі ПМ, продукти старіння полімеру, забруднення із зовнішнього середовища, які, як і при використанні склеювання, повинні бути видалені.

Склад та властивості ремонтного ПМ на основі матриць гарячого затвердіння можуть бути неоднорідними по товщині деталей. Так,

поверхневий шар полімеру то, можливо глибше отвержден, тобто. може мати більш густосітчасту структуру, ніж у внутрішніх шарах ПМ. Причина такої різниці ясна - градієнт температур по товщині деталі (особливо товстостінної), що виникає при її формуванні з використанням зовнішніх джерел теплоти. Далі поверхневий шар ПКМ може бути збагачений матрицею через віджимання сполучного під час формування деталі. Сполучне характеризується порівняно з наповнювачем більшою усадкою (не тільки термічною, а й хімічною). Внаслідок цього воно може мати більш високий рівень залишкової напруги та/або бути дефектнішим, ніж внутрішні шари[6]. У зв'язку з цим його видалення може сприяти підвищенню міцності клейового з'єднання, наприклад, накладки з пошкодженою поверхнею деталі, за рахунок її складової когезійної міцності матеріалу, що з'єднується.

Через малого вмісту матриці в поверхневих шарах ТКМ порівняно з ненаповненими термопластами глибина протікання процесу витіснення дефектних шарів у зоні контакту поверхонь на стадії формування з'єднання деталей з ТКМ при зварюванні нагрітим інструментом прямим нагріванням обмежена. А саме це витіснення сприяє очищенню матеріалу зони шва під час ремонтного зварювання. Для утворення бездефектного зварного з'єднання деталі з ТКМ і приварюваної накладки може знадобитися введення між ними прокладки з ненаповненого полімеру [1с. 345]. Але всі проблеми

отримання якісного ремонтного зварного з'єднання збільшенням обсягу бере участь у освіті зварного шва ПМ не вирішуються.

Для виконання зварювання у розплаві термопластичних матеріалів необхідно прикладати тиск. При пресовому зварюванні деталі з ТКМ з накладкою з підведенням теплоти від нагрітого інструменту з боку накладки можливе порушення схеми укладання армуючих волокон як деталі, так і накладці, також виготовленої з ТКМ. Бажано, щоб зазначена вище прокладка була більш легкоплавка, ніж матриці деталі і накладки, що ремонтується, і при цьому бути однорідною або сумісною з ними. Рекомендація забезпечення сумісності матриць деталі та накладки або матриці деталі та присадного

матеріалу, наприклад, при усуненні дефекту наплавленням поширюється і на випадок ремонтного зварювання інших, а не тільки ТКМ, ПМ.

2.4.1 Механічні властивості ПМ як фактори, що впливають на ремонт

Під час підготовки до ремонту та в процесі виконання ПМ можуть піддаватися різним видам механічного навантаження. У зв'язку з цим важливо уявляти, як механічні властивості ПМ відбиваються на технології ремонту та на відновленні несучої здатності деталі або вузла.

Якщо ремонт піддається, наприклад, тонкостінна деталь, наприклад, листовая деталь з ПМ, посиленого високомодульними волокнами, тобто. з ПКМ, то її висока жорсткість дозволяє для підтримки форми поверхні, що з'єднується з ремонтною накладкою методом зварювання або склеювання, використовувати притискні пристрої спрощеної і полегшеної конструкції.

Водночас ця якість має і негативний бік. Якщо для ремонту вирішили застосувати готову накладку з ПКМ, то при її формуванні необхідно забезпечити підвищену розмірну точність, так як припасування поверхонь, що з'єднуються, накладки і деталі і виправлення геометрії затверденого ПКМ через його високу жорсткість утруднені або стають неможливими. Крім того, проводячи ремонт високомодульного КМ, вибором клею, матеріалу та конструкції ремонтної накладки, матеріалу кріпильних елементів (при механічному кріпленні підсилювальної або ущільнюючої накладки з пошкодженою деталлю), потрібно потурбуватися про реалізацію цієї властивості у деталі, що відновлюється.

Залучення в роботу накладки з ПКМ, приклеєної до дефектної деталі, відбувається за рахунок дотичних напруг, що діють у клейовому прошарку.

Висока міцність волокнистих ПКМ також ставить складне завдання щодо її відновлення. При проектуванні з'єднання при усуненні такого серйозного пошкодження, як розрив по всьому перерізу деталі, прагнуть до того, щоб відносна міцність з'єднання ν (відношення міцності з'єднання до

міцності матеріалу) була близька до одиниці. А виконати цю вимогу тим складніше, чим міцніше матеріал, що з'єднується. Так, наприклад, у клейового з'єднання встик з двома накладками (довжина перекриття 50 мм) з аморфного металу (товщина 50 мкм) із зразками з ПЕНП, ПП, ПА, ПК, армованого скловолокном ПОМ (товщина 4 мм), межа плинності яких при нормальній температурі відповідно дорівнює 20, 35, 50, 70 та 130 Н/мм², становить відповідно 1,0; 0,8; 0,7; 0,4 та 0,25 [7].

Якщо ремонт ПКМ виконується із застосуванням механічного кріплення, що супроводжується механічною обробкою, наприклад, свердлінням отворів для заклепок, що приєднують ремонтну накладку до пошкодженої деталі, облік анізотропії механічних властивостей ПКМ дозволить уникнути дефектів у вигляді розшарування, ворсистості кромки, сколів і т.д. у зоні навколо отвору як у деталі, так і у накладці [1, с. 120].

Знання схеми викладки наповнювача в деталі, що ремонтується дозволяє повторити ту ж схему в матеріалі накладки. Анізотропія механічних властивостей ненаповнених ПМ можна створити орієнтацією полімеру. Знання напрямку орієнтації при ремонтному зварюванні або склеюванні таких ПМ дозволить вибрати правильний напрямок зварного або клейового шва, щоб відновити здатність деталі, що несе.

Найбільша увага приділяється негативним механічним властивостям ПМ, таким як низька міцність при міжшаровому зрушенні і при зминанні, низька твердість, більша, ніж у металів, чутливість до концентраторів напруги, повзучість під постійним навантаженням.

Міцність при міжшаровому зрушенні залежить від типу матриці та наповнювача, методу формування та технологічного режиму формування деталі. У полімерів, що знаходяться при нормальній температурі в склоподібному стані, міцність при зрушенні приблизно в 2 рази нижче міцності σ_r при розтягуванні. У склопластиків ж τ становить (0,35 ... 0,40) σ_r , а у карбопластиків від 0,25 до 0,06 і навіть 0,03 σ_r [16].

При випробуванні на міжшаровий зсув однонаправлених епоксидних

органопластиків на основі волокна типу Kevlar 49, склопластику на основі алюмоборосилікатного волокна та вуглепластику були отримані наступні значення τ : 48-69, 83 та 93 МПа відповідно.

Низька міжшарова міцність ПКМ відбивається, по-перше, на легкій ушкодженості деталей при зсувному або розшаровує їх навантаженні. Вона повинна, як видається, враховуватися при виборі матеріалу ремонтної накладки. Щоб підвищити міцність з'єднання накладки, навантаження на яку передається за рахунок дотичних напруг, необхідно збільшувати площу її зварного або клейового з'єднання з деталлю, що ремонтується. І це веде до зростання маси ремонтної зони. Або потрібно застосовувати заходи, що сприяють збільшенню міжшарової міцності зсувної ПМ накладки. Орієнтування армуючих волокон у шаруватому ПКМ під кутом $\pm 45^\circ$ сприяє істотному підвищенню міцності при зрушенні ($\tau = 28-32$ МПа) порівняно з ПКМ ($\tau = 19$ МПа), в якому волокна орієнтовані під кутом 10° до напрямку навантаження [9]. Тут спостерігається відмінність впливу напрямку орієнтації порівняно з ПКМ з урахуванням тканого наповнювача.

Зміцненню зв'язку шарів накладки, що приформовується, з препрега ПКМ сприяє підвищення його монолітності. Останнє досягається збільшенням тиску притиску накладки до ділянки, що ремонтується, наприклад, використанням пневмокамери, вантажу або інших відомих у технології формування деталей методів замість тільки одного накочення препрега.

2.4.2 Теплофізичні властивості як фактори, що впливають на ремонт

Деякі процеси ремонту виробів з ПМ супроводжуються нагріванням або матеріалу, що ремонтується (наприклад, при ремонтному зварюванні, при свердлінні отворів для кріпильного елемента в результаті виділення теплоти різання), або клейового шару при ремонті клеями-розплавами, або і того і іншого при ремонті реактивними клеями гарячого затвердіння. Тепловому впливу піддаються та відремонтовані вироби у процесі їх експлуатації. У

зв'язку з цим знання особливостей тепло - фізичних властивостей ПМ важливе як проектування технологічного процесу ремонту, так прогнозування поведінки відремонтованої ділянки.

Через низьку теплопровідність ПМ [ПЕНП-0,32...0,40 (для щільності 0,914...0,928), ПЕВП-0,38...0,51 (для щільності 0,94...0,96); ПП - 0,17 ... 0,22; ПС-0,18; ПА 6-0,29; ПА 66 0,23; ПК – 0,21; ПЕТ-24; ПВХ-0,14 ... 0,17; Ag – 429; Cu – 403; Fe - 86,5 Вт/м·К], що не містять теплопровідних наповнювачів, зустрічаються труднощі з підведенням теплоти через стінку деталі до місця приєднання зварюванням або склеюванням ремонтних накладок. При цьому, чим більша товщина накладки, тим вищий градієнт температур по її товщині, вища тривалість нагрівання або подальшого охолодження до заданої температури після приварювання або приклеювання ремонтного матеріалу. У технології ремонту із застосуванням адгезійних з'єднань контроль температури хоча б на стадії експериментальної розробки процесу ремонту проводиться обов'язково у зоні шва. Наслідки градієнта температури за товщиною та в площині з'єднання (особливо за великими поверхнями) можуть бути найрізноманітнішими: деструкція зовнішніх шарів накладки, що контактують з нагрітим інструментом, нерівномірність термічної усадки при подальшому охолодженні зони ремонту, утворення залишкових напруг, короблення та ін.

Вирішити проблему потреби підведення теплоти ремонту виробів з ПМ з низькою теплопровідністю можна, застосувавши методи нагріву, які засновані на перетворенні на теплоту інших видів енергії, наприклад, механічної або електричної енергії, або використавши під час ремонтного зварювання підведення теплової енергії від інструменту, нагрітого газу, ІЧ - випромінювача безпосередньо до поверхонь деталі і накладки, що з'єднуються. Ефективно в отвори невеликого діаметра в деталях термопластів вводити вставки за допомогою ультразвуку.

Характеристики температурного розширення приймаються до уваги насамперед при ремонті полімерної деталі із застосуванням металевої

накладки, що приклеюється, або при ремонтному зварюванні деталей з термопластів з локальним підведенням теплоти (до зони шва). Термічна усадка клейового шару або матеріалу зварного шва може призвести до появи залишкової напруги розтягування на межах відповідно «клейовий шар - металевий субстрат» або «зварний шов» - основний матеріал», які, у свою чергу, можуть викликати короблення виробу або зародження тріщин. Вирішують розглянуту проблему зближення значень ТКЛР клейового шару і матеріалу, що з'єднується, а також більш тривалим (по можливості) підтримкою клейового шару в легко деформується стані з метою більш повної релаксації залишкових напруг. При введенні зварювання встик вставки в отвір листової деталі з термопласту перевагу потрібно віддавати симетричному Х-образному шву, ніж V-образному, щоб створити симетричне поле термічної напруги. Рекомендується також попередньо нагрівати деталі, а після ремонтного зварювання виробляти відпал зварного виробу з метою релаксації напруги.

Для прогнозування поведінки деталей з ПМ в умовах ремонту та експлуатації відремонтованого виробу необхідно мати дані про їх деформаційну теплостійкість, яка, наприклад, у тришарових панелей із заповнювачем у вигляді пінопласту визначається деформаційною теплостійкістю останнього.

Показники термостійкості ПМ залежать від тривалості витримки за заданої температури і природи робочого середовища. Про поведінці ПМ при тривалому вплив підвищених температур у процесі виконання ремонту не можна судити за результатами короткочасного випробування, оскільки тут грають роль процеси старіння та релаксації, що залежать від їх тривалості. Такі показники термостійкості, знайдені різними методами короткочасних випробувань, можуть бути різними [20].

Більшість матриць ПМ, що не містять у своєму складі антипіренів (ПЕ, ПП, ПС, ПК, ПММА, епоксидні полімери, поліефірні пластики та ін.) відносяться до горючих матеріалів і мають значення кисневого індексу не

вище 40%. У зв'язку з цим при виконанні ремонту деталей з ПМ не можна застосовувати (принаймні протягом тривалого часу) відкрите полум'я.

Таблиця 2.1

Водопоглинання G до насичення основних видів термопластів [22]

Термопласт	G на воздухе (T= 23 °C, φ =50 %), %	G в воде(T=23 °C), %
ПЭНП		0,002-0,2
ПЭВП		0,002-0,2
ПП		0,02
ПС		0,2-0,3
АБС		0,7
ПММА		1,6-2,0
ПОМ	0,3	0,6
ПК	0,2	0,4
ПЭТ	0,35	0,5-0,7
ПЭТ СВ 33	0,2	0,25
ПСН	0,25	0,6
ПБТ	0,45	0,45
ПБТ СВ 33	0,1-0,2	0,1-0,2
ПА 6	2,8-3,6	9-10
ПА 66	2,5-3,5	7,5-9,0
ПА 68	3	4,0-4,5
ПА 610	1,5-2	3-4
ПА (сажа)	2,3-2,7	7-8
ПА 6 СВ 30	1,5-2	6
ПА 66 СВ 30	1-1,5	5,5
Ненасыщ. ПЭФ	-	0,4
Ненасыщ. ПЭФ СВ	-	0,5-2,5
ЭС	0,5-0,8	0,7-1,5
ПИ	1,2	3

Технологічною специфікою ПМ є їх усадка, що характеризується відхиленням розміру деталей від відповідних розмірів формоутворювальної оснастки. Причиною усадки є охолодження деталі від температури формування до нормальної температури, процес затвердіння реактопласта, кристалізація частково термопластів, що частково кристалізуються. У процесі

ремонту термічної усадки може піддаватися, наприклад, ПМ ремонтної накладки, яка приварюється або приклеюється із застосуванням нагрівання. Якщо накладки приєднуються до тонкої деталі, що ремонтується, то їх усадка може призвести до жолоблення останньої або до виникнення залишкових напруг в зоні шва. Причини цих явищ порушено у розділі 2.3. Виключити негативний вплив усадки під час ремонту можна за допомогою фіксуючих або затискних пристроїв.

У багатьох випадках виконання ремонту практично доводиться давати комплексну оцінку ремонтпридатності ПМ. Чим більша кількість матеріалознавчих факторів буде враховано на стадіях проектування ремонту та розробки його технологічного процесу, тим більше підстав чекати на відновлення несучої здатності виробу з ПМ.

Висновки до розділу 2

В наш час ремонт деталей з композитних матеріалів ЛА є дуже актуальним ремонтним процесом. Це пов'язано з тим, що велика кількість вітчизняних та закордонних літаків експлуатуються авіаперевізниками, значна кількість дефектів зв'язані саме з пошкодженням обшивки чи силового каркасу.

Вирішення проблем ремонту виробів з ПМ потребує комплексного підходу з позицій матеріалознавства, технології та механіки з'єднань ПМ. При виборі методу ремонту необхідно враховувати як структуру, склад, і весь комплекс механічних, теплофізичних та хімічних характеристик ПМ виробу.

Правильний вибір ремонтного матеріалу ще вирішує всіх проблем відновлення працездатності виробу. Важливу роль відіграє вибір геометричних параметрів та структури ремонтної зони.

РОЗДІЛ 3

ТЕХНОЛОГІЧНІ ПРОЦЕСИ РЕМОНТУ ОБШИВКИ ПЛАНЕРА З КОМПОЗИЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ

Ремонт у виробничих умовах має на меті відновлення експлуатаційних характеристик агрегатів. Для забезпечення якісного ремонту необхідно виконати комплекс підготовчих робіт, забезпечують температурно-вологісний режим у приміщенні (температура не нижче +18 °С, відносна вологість не вище 75 %).

При підготовці до усунення конкретного дефекту необхідно: визначити зону пошкодження; визначити кордон пошкодження; визначити товщину обшивки, її склад і тип заповнювача в зоні ремонту; підібрати відповідні методи роботи, обладнання, оснастку, матеріали; вивчити правила безпеки робіт.

Перед виконанням ремонту зона робіт повинна бути очищена від забруднень на 350 мм обертом від краю дефекту. Установка латок на ремонтвану зону може бути виконана за двома схемами: приклеювання заздалегідь виготовлених латок та формування латок з шарів препреги в спеціально вирізаній в обшивці поглибленні з частковою заміною (при необхідності) заповнювача. Друга схема є більш кращою, так як дозволяє встановлення до 91% початкової міцності [9].

Для визначення ступеня придатності агрегатів з ПКМ до експлуатації всі наявні на них дефекти, а також виконаний ремонт надолужити наносить на схеми агрегатів із зазначенням приблизного контуру дефекту, його виду, розмірів і відстані до кромки агрегату. Схеми зберігаються протягом всього терміну експлуатації агрегатів.

Технологічний процес ремонту агрегатів починається з виконання операції розмітки дефектних зон, яка здійснюється графітовими олівцем, кольоровими стрижнями по лако-фарбованому покриттю (ЛФП). Потім проводиться розмітка ремонтвану зони агрегату, яка обмежується плавними

лініями з мінімальним радіусом кривизни 10 мм. Контур обрізання відстоїть не менше ніж на 8-10 мм від пошкодження. Проведення подальших технологічних операцій залежить від виду дефекту, тому нами буде розглянуто виконання ремонту всіх видів дефектів згідно класифікації [9].

3.1 Усунення подряпин та розшарування композиційних матеріалів

Видалення подряпин в матриці, що не зачіпають шпаклівку, проводиться нанесенням шпателем клею ВК-9 (або ВК-27) на попередньо оброблений дрібним наждачним папером дефектну ділянку шириною 5 мм на всю глибину подряпини. На ремонтну ділянку накочують плівку з фторопласту, встановлюють плиту товщиною 0,3-0,5 мм, затверджують навантаження і виготовляють затверджені клеї за режимами, зазначеними в таблиці 2.2. Видалення неглибоких подряпин (глибина менше 25% товщини облицювання) здійснюється за такою технологією:

- знімається шліфувальне лакофарбове покриття з ремонтної зони згідно з розміткою;
- обробити дрібним наждачним папером ділянку шириною 10-15 мм по всій довжині подряпини і половині її глибини;
- відшліфуйте подряпину на всю глибину шириною приблизно 5 мм і площею 25-30 мм навколо подряпини. Після видалення чистою сухою щіткою з дефектної ділянки;
- робиться 1-2 шари препрегу (з скловолокна, просоченого клеєм ВК-9 або ВК-27 без наповнювача) і наклеюється (фарбується) залежно від глибини подряпини, нахлест препрегу з обох сторін подряпини. становить не менше 60 мм.

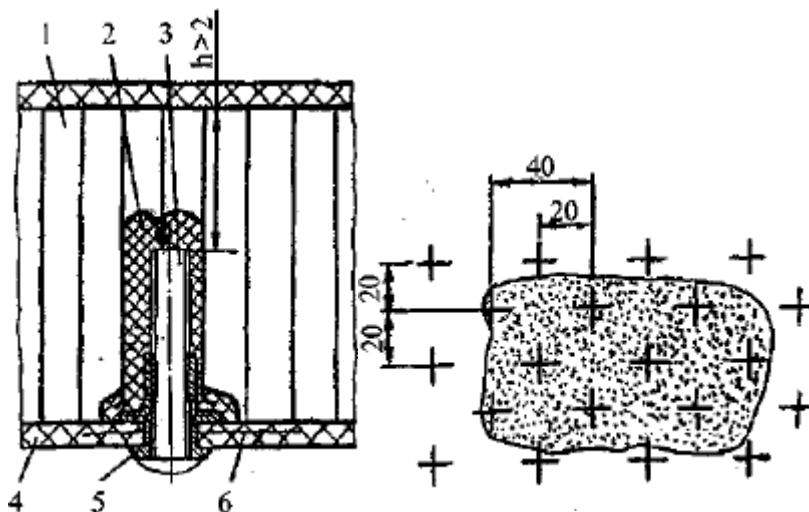
Технологію фарбування шарів препрегу буде розглянуто далі при описі технологічного процесу ремонту виходів кожуха від стільникового заповнювача та отворів агрегатів з частковою заміною кожуха. Видалення глибоких подряпин проводиться аналогічно видаленню тріщин.

Технологічний процес зняття шарів шкіри залежить від місця її

виявлення. Пучки можуть бути по периметру або на області шкіри.

Якщо по периметру облицювання виявлено пучок, його видаляють наступним чином. Спочатку дефект зачищають від старого сполучного за допомогою наждачного паперу або тонкої пластини з насічками. Клей або сполучна речовина вводять шприцом (при необхідності можна нагріти до температури 40-50 °С), щільно стискають ремонтну ділянку вручну. Після видалення надлишків сполучного або клею серветкою, змоченою ацетоном, збирають технологічний пакет з антиклеїної плівки, утеплювач, термопару, паро, теплоізолятор. З протилежного боку (до облицювання) кладуть пористу гуму, а поверх неї кладуть металеву пластину.

Встановлюються хомути з тарованим затягуванням і здійснюється відповідний режим затвердіння сполучного або клею. Видалення пучків в області облицювання здійснюється шляхом свердління отворів у зоні ремонту (рисунок 3.1).



а) б)

а) - технологія ремонту композиційних матеріалів, б) - розмітка зони дефекту для установки гайок-пістонів

1 - ремонтується агрегат; 2 - клей, зашприцьований в зону ремонту; 3 - гвинт, встановлений в гайку-пістон, 4 - розшарується обшивка; 5 - гайка-пістон; 6 - розшарування

Рисунок 3.1 - Ремонт розшарувань з установкою гайок-пістонів

У отвори встановлюються поршневі гайки, попередньо знежирені в бензині і ацетоні. Висушування після обробки кожним розчинником не менше 15 хвилин при кімнатній температурі. Перед складанням гвинт і поршень промазують клеєм (наприклад, ВК-9). Надлишки клею видаляються акуратно. Довжина шурупа повинна бути менше висоти стільникового наповнювача в зоні ремонту. Через отвори в гайці поршня нагнітається клей і встановлюється гвинт. Виконується режим застигання клею.

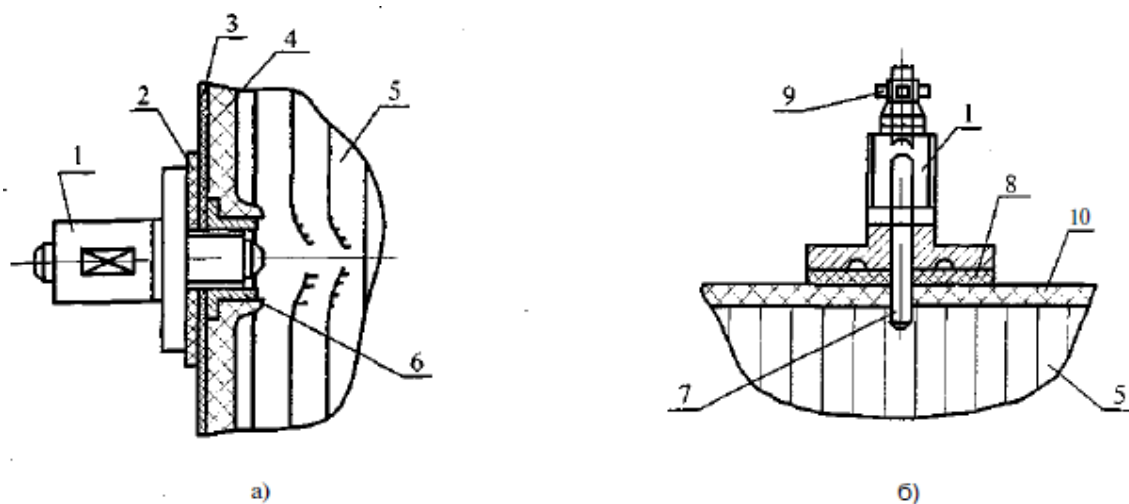
3.2 Усунення відслоєння та видалення вологи композиційних матеріалів

У тришарових конструкціях з ПКМ з пористим наповнювачем можливі наступні відлущування: відшаровування покриття від пористого наповнювача; відшарування ніздрюватого наповнювача від каркаса; відшаровування покриття від каркаса.

Технологічні методи усунення цих оголень відрізняються один від одного, тому розглянемо кожен тип оголень окремо. Однак поширеною технологічною операцією, що передує будь-якому виду ремонту, є видалення вологи зі стільникових конструкцій, про що буде сказано нижче.

Волога накопичується на ділянках агрегату, де є механічні пошкодження, а також на ділянках агрегату поблизу шарнірів та стиків нервюр із лонжероном. Після контролю наявності вологи в агрегаті, на ділянках, де вона була виявлена, а також у зонах механічних пошкоджень та оголень проводиться комплекс робіт з видалення вологи. Технологічні прийоми та обладнання незначно відрізняються один від одного незалежно від області відведення вологи (облицьовування – стільниковий наповнювач; каркас – деревний наповнювач). При видаленні вологи із зони «каркас - стільниковий наповнювач» технологічні отвори відкриваються в деталях каркаса, а при наявності анкерних або накидних гайок в каркасі через їх отвори проникає або просвердлюється клейовий склад, що спінюється, на глибину до 100 см. мм (2 отвори діаметром -2) 5 мм.

При видаленні вологи із зони "облицювання - стільниковий наповнювач" просвердлюють отвори діаметром 3,6-3,8 мм у шаховому порядку з кроком 60 мм. Фітинги встановлюються на технологічні отвори та в анкерні гайки (рисунок 3.2) для підключення до вакуумної системи. Арматура на установці фіксується герметиком Або гумовими кільцями ущільнювачів. Фурнітура може бути виготовлена із прозорих матеріалів для візуального спостереження за процесом відведення вологи. Установка міститься в дренажний шар тканини і збирається вакуумний мішок (рис. 3.2).



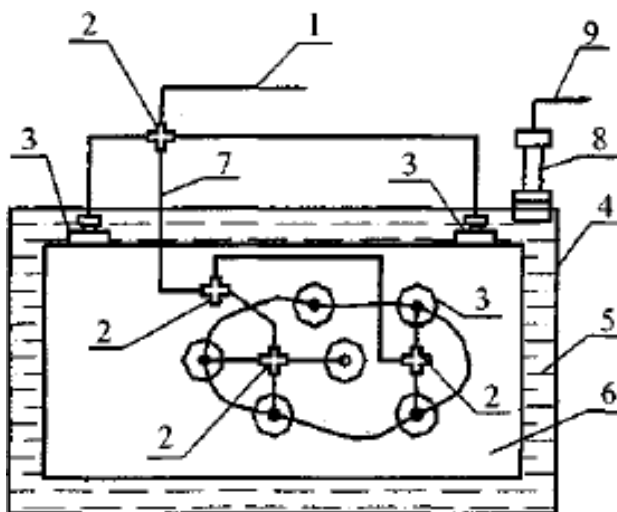
а) - в каркас агрегату, б) - в обшивку

1 - штуцер для видалення вологи; 2 - гумова прокладка; 3 - стінка лонжерона;
4 - спінюється композиція; 5 - стільниковий заповнювач; 6 – анкерна гайка;
7 - вісь; 8 - герметик; 9 - гайка; 10 - обшивка з отвором

Рисунок 3.2 - Установка штуцерів в деталі каркаса і обшивку для видалення
ВОЛОГИ

Зібраний технологічний пакет міститься в термокамеру або знизу встановлюється система обігріву. Під мішком, у дефектній зоні, створюється розрідження 0,03 МПа, а температура у зоні ремонту підвищується до $90\pm 5^{\circ}\text{C}$ зі швидкістю 2 градуси на хвилину. Агрегат витримують при розвантаженні та нагріванні 6...8 годин, знявши вакуум, агрегат охолоджують до 40°C . Агрегат повторно перевіряють на вологість.

При повторному виявленні вологи випаровування вологи повторюється, а за його відсутності можна приступати до ремонту агрегату.



1 - трубка з'єднання з вакуумним (або ежекторним) насосом; 2 - стандартні елементи (хрестовина, трійник); 3 - штуцер, прикріплений до отвору в дефектній зоні; 4 - вакуумний мішок; 5 - дренажний шар; 6 - ремонтується агрегат; 7 - трубки для відсмоктування парів води, 8 - штуцер, встановлений на вакуумний мішок; 9 - трубка, під'єднуються до вакуумного насоса

Рисунок 3.3 - Схема підключення вакуумних насосів для видалення вологи

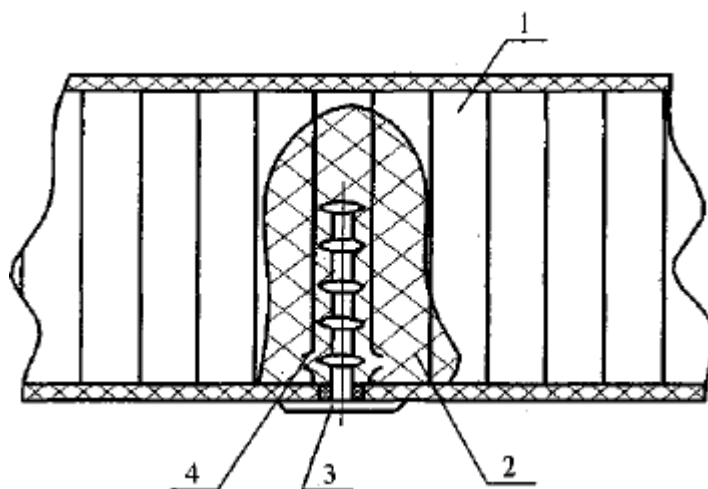
3.3 Усунення відслоєння обшивки від сотового заповнювача

Відшарування обшивки від стільникового заповнювача на агрегатах, що не випробовує акустичних і вібраційних навантажень і не мають спеціального призначення, усувається зашпріцюванням клею в дефект і установкою заглушок з алюмінієвого сплаву (якщо обшивка зі склопластику) або з титану (рис. 3.4).

Отвори під зашпріцювку клею і установку заглушок сверляться в шаховому порядку з кроком 20 мм, якщо дефект ширше 40 мм. Глибина свердління 3-5 мм.

Після свердління отворів віддаляється із зони обробки пил і стружка пирососом. При ремонті агрегатів, що знаходяться в зоні можливого попадання на них нагрітих газів від двигуна, зашпріцювка виробляється з використанням клею, що мають підвищену теплостійкість. Заглушки в умовах стоянки літака можна встановлювати тільки на нижні поверхні, тому що їх

установка проводиться одночасно з зашпріцовкою клею в дефект.



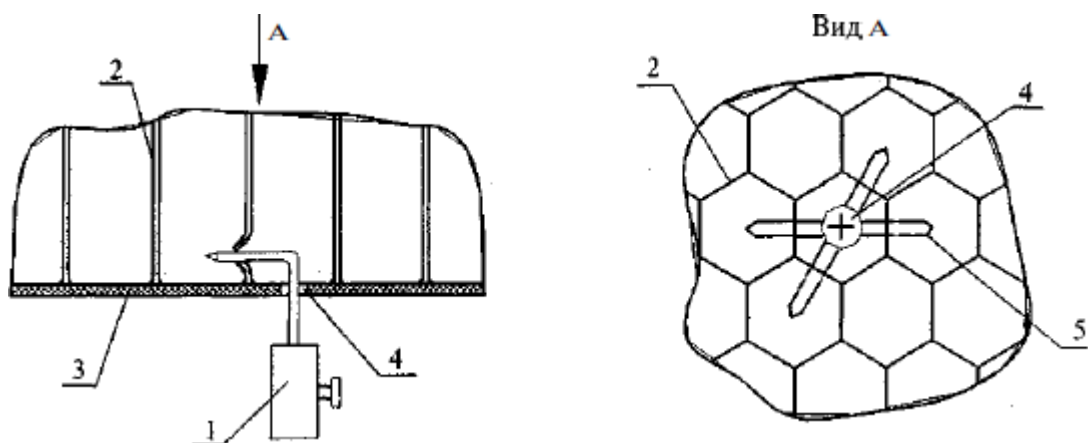
1 - ремонтується агрегат; 2 - клей, зашпріцований в зону ремонту; 3 - заглушки; 4 - отвір у стінці сот для затікання клею

Рисунок 3.4 - Ремонт відслонень з установкою заглушок типу "Гвинт"

При необхідності встановлення заглушок на верхніх поверхностях агрегату він повинен бути демонтований з літака. Для забезпечення рівномірного і повного розподілу клею по всій поверхні дефекту між обшивкою і стільниковим заповнювачем, виконується дренажування стінок стільникового заповнювача спеціальним пристосуванням (рис. 3.5). Отвори в стінках сот повинні мати круглу форму і розташовуватися на відстані 0,5 ... 1,5 мм від просвердленої обшивки

Підготовляється заглушка до установки в агрегат (коротшає, обезжирюється) проводиться зашпріцовка клею в отвір в агрегаті. Для ремонту в основному застосовуються пастоподібні клеї типу ВК-9, ВК-27. Вони володіють високою в'язкістю, і для нагнітання їх в агрегат повинні застосовуватися спеціальні шприци. Найбільше застосування знайшов шприц з гвинтовим штоком, що забезпечує нагнітання холодних пастоподібних клеїв (рисунок 3.6). Він заповнюється свіжоприготовленим клеєм, потім наконечник шприца вводиться в отвір дефекта і клей видавлюється поворотом рукоятки. Зашпріцовка клею припиняється при різкому зростанні тиску (зусилля)

шприцевання або при появі клею з сусідніх отворів. Після закінчення роботи шприц повинен бути обов'язково промитий від залишків клею.

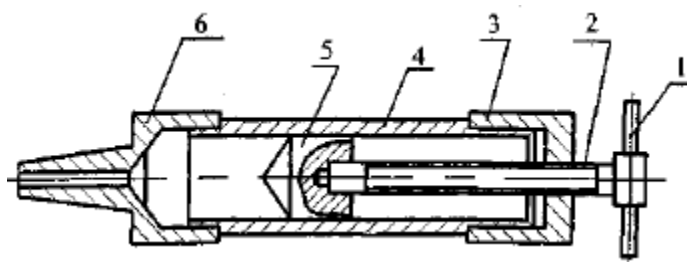


1 - пристосування для дренажування; 2 - стільниковий заповнювач; 3 - обшивка ремонтного агрегату; 4 - отвір; 5 – дренажні канали в стільниковому заповнювачі

Рисунок 3.5 - Схема дренажу стільникового заповнювача перед зашпριцовкой клею

Відразу після зашпριцовці встановлюється в отвір заглушка, не допускаючи перекосу. Потьоки клею віддаляються х/б серветкою, змоченою в ацетоні. Головки заглушок зміцнюються липкою стрічкою, і забезпечується режим отвердіння клею. При необхідності нагрівання на зону ремонту поміщається нагрівача, збирається технологічний пакет і повітряний мішок, забезпечуючи, тиск 0,05 ... 0,1 МПа (0,5...1,0 кгс/см²), і проводиться затвердіння клею відповідно режимам, вказаним в таблиці 2.2.

Технологічні прийоми для забезпечення нагріву зони ремонту розглядаються в розділі "Нагрівання зони ремонту". Після проведення режиму затвердіння клею візуально контролюється якість установки заглушок. Наявність розшарувань і відслонень контролюється дефектоскопом або простукуванням.



1 - рукоятка; 2 - гвинтовий шток; 3 - натискна гайка, 4 – корпусшприця;
5 - поршень; 6 – наконечник

Рисунок 3.6 - Шприц з гвинтовим штоком

Відшарування обшивки від стільникового заповнювача на агрегатах спеціального призначення (агрегати механізації крила, агрегати хвостового оперення, стулки шасі тощо) необхідно ремонтувати видаленням обшивки в зоні дефекту з подальшим її формуванням з препрегів і плівкових клеїв, а при необхідності (наприклад, наявність корозійного ураження металеві сотові заповнювачі або пошкодження) виконати заміну сотового заповнювача. Технологічний процес відновлення дефектної обшивки є досить складним і відповідальним, тому його ми розглянемо в наступному розділі.

3.4 Відновлення обшивки з препрегів з одночасним її приклеюванням до стільникового заповнювача

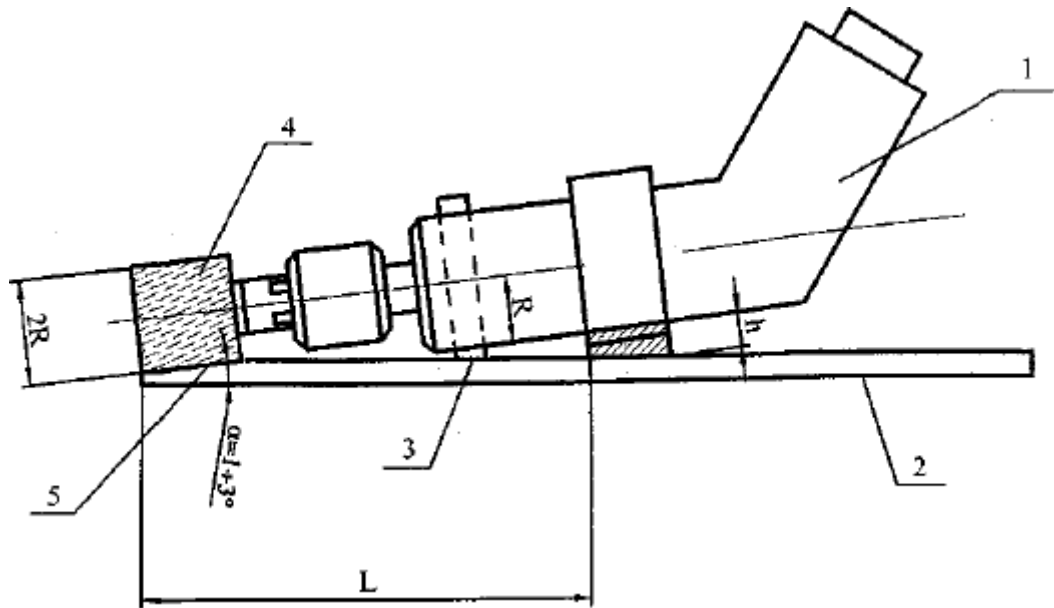
Після розмітки дефектної зони на агрегаті дефектна шкіра видалається. Дефектне покриття видаляють кінцевими твердосплавними фрезами діаметром 5-12 мм і свердлильними верстатами мод. СМ 21-9-1000, а також алмазні ланцюги, що встановлюються на спеціальні відрізні пневматичні верстати. Пристрій для обробки ПКМ оснащений вбудованими пилососами з використанням пристроїв ежекторного типу, що працюють від стисненого повітря та створюють розряд близько 0,03 МПа для видалення пилу під час роботи.

При роботі різальним інструментом систематично не рідше 1 разу в 20 хвилин безперервної роботи, перевірено заточення інструменту. Тупа ріжуча кромка – не більше 0,15 мм. На поверхні радіусів, що сполучаються, можуть

утворюватися кромки, які можна видалити абразивно-шліфувальними ланцюгами типу ПП: зв'язка «К» - керамічна, зернистість 50, 40.

Для отримання необхідного радіусу сполучення вибираються кола відповідного діаметра. У процесі роботи на колі може утворюватися наліт темного кольору («засолювання»), що видаляється очищенням абразивними брусками. Щоб підготувати алмазний інструмент до роботи, його алмазні зерна розкривають на ріжучій поверхні шляхом розкладання в 10% водному розчині хлориду заліза протягом 20-25 хвилин або алмазні зерна розкривають шліфувальним камінням, такими як ВКV, ВР, на керамічних зв'язках з абразивним зерном. 63С, зернистість 16, 12 на робочому обороті. Для забезпечення більш високої міцності зчеплення відновленої шкіри завтовшки понад 0,4 мм у ній по всьому периметру роблять скіс під кутом 1-3°. Вирізання скосів в обшивці проводиться на пневмоострові і абразивних колах (рис. 3.7). Для забезпечення заданого кута скосу до поверхні пневматичної машини прикріплюють затискачі з м'якого матеріалу.

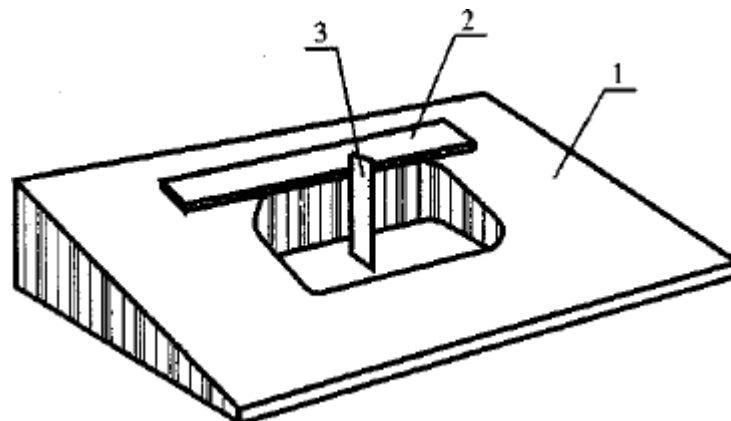
При виконанні скосу не допускається зміщення внутрішньої кромки отвору в обшивці. Для більш точної обробки скосів бажано на поверхності дрилі зміцнити додаткові упори. Після вилучення дефектної обшивки перевіряється стан сотового заповнювача. Звертається особлива увага на наявність слідів корозійного враження алюмінієвого стільникового заповнювача, відсутність ушкодження торців граней осередків стільникового заповнювача, розривів у місцях стикування сотового заповнювача і т.п. При невідповідності вимогам, що пред'являються до стільникового заповнювача його видаляють. Для цього вирізається ножом пошкоджену ділянку стільникового заповнювача, лінія різку по можливості повинна бути простою форми.



1 - пневмомашинка; 2 - оброблювана обшивка; 3 - додатковий упор, 4 - абразивний круг; 5 - внутрішня кромка вирізу в обшивці

Рисунок 3.7 - Забезпечення заданого кута скосу α в обшивках

При використанні металевого стільникового заповнювача накочуються по лінійці бічні поверхні в вирізі сотоблока згідно рисунок 3.8.



1 - ремонтується агрегат; 2 - лінійка, 3 - пластина

Рисунок 3.8 - Прокатка граней металевого стільникового заповнювача

Видаляються з поверхні протилежної обшивки залишки стільникового заповнювача, полістиролу та плівкового клею обережно, не пошкодивши обшивку.

Виробляються роботи з видалення вологи (незалежно від того, чи була розгерметизація агрегату), тому що в неметалевих деталях у процесі експлуатації накопичується волога (до 1% за масою). Видалення вологи здійснюється лампами розжарювання або медичними рефлекторами. Відстань від нагрівальних пристроїв до зони ремонту вибирається вимогою забезпечення на поверхні температури 60-70°C, а час нагрівання розраховується з розрахунку 1 годину на кожні 0,3 мм товщини матеріалу обшивки.

Додаткові роботи із заміни пошкодженого стільникового заповнювача полягають у підборі та припасуванні стільникового заповнювача та його подальшому вклеюванні в дефектну зону. Підбір стільникового наповнювача залежить від того, з якого матеріалу він виготовлений (алюмінієві наповнювачі, стільники ПСП або ССП).

При заміні металевого стільникового заповнювача збільшується розмір заготовки на 5-8 мм на величину підм'ятою, а для неметалевих стільникового заповнювача підм'ятою не проводиться, а розмір заготовки суворо відповідає контуру віддаленої ділянки. Крім того, враховується напрямок розташування листів фольги, паперу або склотканини у відремонтованому сотоблоці. При ремонті клиноподібних агрегатів висота вставки сот приймається на 1-2 мм більше, ніж висота ділянки, що видаляється (для подальшого підгонки), а для панелей постійної висоти висота стільникової вставки дорівнює висоті видаляється заповнювача або більше на товщину віддаленої обшивки. Стільники УПС та ССП перед використанням просушуються при температурі 110 °C протягом 1 години.

Після підгонки вставки стільникового блоку виконується знежирення поверхонь, що склеюються, причому знежирюються тільки металеві поверхні і стільниковий заповнювач з алюмінієвих сплавів. Знежирення стільникові заповнювачі проводиться у спеціальній ванні чистим жорстким волосяним пензлем, змоченим у бензині, а потім в ацетоні, з сушінням після обробки кожним розчинником не менше 15 хвилин. Знежирюється також і бічна

поверхня на металевому стільниковому заповнювачі агрегату, куди вклеюється вставка сотів.

Розкрюється заготівля плівкового клею і накочується в зону ремонту до обшивки, видаливши спочатку захисний папір, а після накатки захисну поліетиленову плівку, а до бічної поверхні стільникового заповнювача вставки накочується клейова плівка, що спінюється, СКВ-3. Встановивши вставку сото заповнювача в дефектну зону, прогривається через стільниковий заповнювач плівковий клей за допомогою рефлектора до температури 50-60 ° С, і стільники максимально вдавлюються в клей натисканням руки. Не допускається зминання заповнювачів. Фіксується вставка липкою стрічкою, встановлюючи її на обшивці хрест-навхрест. Якщо агрегат має складний контур або значний розмір дефекту, бажано попередньо приклеїти стільниковий заповнювач, перевірити наявність його виступу над поверхнею агрегату, і якщо це спостерігається, то видалити.

Після виконання підготовчих робіт з вклеювання та припасування вставки сотоблока можна приступити до виготовлення латки з окремих шарів препреги. Для виготовлення латки використовуються як попередньо виготовлений препрег на сполучному, так і клейовий препреги, виготовлений з плівкових клеїв гарячого затвердіння або пастоподібних клеїв холодного затвердіння. Виготовлення препрег на сполучних розглядається в спеціальних курсах, присвячених технології виготовлення конструкцій з ПКМ, а ми розглянемо виготовлення пре пре з клеїв безпосередньо на місці ремонту. Для виготовлення препргів використовується суха вуглецева стрічка, скло- і органоткани, перекладені плівковими клеями ВК-36, ВК-41 або ВК-51 із співвідношенням шарів стрічки (тканини) та клейової плівки 2:1.

Отриманий препрег викладається на агрегат, що ремонтується, через шар плівкового клею і формується за режимом затвердіння пластиків (див. таблицю 2.2). Режими затвердіння препрегів відповідають режимам затвердіння клеїв, використаних для виготовлення. Можливе отримання препреги шляхом нанесення розплаву відповідного клею на суху стрічку або

тканину, а також опресовуванням стрічки, тканини відповідним клеєм, шляхом прокладання тканини, стрічки та клейової плівки між шарами плівки (поліпропіленової або фторопластової).

3.5 Усунення відслоєнь обшивки від каркасу

Даний вид дефекту буває двох різновидів:

- з виходом оголення на зовнішній контур та можливим введенням клею в зазор між обшивкою та каркасом;

- без виходу відшарування обшивки від каркаса на зовнішній контур.

Другий різновид дефекту усувають видаленням частини обшивки та відновленням її шляхом одночасного формування з препреги та приклеювання до каркаса, що було описано в розділі 3.6.

Усунення оголень обшивки від каркаса з виходом зовнішній контур проводиться так. Спочатку необхідно переконатися в тому, що відшарування не досягло стільникового заповнювача, а інакше перед проведенням робіт перевіряється відсутність вологи в агрегаті. Ремонт проводиться введенням клею зазор за допомогою тонкої пластини або закріплення клею в тому випадку, коли ширина відшарування (зазор) перевищує 1мм. Зашприцювання клею виконують медичними голками діаметром 1,0...1,5 мм за допомогою спецшприца, в якому клей може бути нагрітий, щоб значно зменшити його в'язкість. Весь подальший хід виконання ремонту описаний у розділі 3.2 "Усунення розшарування".

3.6 Усунення тріщин у композиційних матеріалах

Спосіб усунення тріщин залежить від вимог, що пред'являються до агрегату, що ремонтується. Якщо вимоги високі, то необхідно виконати роботи з видалення частини обшивки та відновлення її шляхом одночасного формування з препреги та приклеювання до заповнювача та каркасу агрегату.

Якщо можна встановити накладну латку, ремонт проводиться наступним чином. Спочатку враховується розташування тріщини на

агрегаті. Тріщина виходить на край обшивки, але не заходить або заходить на стільниковий заповнювач і тріщина не виходить на край обшивки. У тому випадку, коли тріщина заходить на стільниковий заповнювач, можливо, що в нього потрапила волога, проводиться перевірка наявності вологи, а при її присутності додатково перевіряється, чи немає відшарування обшивки від стільникового заповнювача через замерзання вологи. В даному випадку перед ремонтом тріщини видаляється волога з агрегату та усувається відшарування. Засвердлюють край тріщини на всю товщину обшивки до клейової композиції свердлом діаметром 2,0...2,5 мм з кутом заточування 150...170°, а у разі виходу тріщини на край обшивки - свердлом діаметром 3,8 мм. Якщо тріщина не виходить на край обшивки, свердлиться отвори діаметром 3,8 мм, а потім контролюється наявність вологи в агрегаті в зоні тріщини. Свердління виконується обережно, щоб не пошкодити деталь під обшивкою. Після виконання операції з свердління отворів та операції з контролю відсутності вологи та видалення її, якщо ця операція виконувалася, роблять приклеювання накладної латки.

3.7 Вибір, підготовка та приклеювання латки композиційних матеріалів

Найкращою формою латки є кругла або овальна форма. Нахлест латки визначається залежно від товщини обшивки, що ремонтується, але співвідношення розміру дефекту і розміру латки не більше 1:2.

Готова латка вирізається з листа пластику того ж типу (марки), що і обшивка, що ремонтується, рівної з нею товщини. Матеріал, з якого вирізається латка, повинен мати "жертвовий шар" на поверхні, що склеюється, для виключення можливості забруднення поверхні і необхідності зашкурювання перед склеюванням. Засування товщиною понад 0,5 мм повинна мати скоси під кутом від 3 до 10°. Для виключення проникнення вологи в лату через торці перерізаних волокон композиту, що утворилися при мехобробці, лінія обрізу та скошу латки попередньо спеціально обробляється

відповідним сполучним або клеєм та термообробляються. При приклеюванні латки із застосуванням пастоподібних епоксидних клеїв типу ВК-9, ВК-27 та ін., на поверхню латки, що склеюється, наноситься шар фенолкаучукового клею ВК-25 (жертвний шар попередньо видаляється). Клей ВК-25 наноситься на латку пензлем в три шари з проміжною витримкою:

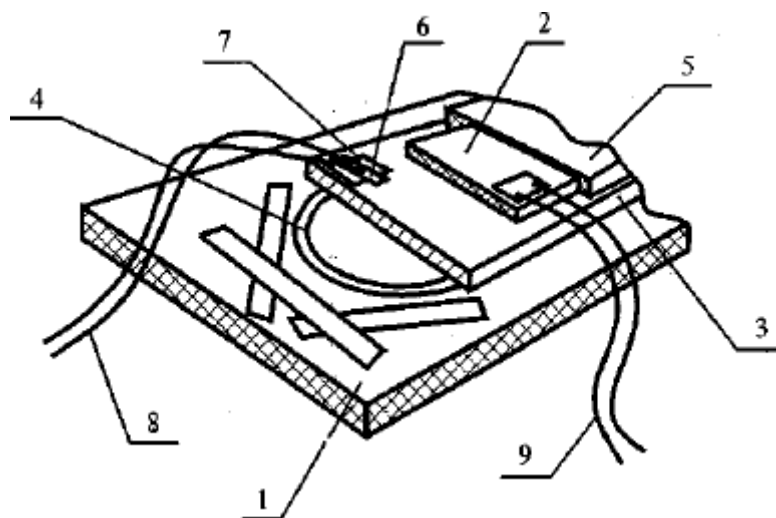
- після 1-го шару - 30 ... 60 хвилин при 18-30 ° С;
- після 2-го шару - 30 ... 60 хвилин при 18-30 ° С;
- після 3-го шару – 3 години за 18-30°С.

Шар клею наноситься рівномірно, без бульбашок (навіщо кисть повинна рухатися лише у одну сторону), забезпечуючи 100% покриваності.

Після витримки шарів ВК-25 на відкритому повітрі проводиться затвердіння при температурі (125±5) °С протягом 4 годин. Швидкість набору температури менше 2 ° С в хвилину. Перед приклеюванням латки підшар клею ВК-25 підлягає зашкуріванню без знежирення, продукти зашкурювання видаляються чистим сухим волосяним пензлем. Латки, покриті підшаром клею ВК-25, зберігаються протягом 1 року при нормальній температурі в упакованому вигляді плівку або папір. Забруднення підшару не допускається.

Перед приклеюванням латки на агрегаті за зоною приклеювання лати наносяться координатні осі, що зашкуривають поверхню агрегату, що ремонтується, до рівномірної шорсткості. По периметру зони дефекту на відстані 8-10 мм від латки укладається липка стрічка ЛТ для запобігання потокам клею. Готується пастоподібний клей або вирізаються з клейової плівки заготовки для викладки по поверхні склеювання латки з агрегатом. Наноситься пастоподібний клей або укладається клейова плівка (звільнив її від захисних підкладок), і встановлюється латка відповідно до осей координат.

Збирається на латці технологічний пакет, нагрівач, утеплювач згідно з рис. 3.13.



1 - ремонтуемая обшивка агрегату; 2 - нагрівач; 3 - підкладної лист з алюмінієвого сплаву товщиною 0,4 ... 0,6 мм, розмір аркуша більше нагрівача на 40 ... 50 мм колом; 4 - контур формуемой латки, 5 - теплоізолятор; 6 - липка стрічка ЛТ; 7 - антиадгезіон плівка (фторопласт або поліпропілен); 8 - термопара; 9 - вивідні провідники нагрівача.

Рисунок 3.13 - Схема технологічного пакету при приклеюванні латок

У конструкції технологічного пакету застосовуються різні шари, що мають такі функціональні призначення:

1. Антиадгезійна плівка – розділовий шар між препрегами та підкладним листом, що забезпечує якість зовнішньої поверхні латки. Теплостійкість антиадгезійної плівки не менше ніж на 20°C вище за найбільшу температуру затвердіння; Підкладний лист з алюмінієвого сплаву – виключає різкий перепад температур у обшивці з ПКМ на краю нагрівача, тобто сприяє недопущенню викривлення та повідку обшивки та латки. Забезпечує високу аеродинамічну якість формованої латки;

2. Теплоізолятор - обмежує поширення тепла (тобто втрати тепла) із зони ремонту, захищає повітряний або вакуумний мішок від теплових пошкоджень. В якості одного з шарів теплоізолятора можуть використовуватися стільники.

Термопари розташовуються на відстані до 10 мм від краю латки, і над нею розміщуються два шари плівки, а потім вона фіксується липкою стрічкою.

Після складання технологічного пакету проводиться затвердіння

клеєвого матеріалу по регламентованих режимам.

Далі проводиться контроль якості приклеювання латки, попередньо розібравши технологічний пакет. і відновлюється лакофарбове покриття. Як було зазначено раніше, якщо вимоги, пропонувані до ремонтному агрегату високі, то необхідно видалити частину дефектної обшивки і відновити її шляхом формування з препрегов. Тому першою технологічною операцією буде виготовлення препрегів, якщо немає можливості використувати попередньо виготовлений на спеціальних установках. Після виготовлення препреги виробляють виготовлення латки.

3.8. Усунення вм'ятин, проколів, односторонніх пробоїн

Усунення вм'ятин, проколів, односторонніх пробоїн розміром до 40 мм. Дані дефекти усуваються заливкою пошкодженої ділянки клеєм та встановленням латки. Може бути використаний склеєний клей, а також епоксидні клеї, що містять різні наповнювачі (мікросфери, мікрокорунд рубане скловолокно). Технологічний процес виконується так:

- спочатку проводиться мехобробка обшивки в зоні дефекту, видаляються злами, відгини, тріщини в обшивці та заокруглюються різкі переходи в кутах;

- проводиться контроль наявності вологи в зоні дефекту за допомогою полімерних трубочок або джгутиків із фільтрувального паперу, а за наявності вологи вона видаляється з виконанням раніше описаної технології; знежирюється стільниковий заповнювач з алюмінієвих сплавів у пробоїні пензлем, змоченим бензином, а потім ацетоном, поверхня, що обробляється, повинна розташовуватися вниз (до поверхні землі);

- готується клей для заповнення пробоїни в стільниковому заповнювачі, вирізається з плівкового клею, що спінує, заготовка для викладання в дефект урівень з зовнішньої поверхні обшивки;

- заливається свіжоприготовлений клей у пробоїну на повну її глибину, встановлюється стільниковий заповнювач у місце дефекту, на дефектну зону

закладати фторопластова плівка, а зверху пластина з алюмінієвого сплаву товщиною 0,3...0,5 мм, нагрівач, термopapa, утеплювач, вантаж та проводиться затвердіння клею;

- заключною дією по ремонту є формування або приклеювання латки зверху вклеєного стільникового заповнювача.

Усунення вм'ятин та односторонніх пробоїн розміром понад 40 мм. Даний вид дефекту усувається видаленням пошкоджень обшивки та стільникового заповнювача, вклеюванням вставки з нового стільникового заповнювача та приклеюванням або формуванням латки.

Видалення пошкоджень обшивки вже було розглянуто нами раніше і нічим не відрізняється від раніше описаного. Зараз буде розглянуто технологію видалення пошкоджень стільникового заповнювача та вклеювання вставки з нового стільникового заповнювача. Найбільш складним є виконання даних операцій на клиноподібних агрегатах на відміну від агрегатів із постійною висотою стільникового заповнювача. Після видалення пошкоджень обшивки приступають до видалення пошкоджень зарядника. Воно проводиться за допомогою спеціальних пристроїв, що складаються з фіксованих упорів на агрегаті, до яких прикріплені напрямні, призначені для переміщення пневмомашини. Фіксуючи у певних координатах по осях X, у напрямних, ми забезпечуємо задане переміщення пневмомашини у відповідний розмірах дефекту. Глибина мехобробки має бути мінімально необхідною. У деяких випадках вирізка стільникового заповнювача проводиться з внутрішнім. Для цього випадку використовується інструмент (рис. 3.14), що закріплюється в свердлильній пневмомашині типу СМ 21-9-1000, встановлений на штативі пристосування. Свердлильна машина опускається на глибину h , а виліт інструменту забезпечує вибірку стільникового заповнювача на глибину D .

У разі видалення стільникового заповнювача до протилежної обшивки залишки заповнювача та клею видаляють борфрезом, закріпленим у пневмомашині, або наждачним папером, укріпленим на дерев'яному бруску.

Після обробки висота нерівностей має перевищувати 0,5 мм.

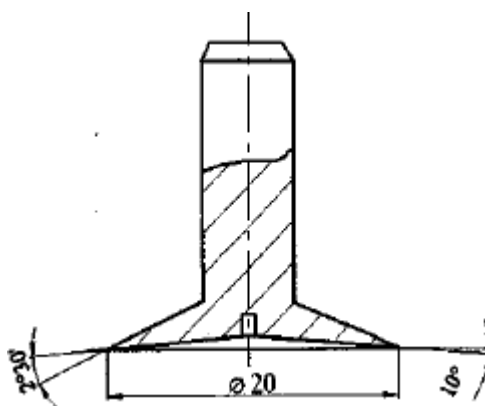


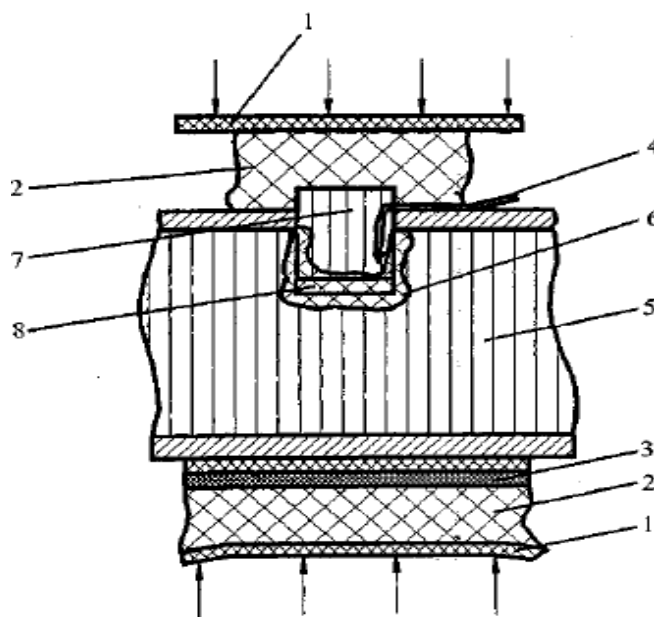
Рисунок 3.15 - Ножова фреза для видалення припуску сотового заповнювача

Поглиблення в стільниковому заповнювачі на 70 – 80 % глибини пошкодження обробляють торцевою фрезою або борфрезою, а вирівнювання дна стільникового заповнювача проводиться ножовою фрезою (рис. 3.15)

Виконання роботи з виготовлення та припасування стільникового заповнювача проводиться згідно з розділом 2.6 з вклеюванням вставки стільникового заповнювача. Як було зазначено раніше, в конструкції агрегатів застосовуються стільникові заповнювачі з алюмінієвих сплавів, а також полімерсотопласт (ПСП) та склосотопласт (ССП). Загальною умовою вклеювання стільникового заповнювача є забезпечення температурного нагрівання зони вклеювання. Однак при ремонті агрегату з алюмінієвим стільниковим заповнювачем нагрівання можна проводити з боку зворотного дефекту, але за умови неперегріву обшивки під нагрівачем. При ремонті агрегатів із сотозаповнювачем ПСП та СПС прогрів проводиться з обох боків порожнини агрегатів, в які вклеюються вставки стозаповнювача.

При ремонті агрегатів, що експлуатуються за температури до 80 °С, використовують клей холодного затвердіння (ВК – 9; ВК – 27; ВКВ – 9) із забезпеченням прогріву до 70 °С протягом 1 год. А при ремонті агрегатів, що експлуатуються при температурі до 150 °С, вклеювання вставок проводиться з використанням плівкового клею, що спінює, ВКВ - 3 з температурою нагріву не нижче 120 °С.

При використанні клеїв пастоподібними просочують тканину товщиною 0,2...0,3 мм, а при використанні плівкового клею СКВ-3 до нього з обох боків через фторопластову плівку накочується праскою (температура не більше 80 ° С) склотканина. Тобто в обох випадках ми попередньо виготовлені прокладку, за допомогою якої будуть стиковані стільникового заповнювача в агрегаті за місцем дефекту та вставка з нового стільникового заповнювача. Надалі вирізуються з прокладок заготівлі необхідних розмірів і встановлюються на дно дефекту, попередньо знежиривши його (у разі алюмінієвого стільникового заповнювача), при цьому склотканину, просочену клеєм з одного боку, укладають шаром клею до стільникового заповнювача.



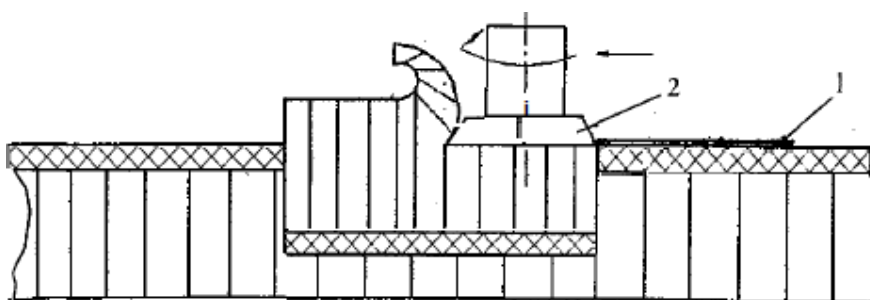
1 - оболонка повітряного мішка; 2 - теплоізолятор, 3 - нагрівач; 4 - термопара;
5 - ремонтується агрегат; 6 - вспенивающийся клей; 7 - вставка стільникового
заповнювача; 8 – прокладка

Рисунок 3.15 - Вклеювання прокладки і вставки стільникового заповнювача

Наноситься шар клею на інший бік. При використанні плівкового клею ВКВ-3 він накочується до бічної поверхні вставки стільникового заповнювача (захисна підкладка видаляється з клею безпосередньо перед склеюванням). Встановлюється вставка стільникового заповнювача в дефектну зону (не

допускається змінання заповнювача вставки), готується пастоподібний клей, що спінюється, і заповнюється ним стик між вставкою і стільниковим заповнювачем агрегату. Натисканням руки максимально втикається вставка стільникового заповнювача та прокладка в дефектну зону. Фіксується вставка липкою стрічкою хрест-навхрест, встановлюючи її на обшивці. У зону затвердіння клею поміщається термopара, а зверху вставки стільникового заповнювача встановлюється утеплювач і повітряний мішок (малюнок 3.15) забезпечується в обох мішках тиском не менше 0,01 МПа.

Проводиться затвердіння клею. Контроль за температурою проводиться по обох термopарах. Після виконання затвердіння клею виконуються роботи з видалення припуску стільникового заповнювача врівень з поверхнею обшивки. Для виконання цієї операції прокатують липку стрічку навколо видаленого припуску, ширина смуги стрічки не менше 50 мм, і за допомогою ручного інструменту або пристосування, аналогічно використовуваному при видаленні дефектного стільникового заповнювача, проводиться видалення припуску заповнювача (рисунок 3.16).



1-липка стрічка; 2 - ножова фреза

Рисунок 3.16 - Видалення припуску стільникового заповнювача

У процесі видалення контролюється величина перевищення заповнювача над обшивкою за допомогою металевої лінійки та щупа). При виступі стільникового заповнювача лінійка встановлюється на пластину, а величина зазору визначається між лінійкою і сотами, при заході стільникового заповнювача лінійка встановлюється на обшивку, величина зазору

визначається між заповнювачем і лінійкою. При виявленні западання сот можна його ліквідувати шляхом підкладання додаткових шарів матеріалу латки та плівкового клею або склотканини, просоченої пастоподібним клеєм

Таким чином, виконавши операцію вклеювання і підгонки вставки сотового заповнювача до контуру агрегату, можна виконати операцію приклеювання або формування латки; технологія виготовлення і приклеювання (приформовиванія) латок розглядалася раніше.

3.9 Ремонт наскрізних пробоїн композиційних матеріалів

Підготовчі операції, а саме: мехобробка зони ремонту, підготовка вставки стільникового заповнювача та підготовка накладної зовнішньої латки або шарів препреги нами були розглянуті раніше. Найбільший інтерес з точки зору оригінальних технологічних рішень представляє технологічна операція вклеювання вставки стільникового заповнювача, так як отвори в обшивках (після мехобробки зони дефекту) можуть бути одного або різного розміру. Крім того, має бути вирішено завдання забезпечення температурного режиму в зоні склеювання та формуванні латок. Спочатку при вклеюванні стільникового заповнювача у разі однакових отворів проводиться вставка стільникового заповнювача.

Висота вставки дорівнює висоті віддаленого стільникового заповнювача при формуванні внутрішньої латки або перевищує на 1,5 - 2,0 мм при приклеюванні готової латки. Потім виконується операція знежирення вставки стільникового заповнювача (у разі використання алюмінієвого стільникового заповнювача) і наноситься спінений пастоподібний або плівковий клей, що спінюється нагочується на бічну поверхню вставки. Встановлюють вставку дефект і збирають технологічний пакет. Обов'язково встановлюється термопар по одному з кожного кінця вставки і одна безпосередня в клейову композицію на відстані 7-10 мм углиб заповнювача. Укладається на нижню поверхню ділянки, що ремонтується, плівка з фторопласту товщиною 0,02-0,04 мм, зверху плівки - технологічна пластина товщиною 0,5-0,9 мм з алюмінієвого

сплаву (пластина і плівка фіксуються липкою стрічкою). Розмір пластини і плівки більше розміру вставки стільникового заповнювача на 15-20 мм кругом. мм.

Встановлюються з обох боків нагрівачі, технологічні пакети та створюється тиск 0,01-0,015 МПа. У разі, якщо висота заповнювача з алюмінієвого сплаву в зоні ремонту менше 100 мм (сотозаповнювача з ПСП або ССП відповідно 20 мм) використовується один нагрівач, що укладається знизу (для зручності подальшої мехобробки), що підтверджено автором при проведенні ремонтних робіт на реальних агрегатах. Тиск створюється з використанням вакуумних мішків чи повітряних мішків.

Зона створення тиску визначається більше розмірів ділянки нагрівання не менше ніж на 20 мм навколо. Надалі здійснюється режим затвердіння клею та виконується відновлення обшивок. Якщо отвори в обшивках різної величини, то ремонт проводиться вклеюванням вставки стільникового заповнювача, а потім установкою з боку меншого отвору латки та приклеюванням (формуванням) латки з більшої сторони (рисунок 3.20). Спочатку позначається на щільному папері контур більшого та меншого отворів. По контуру отвору, позначеного на папері, вирізається клейова плівка, за допомогою якої склеюється сотозапонник вставки із зоною (очищеної від сот) обшивки поблизу меншого отвору.

Здійснюється вставка сотозаповнювача за контуром більшого отвору. Наноситься пастоподібний або плівковий клей, що не спінюється, на внутрішню поверхню обшивки поблизу меншого отвору, вставляється вставка в зону дефекту. У разі ремонту агрегатів з одностороннім підходом вставка сотозаполнителя попередньо підганяється по глибині дефекта і вклеювання вставки проводиться одночасно з приклеюванням латки з доступною боку агрегату.

Висновки до розділу 3

Вивчення та розробка нових технологічних процесів ремонту авіаційних конструкцій з ПКМ являється актуальною проблемою, що виправдана економічною доцільністю ремонту таких дорогих матеріалів зі значною залишковою довговічністю. Оскільки відомо, що вартість одного капітального ремонту ПС не перевищує 25 % від вартості нового виробу.

В майбутньому поступове вдосконалення технологій відновлення допоможе значно зменшити витрати на ремонт. В результаті цього, стане можливим досягнення вагомого зменшення вартості ремонту ПС, що тривалий час експлуатуються.

РОЗДІЛ 4

ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1 Шкідливі та небезпечні фактори при експлуатації або ремонті повітряних суден

Заходи безпеки при технічному обслуговуванні ЛА регламентуються: державними та галузевими стандартами; системами стандартів безпеки праці; інструкціями по здійсненню польотів, технічної експлуатації та ремонту авіаційної техніки; регламентами технічного обслуговування; технологією ремонту, посібниками і інструкціями з безпеки праці і т.д.

Небезпечні і шкідливі виробничі чинники викладені в ГОСТ 12.0.003-74 “Опасные и вредные производственные факторы”.

Під час технічної експлуатації авіаційної техніки може діяти багато небезпечних та шкідливих виробничих факторів. Основними з них є: підвищена або понижена вологість повітря; підвищена або понижена рухомість повітря; підвищений рівень статичної електрики; відсутність або недостатність природного світла; недостатня освітленість робочої зони; підвищений рівень вібрації; підвищений рівень шуму на робочому місці; підвищена або понижена температура повітря робочого середовища; рухомі машини та механізми; незахищені рухомі елементи виробничого обладнання; рухомі вироби, заготовки, матеріали.

Підвищена або понижена рухомість повітря. Даний чинник може спостерігатися за наступних умов: підвищена рухомість повітря – при обслуговуванні ПС на відкритих майданчиках можуть виникати раптові пориви вітру, викидання відпрацьованих газів двигунами, що працюють; понижена рухомість повітря спостерігається у закритих частинах літака (кесон крила, технологічні люки та кришки), куди обмежений доступ повітря.

Відсутність або недостатність природного світла та недостатня освітленість робочої зони. Відсутність або недостатність природного світла при заправці літаків (в темний чи перехідний період доби) значно погіршує

умови праці та може стати причиною допущення помилок під час виконання своїх обов'язків обслуговуючим персоналом.

Підвищений рівень вібрації та підвищений рівень шуму. Як правило ці чинники обумовлені роботою двигунів як самого ПС, що обслуговується, так і літаків та заправних станцій, розташованих поблизу.

Підвищена або понижена температура повітря робочого середовища. Тут слід відзначити вплив температури навколишнього середовища у різні пори року (влітку – підвищена температура, взимку – понижена); підвищену температуру поверхонь заправних засобів та літаків при умовах високої сонячної радіації, а також підвищену температуру поверхонь вихлопних систем самохідних заправних засобів або автономних двигунів приводу насосів засобів заправки в умовах високої сонячної радіації; понижену температуру поверхонь заправних засобів та літаків при відборі проб палива із фільтрів, фільтрів-сепараторів, при зливі відстою палива, перед заправкою та після заправки літаків ПММ в умовах низьких температур.

Рухомі машини та механізми; незахищені рухомі елементи виробничого обладнання; рухомі вироби, заготовки, матеріали. До цієї групи небезпечних та шкідливих виробничих чинників відносяться: рушійні самохідні та пересувні в ручну засоби заправки – заправні агрегати системи «ЦЗЛ», паливозаправники (ПЗ), автопаливні цистерни (АПЦ), фільтрозаправні агрегати (ФЗА), установки для заправки літаків (УЗЛ), рулюючі літаки; незахищені елементи літаків, що рухаються, повітряні гвинти які обертаються, щоб підрулити до площадок для заправки на тимчасових аеродромах, використання авіації в народному господарстві; рухомі роздавальні рукави з роздавальними кінцівками; та інше.

4.2 Технічні і організаційні заходи для зменшення рівня впливу небезпечних та шкідливих виробничих чинників в процесі технічного обслуговування повітряних суден

Для усунення або зменшення впливу небезпечних та шкідливих виробничих чинників відповідно з вимогами «Безпеки праці при ТО та ремонті ПС» згідно з ГОСТ 12.4.026-76 розроблені наступні заходи:

- для зменшення рівня впливу небезпечних та шкідливих виробничих чинників, працівник, який виконує ТО ПС, зобов'язаний дотримуватись правил внутрішнього трудового розпорядку згідно затвердженого графіку робіт;

- перед початком роботи робітник зобов'язаний одягнути спецодяг та, в разі необхідності, отримати та підготувати для використання засоби індивідуального Озахисту, а також перевірити справність робочого інструменту, пристроїв та іншого обладнання, яке буде використовуватись при ТО ПС;

- під час роботи для обслуговування високо розташованих частин ПС в усіх випадках повинні використовуватись тільки спеціально передбачені трапи та сходи. Роботи, які виконуються на висоті 1,3 метра та більше від поверхні ґрунту (перекриття), зі сходів чи іншого обладнання, а також з елементів конструкції ПС на відстані не більше 2-х метрів від необгороджених перепадів та при виконанні робіт на спец установках типу СПО-15М виконуються з застосуванням запобіжних поясів: карабіни та спеціальні троси за яких закріплюються стримувальні і вузли.

- забороняється виконувати роботу на висоті під час грози, ожеледиці, при швидкості вітру 15 м/с та більше. Роботи по переміщенні вертикальних панелей слід зупинити при швидкості вітру 10 м/с та більше;

- необхідно користуватись тільки справними переносними електросвітильниками з захисною решіткою та максимальною робочою напругою 24 В, 36 В постійного струму або 115 В, 220 В, змінного струму.

- для захисту від хімічних речовин та спец рідин, що використовуються

при ТО, необхідно користуватися засобами індивідуального захисту: гумовими рукавичками, фартухами, нарукавниками, використовувати окуляри та респіратори. Для захисту відкритої шкіри слід застосовувати захисні мазі.

- щоб уникнути під час ТО випадкового включення закрилків, рулів, елеронів та інших рухомих елементів ПС необхідно вимкнути електричний струм, стравити тиск у гідросистемі, встановити застережні вимпели на органи керування.

- щоб зменшити рівень впливу шуму, необхідно використовувати індивідуальні засоби захисту; стіни приміщення ділянки ремонту необхідно облицювати звукоізолюючим матеріалом.

- для запобігання ураження електричним струмом здійснюється застосування нульового проводу в системі електропроводки.

- нестача природного освітлення компенсується штучним переносним або стаціонарним освітленням.

- після закінчення роботи прибрати використане обладнання; зняти, ретельно вимити (почистити) і здати на зберігання засоби індивідуального захисту, які використовувались при роботі; вжити гігієнічні заходи, вимити руки і обличчя теплою водою з милом, при наявності прийняти душ.

4.3 Розрахунок освітлення виробничого приміщення

Штучне освітлення передбачається у всіх виробничих приміщеннях, де недостатньо природного світла, а також для освітлення приміщення в нічний час.

Нерівномірність освітлення, що створюється світильниками загального освітлення в зоні розташування робочих місць, повинна бути якомога менше. Освітлення не повинно викликати засліпленості.

В залежності від розподілу світлового потоку за спектром шляхом використання різних люмінофорів розрізняють декілька типів ламп: денного світла (ЛД), денного світла з покращеною передачею кольору (ЛДЦ), холодного білого (ЛХБ), теплого білого (ЛТБ), білого кольору (ЛБ).

Лампи дугові ртутні люмінесцентні (ДРЛ), які складаються з кварцової колби, що пропускає ультрафіолетові промені і заповнена парами ртуті при тиску 0,2...0,4 МПа, з двома електродами і зовнішньою скляною колбою, покритою люмінофором.

Сукупність джерела світла і освітлювальної арматури складає світильник. Освітлювальна арматура потрібна для оберігання очей, що працюють від надмірної яскравості джерел світла, а також перерозподілу світлового потоку лампи, яке підвищує ефективність освітлювальної установки.

Для розрахунку загального рівномірного освітлення при горизонтальній робочій поверхні основним є метод світлового потоку (коефіцієнта використання), що враховує світловий потік, відбитий від стелі і стін.

Світловий потік ($F_{\text{л}}$), лампи при люмінесцентних лампах розраховують за формулою:

$$F_{\text{в}} = \frac{A_{\text{л}} \cdot S \cdot z \cdot k}{n \cdot \eta}, \quad (4.1)$$

де, $E_{\text{н}}$ – нормована мінімальна освітленість визначається залежно від розряду робіт таблиці 1 ДБН В. 2.5 – 28 – 2006 «Природне і штучне освітлення», ($E_{\text{н}}=150\text{Лк}$);

S – площа освітлюваного приміщення, м^2 ;

z – коефіцієнт нерівномірності освітлення ($z = 1,1 \dots 1,5$);

k – коефіцієнт запасу, що враховує зниження освітленості із-за забруднення і старіння лампи ($k = 1 \dots 1,7$);

n – кількість ламп;

η - коефіцієнт використання освітлювальної установки ($\eta = 0,2 \dots 0,7$).

Для освітлення ангару розміри якого складають $30 \times 50 \text{м}$. використовуються лампи типу ДРЛ–700 в світильниках ЛПО 02. Світловий потік лампи ДРЛ–700 складає 33000 лм.

Коефіцієнт запасу, що враховує зниження освітленості через забруднення і старіння лампи $k = 1.5$.

Коефіцієнт використання освітлювальної установки $\eta = 0.35$.

Коефіцієнт нерівномірності освітлення $z = 1.2$.

Необхідна кількість ламп для забезпечення мінімально допустимої норми освітлення згідно зі ДБН В. 2.5 – 28 – 2006 «Природне і штучне освітлення» ($E=150$ Лк) визначається за формулою:

$$n = \frac{A_i \cdot S \cdot z \cdot k}{F_z \cdot \eta}, \quad (4.2)$$

$$n = \frac{150 \cdot 1500 \cdot 1,2 \cdot 1,3}{33000 \cdot 0,35} = 35.$$

Розрахуємо індекс площі приміщення за формулою:

$$\varphi = \frac{A \cdot B}{h_0 \cdot (A + B)}, \quad (4.3)$$

де, A і B - довжина і ширина освітлюваного приміщення, $A = 30$ м, $B = 50$ м;

h_0 - висота підвісу світильників над робочою поверхнею, $h_0 = 8$ м;

$$\varphi = \frac{30 \cdot 50}{8 \cdot (30 + 50)} = 2,34.$$

Загальна кількість світильників ЛПО 02 в ангарі – 60 шт., кількість ламп в кожному світильнику – 4 шт.

Отже, загальна кількість ламп необхідна для освітлення площі робочої зони складає 15 шт.

4.4 Забезпечення пожежної та вибухової безпеки при технічному обслуговуванні повітряних суден

Можливість виникнення пожежі повинна запобігати створенням умов, за яких відсутня можливість появи пожежонебезпечного середовища (скупчення парів палива, масла та інших горючих рідин), відсутністю в пожежонебезпечних середовищах джерел загоряння.

Припинення створення пожежонебезпечної середовища повинно забезпечуватися одним з таких способів або їх комбінацій:

- максимально можливим застосуванням негорючих та важко горючих речовин та матеріалів;

- максимально можливим за умов технології обмеженням маси і (або) обсягу горючих речовин, матеріалом і найбільш безпечним їх розміщенням;

- ізоляцією горючого середовища (застосування ізольованих відсіків, камер, кабін і т.п.);

- підтриманням температури і тиску середовища, за яких поширення вогню виключається;

- максимальну механізацію і автоматизацію технологічних процесів, пов'язаних з обігом горючих речовин;

- застосуванням пожежобезпечного обладнання;

- застосуванням пристроїв захисту виробничого устаткування з горючими речовинами від пошкоджень та аварій, установкою вимикаючих, відтинаючих та інших пристроїв.

запобігання появи в займистому середовищі джерел загоряння (ГОСТ 12.1.00-91) має досягатися застосуванням таких способів або їх комбінацій:

- застосуванням машин, механізмів та обладнання, при експлуатації яких не утворюється джерела загоряння;

- застосуванням обладнання, яке відповідає пожежонебезпечній зоні, групі і категорії вибухонебезпечної суміші відповідно до вимог правил будівництва електрообладнання;

- використанням в конструкції обладнання швидкодіючих засобів захисного відключення можливих джерел займання;

- застосуванням технологічного процесу та обладнання, які задовольняють умови статичної іскробезпеки;

- обладнанням будівель, споруд та обладнання пристроями блискавкозахисту;

- виконанням діючих норм, правил і стандартів будівництва.

Обмеження маси і (або) обсягу горючих речовин та матеріалів, а також найбільш безпечний спосіб їх розміщення повинні досягатися застосуванням одного з таких способів або їх комбінаціями:

- зменшення маси горючих речовин, розташованих одночасно в приміщенні або на відкритих майданчиках;
- застосуванням аварійного зливу пожежонебезпечних рідин та аварійного стравлювання горючих газів з апаратури;
- періодичної прибирання території, на якій розташований об'єкт, приміщень, очищення комунікацій, апаратури від горючих відходів, відкладень, пуху і т.п.;
- видаленням пожежонебезпечних відходів виробництва;
- заміною легкозаймистих речовин і горючих рідин на пожежобезпечні технічні миючі засоби.

Протипожежний захист має досягатися застосуванням одного з наведених способів або їх комбінаціями:

- організацією за допомогою технічних засобів, включаючи автоматичні, своєчасного попередження та евакуації людей;
- застосуванням засобів індивідуального та колективного захисту людей від дії пожежі;
- застосуванням засобів протидимного захисту.

Обмеження поширення пожежі за межі вогнища загоряння повинні досягатися застосуванням одного з таких способів або їх комбінаціями:

- застосуванням протипожежних перегородок;
- застосуванням засобів, які запобігають або обмежують розлив або розтікання рідини при пожежі;
- застосуванням пристроїв локалізації та гасіння.

Для забезпечення безпечної евакуації людей необхідно:

- встановити кількість, розміри та відповідне конструктивне виконання евакуаційних шляхів і відходів;

- забезпечити можливість безперешкодного руху людей по евакуаційних шляхів;

- організувати при необхідності керівництво рухом людей по евакуаційних шляхів (світлові покажчики, звукове сповіщення).

Для пожежної техніки повинні бути визначені:

- швидкодія та інтенсивність подачі вогнегасної речовини;
- допустимі вогнегасні речовини (у тому числі з позиції вимог екології та сумісності з горючими речовинами та матеріалами);

- джерела і способи подачі вогнегасних речовин для гасіння пожежі;

- вимоги до стійкості від дії небезпечних факторів пожежі;

- вимоги техніки безпеки.

Усі пожежі в залежності від агрегатного стану горючої речовини діляться на такі класи:

клас А (загоряння твердих горючих речовин);

клас В (загоряння рідких горючих речовин);

клас С (загоряння газоподібних горючих речовин);

клас Д (загоряння металів і металовмісних речовин);

клас Е (загоряння електроустановок, що знаходяться під напругою).

Для ліквідації загоряння в приміщенні передбачено встановлення щита протипожежного інвентарю, в комплект якого входить спеціальний інструмент, ящик з піском, переносні вогнегасники, які можна використовувати для гасіння електроустановок під напругою: переносні вуглекислотні ОУ – 2 – балон місткістю 2, 5л і 8л, заповнені зрідженим двоокисом вуглецю під тиском 16,7 МПа, час витікання якого дорівнює 25 с; пересувні порошкові ОПС – 10 – вогнегасний засіб – вуглекисла сода, підтиснена газом.

Для профілактики по запобіганню виникнення пожежі потрібен періодичний огляд і ремонт електропроводки, заборона користування відкритим вогнем, а також широка агітація додержання заходів протипожежної безпеки.

4.5 Інструкція з охорони праці інженерно технічного складу при технічному обслуговуванні ПС

Безпека праці при виконанні ТО забезпечується виконанням наступних заходів та правил:

- до процесу ТО слід приступати тільки після повної зупинки літака на місці стоянки, після повної зупинки роторів турбін;

- працівник має установити упорні колодки під колеса шасі;

- фюзеляж потрібно підключити до заземлюючого пристрою місця стоянки літака;

- в разі коли літак установлюється в ангар більше чим на більше чим на тиждень, паливо потрібно злити, за винятком незливаємого залишку, а паливні баки потрібно заповнити нейтральним газом;

- рухоме обладнання, яке використовується при ТО, має установлюватися в місцях і на відстані, які забезпечують безпеку обслуговуючого персоналу і збереження авіаційної техніки і обладнання;

- робоче місце потрібно очистити від сміття і прибрати не використовуване обладнання;

- місця роботи мають бути обладнані знаками безпеки по ГОСТ12.4.026-76;

- для попередження помилкової подачі напруги на обладнання літака, з яким працює обслуговуючий персонал, підключати джерела живлення до мережі літака допускається з дозволу посадової особи, яка несе відповідальність за виконання даного виду робіт;

- огляд і виконання робіт на обшивці літака потрібно виконувати з використанням запобіжних поясів, карабіни яких слід закріплювати за спеціальні страхувальні вузли;

- при виконанні робіт забороняється класти інструменти на обшивку літака;

- стрем'янки, які використовують при ТО літака, повинні мати висоту огороження робочих поверхонь 1 м;

- працівник повинен установлювати пристрої (стрем'янки, підставки, драбини, люльки) таким чином щоб не було потреби переміщення його центра ваги за межі робочої поверхні обладнання;

- якщо виникне потреба демонтажу і монтажу агрегатів, слід його виконувати, попередньо виключивши напругу їх живлення, а також вивісити на пускових пристроях знак заборони: «Не вмикати!!!».

- після закінчення робіт, працівник повинен скласти інструмент в спеціальні інструментальні сортовики;

- допоміжні пристрої і обладнання, які використовувались при ТО потрібно повернути на місце їхнього зберігання.

- використовувати лише справний і маркіруючий інструмент;

- поводитися з агрегатами обережно, щоб виключити здобуття травм;

- при роботі у важкодоступних і слабо освітлених місцях користуватися лише справними переносними лампами, щоб запобігти іскроутворенню.

- при використанні легкоvspалахливих і горючих речовин для очищення поверхонь необхідно використовувати ванни, волосяні кисті.

Ці роботи забороняється виконувати з використанням джерел явного тепла, які не відповідають потребам пожежної, вибухової безпеки, з уникненням і виключенням джерел і користувачів електроенергії, а також робіт, які можуть викликати утворення іскр. Відновлення робіт по технічному обслуговуванню висотної системи після використання легкозаймистих і горючих рідин допускається після провітрювання і видалення пари рідин, які використовувалися.

З метою поліпшення вентиляції пропонується використовувати вентилятори. Перевіряючи герметичність гарячих повітропроводів дотиком руки при працюючої силової установки, необхідно користуватися бавовняною рукавицею. Для запобігання опікам при дотику до поверхонь агрегатів і трубопроводів висотної системи, які мають підвищену температуру, технічне обслуговування потрібно проводити в спецодязі, який виключає дотик до відкритих частин тіла.

Висновки до розділу 4

Проаналізовано стан охорони праці при експлуатації ПС, розроблені технічні та організаційні заходи для зменшення рівня впливу небезпечних та шкідливих чинників, що дозволяє забезпечити безпечну експлуатацію ПС.

Вивчення і вирішення проблем, пов'язаних із забезпеченням здорових і безпечних умов праці - одне з найголовніших завдань, яке вирішується при розробці нових технологій і систем виробництва.

Вивчення і виявлення можливих причин виробничих нещасних випадків професійних захворювань, аварій, вибухів, пожеж, а також розробка заходів і вимог, направлених на усунення цих причин, дозволяють створити безпечні і сприятливі умови праці.

Весь комплекс заходів, який пропонується для охорони праці дозволить виключити травматизм, поліпшити умови праці особового складу експлуатанта і поліпшити санітарний стан робочих місць.

РОЗДІЛ 5

ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

Основними законодавчими актами з охорони навколишнього середовища є:

- Конституція України, Закони України "Про охорону навколишнього природного середовища";
- "Про охорону атмосферного повітря";
- "Про природно-заповідний фонд України";
- "Про внесення змін і доповнень до деяких законодавчих актів України з питань охорони навколишнього природного середовища";
- постанови Кабінету Міністрів України, які присвячені врегулюванню та охороні екологічних правовідносин, тощо.

5.1 Аналіз екологічної небезпеки повітряних суден

Науково-технічна революція забезпечила людство небувалими благами, серед яких одним з найважливішим стала можливість швидко переміщуватися на великі дистанції. Людина підкорила небо! Нарешті збулася багатовікова вікова мрія людства. Та один із головних законів екології твердить: за все треба платити.

Коли ми чуємо слово «авіація», одразу уявляємо собі чудову картинку: великий літак гордо летить у небі, на шаленій швидкості долаючи великі відстані. Але як саме йому вдається літати, скільки шкоди наносить один політ та сама підготовка до нього навколишньому середовищу – все це відходить, нажаль, на інший план.

Термін «авіація» значить для нас дві речі: літак та аеропорт. Аеропорт – це багатофункціональне транспортне підприємство, яке є наземною частиною авіаційної транспортної системи, яка забезпечує зліт і посадку повітряних суден, їх наземне обслуговування, прийом і відправлення пасажирів, багажу,

пошти і вантажів. Аеропорт забезпечує необхідні умови для функціонування авіакомпаній, державних органів регулювання авіаційної та митної діяльності.

У результаті авіатransпортних перевезень відбувається забруднення ґрунтів, водних об'єктів та атмосфери, а сама специфіка впливу повітряного транспорту на довкілля виявлена в значній шумовій дії та значних викидах різноманітних забруднюючих речовин (рисунок 5.1).

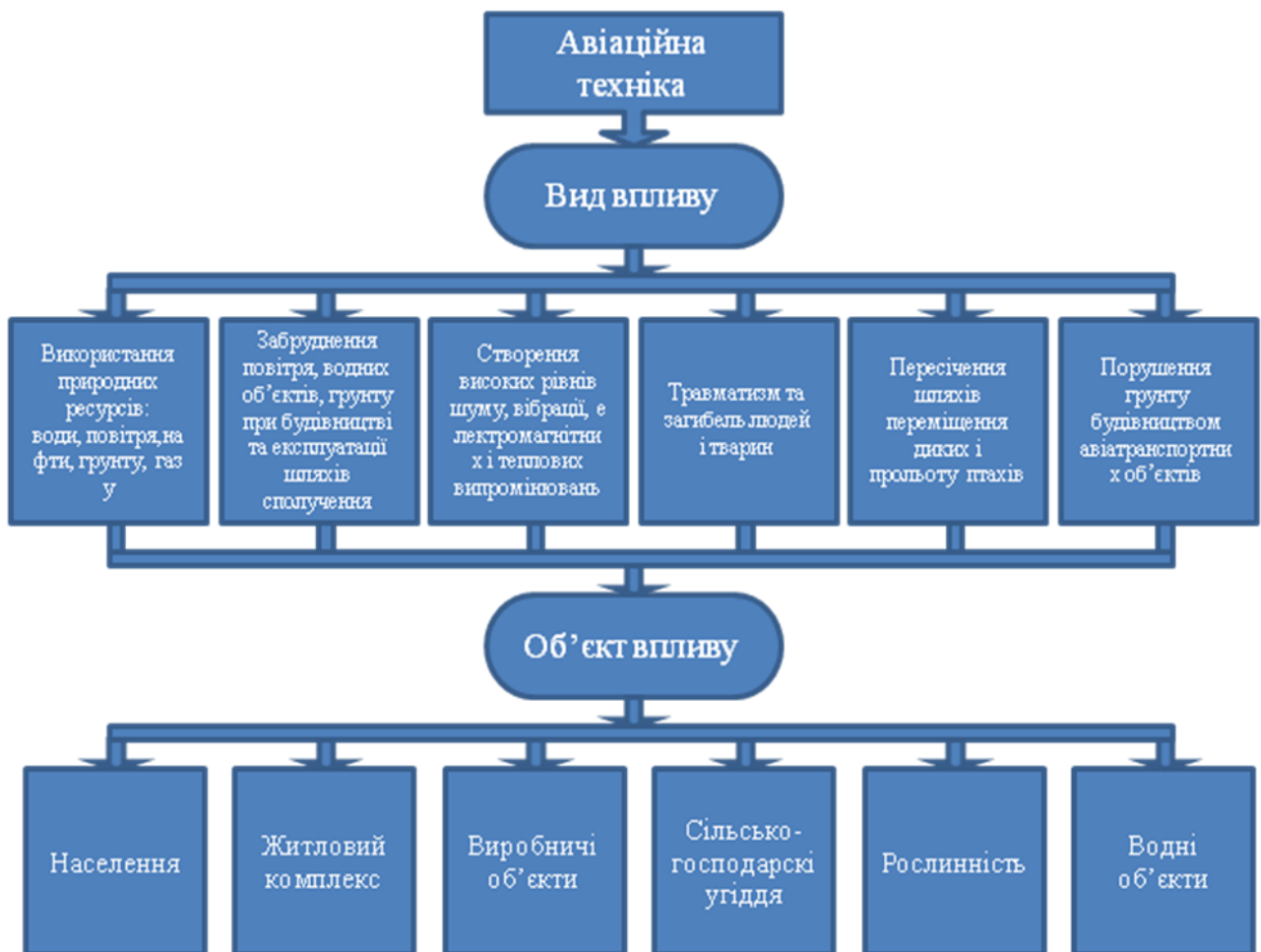


Рисунок 5.1 - Вплив АТ на екосистеми

Негативна дія різних авіаційних джерел шуму, в першу чергу, здійснюється на операторів, інженерів та техніків виробничих підрозділів. Так історично склалося, що аеропорти розташовані поблизу густозаселених районів міста. Тому з ростом міст та інтенсифікацією авіатransпортних процесів постає серйозна проблема співіснування міста та аеропорту. Населення авіаміста та розташованих поблизу селищ відчувають шум від

літаків, що пролітають. У меншій мірі відчувають шум персонал аеропортів, авіапасажери та відвідувачі.

Крім шуму авіація призводить до електромагнітного забруднення середовища. Його викликає радіолокаційна та радіонавігаційна техніка аеропорту та літаків. Радіолокаційні засоби можуть створювати електромагнітні поля великої напруги, які представляють реальну загрозу для людей.

Дія електромагнітних хвиль на живі організми складна і недостатньо вивчена. Взаємодіючи з організмами, електромагнітні хвилі частково відбиваються, а частково поглинаються і розповсюджуються в них. Ступінь впливу залежить від величини поглинання енергії тканинами організму, частоти хвиль та розмірів біооб'єкта.

При постійній дії електромагнітних хвиль малої інтенсивності виникають розлади нервової та серцево-судинної системи, ендокринних органів та інше. Людина відчуває роздратування, головні болі, ослаблення пам'яті та ін. Адаптації до електромагнітного впливу не виникає.

Викиди з авіадвигунів та стаціонарних джерел являють собою ще один аспект впливу повітряного транспорту на екологічну ситуацію, але авіація має ряд відмінностей порівняно з іншими видами транспорту:

- використання, здебільшого, газотурбінних двигунів зумовлює інший характер протікання процесів та структуру викидів відпрацьованих газів;
- використання в якості палива гасу призводить до зміни компонентів забруднюючих речовин;
- польоти літаків на великій висоті та з великою швидкістю спричиняють розсіювання продуктів згорання у верхніх шарах атмосфери і на великих територіях, що знижує ступінь їх впливу на живі організми.

Повітряні судна забруднюють приземні шари атмосфери відпрацьованими газами авіадвигунів поблизу аеропортів та верхні шари атмосфери на висотах крейсерського польоту. Відпрацьовані гази авіаційних

двигунів складають 87 % всіх викидів цивільної авіації, які включають також атмосферні викиди спецавтотранспорту та стаціонарних джерел.

Хімічний склад викидів залежить від виду і якості палива, технології виробництва, способу спалювання в двигуні і його технічному стані. Найбільш несприятливими режимами роботи є малі швидкості і «малий газ» двигуна, коли в атмосферу викидаються забруднюючі речовини в кількостях, що значно перевищують викид на навантажувальних режимах. Технічний стан двигуна безпосередньо впливає на екологічні показники викидів.

Стосовно найбільш розповсюдженого в сучасній ЦА типу авіаційного двигуна – ТРДД можна виділити п'ять основних режимів (таблиця 5.1), тривалість яких відповідає максимальній тривалості режимів, що складають середнє значення тривалості цих режимів для найкрупніших та найбільш завантажених аеропортів світу.

Таблиця 5.1

Режими роботи авіаційного двигуна в зоні аеропорту

Найменування режиму	Тривалість режиму, хв
«Малий газ» і руління перед зльотом	17
Зліт	0.7
Набір висоти	2.2
Захід на посадку	4
Руління після посадки	9

Підраховано викиди шкідливих речовин в зоні аеропорту (рис. 5.2) за такий злітно-посадочний цикл для літаків різних типів (таблиця 5.2).

Для забезпечення проходження авіатранспортних процесів в основному використовують паливо, видобуте з нафти. До складу органічної маси нафтового палива входять наступні хімічні елементи: вуглець, водень, кисень, азот і сірка.

Не пальна частина палива включає вологу і мінеральні домішки.

Продуктами повного згоряння палива є вуглекислий газ, водяна пара і діоксид сірки. При недостатнім надходженні кисню відбувається неповне згоряння, у результаті чого замість вуглекислого газу утворюється чадний газ.

Таблиця 5.2

Емісія з авіаційних двигунів за злітно-посадочний цикл для літаків різних типів

Тип літака	Викиди шкідливих речовин, кг/год				
	CO	C _x H _y	NO _x	SO _x	Сажа
Boeing 737	22,5	4,5	7,4	0,1	0,5
Boeing 767	32,5	9,3	12,7	0,2	0,9
Ту-154	48,8	11,3	18,6	0,6	2,0
Іл-62	63,2	15,5	24,6	0,8	2,3

За розрахунково-експертними оцінками, абсолютні показники валових викидів шкідливих речовин склали біля 150 тис. т. У цілому по Україні об'єм викидів шкідливих речовин літаками ЦА в приземному шарі атмосфери (до висоти 900 м) склали 50 тис. т (33 % загального об'єму викидів), із них 29 тис. т оксиду вуглецю, 11 тис. т вуглеводнів, що не згоріли, 8 тис. т оксидів азоту та 2 тис. т оксидів сірки. На висотах більше 900 м викиди шкідливих речовин оцінені в 103 тис. т (67 % загального об'єму викидів), в тому числі 38 тис. т оксиду вуглецю, 7 тис. т вуглеводнів, що не згоріли, 46 тис. т оксидів азоту та 12 тис. т оксидів сірки.

Аеропорти України здійснюють вплив на навколишнє середовище через джерела прямої та непрямой дії, які розташовані в базі експлуатанта, аеровокзальному комплексі з привокзальною площею, складах паливно-мастильних матеріалів, котельних, сміттєспалювальних станціях (таблиця 5.3). Кількість шкідливих речовин, які потрапили у 2010 році в атмосферу від стаціонарних джерел в аеропортах, склала 23,1 тисяч тон. Разом з викидами забруднюючих речовин парк літаків споживає у великій кількості кисень.

В аеропортах накопичуються тверді та рідкі відходи споживання та виробництва. У багатьох випадках ці відходи безпечні у санітарно-гігієнічному співвідношенні.

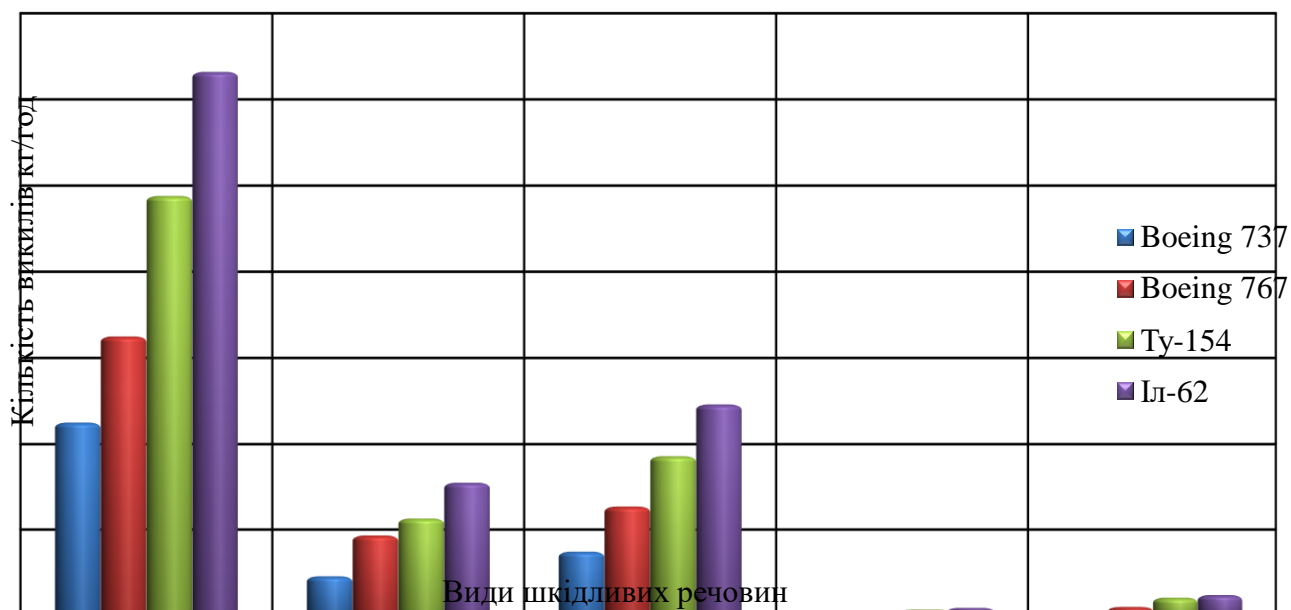


Рисунок 5.2 - Викиди шкідливих речовин для літаків різних типів

Об'єми накопичення твердих відходів у 2011 році склали: виробничі відходи – 43 тис. т; побутові відходи – 79,9 тис. т; відходи, які видаляються з літаків міжнародних авіаліній, – 2,1 тис. т. Відходами у аеропортах зайнято спеціальні приміщення площею в середньому до 3,3 тис. м², а площа відкритих сховищ (звалищ) складає 118,7 тис. м², з них тільки 18 % спеціально підготовлені для зберігання та накопичення відходів.

У ЦА авіаремонтні заводи та аеропорти із спецавтотранспортом є найбільш інтенсивними джерелами забруднення природної води. Стічні води авіаремонтних підприємств та аеропортів складаються з виробничих і господарсько-побутових стічних вод та поверхневих стоків.

Кількість стічних вод і їх склад змінюються протягом доби, тижня, місяця. Для ряду виробничих процесів характерний скид сильно концентрованих стічних вод.

Найбільшу небезпеку для водних об'єктів становлять стоки з території аеропорту: передангарного та доводневого майданчиків, складів ПММ, майданчиків для миття.

Поверхневі стоки з територій транспортних підприємств містять рідкі нафтопродукти, залишки миючих, дезинфікуючих, антиобмерзаючих і

протиожеледних реагентів, формувальних сумішей, розчинів, використовуваних у металообробці, відпрацьовані електроліти акумуляторних батарей, продукти руйнування штучних покриттів і зносу шин.

Таблиця 5.3

Джерела викиду та склад забруднюючих речовин у виробничих процесах на експлуатаційних та ремонтних ділянках аеропортів

Назва зони, ділянки, відділення	Виробничий процес	Забруднюючі речовини, що викидаються
Ділянка миття рухомого складу	Миття зовнішніх поверхонь	Пил, луѓи, поверхнево активні синтетичні речовини, феноли, нафтопродукти, розчинені кислоти.
Зони ТО, ділянка діагностики	Технічне обслуговування	Оксид вуглецю, вуглеводні, оксиди азоту, масляний туман, пил.
Електротехнічне відділення	Заточні, ізолюючі, обмоточні роботи	Абразивний та азбестовий пил, каніфоль, пари кислот.
Акумуляторна ділянка	Збір, розбирання та заряджувальні роботи	Промивочні розчини, пари кислот, електроліт, шлаки, лужні аерозолі
Відділення паливного обладнання	Регульовані та ремонтні роботи по паливному обладнанню	Бензин, гас, дизельне паливо, ацетон, бензол.
Зварювальний відділ	Електродугове та газове зварювання	Оксиди марганцю, азоту, хрому, хлористого водню.
Арматурне відділення	Різка скла, ремонт дверей, підлоги, сидінь	Пил, зварювальний аерозоль, дерев'яна та металева стружка.
Ділянка шиномонтажу та ремонту шин	Розбір та збір шин, ремонт покришок та камер, балансуєчі роботи	Мінеральний та гумовий пил, сірчаний ангідрид, пари бензину.
Ділянка лакофарбового покриття	Видалення старої фарби, знежирення, нанесення лакофарбового покриття	Пил, пари розчинників, аерозолі фарби, забруднена стічна вода.
Стоянки рухомого транспорту	Переміщення одиниць рухомого складу	Оксиди вуглецю, азоту, вуглеводні, попіл, сірчаний ангідрид.
Склад паливно-мастильних матеріалів	Отримання, зберігання, видача ПММ	Пари та рідкі розливи палива і масел.
Гальванічне відділення	Нанесення металопокриття	Соляна та сірчана кислота, нікель, мідь, гідроксид натрію, хромовий ангідрид.
Котельні	Подача тепла	Сажа, пил, сірчистий ангідрид, оксид вуглецю, вуглеводні.

Атмосферні опади, потоки дощових та талих вод також поглинають частину димових газів котелень, шкідливих викидів авто - та авіатранспорту, які осідають на аеродромі.

У пришляховому просторі при зльоті літака приблизно 50 % викидів у вигляді мікрочастинок відразу розсіюється на прилеглих до аеропорту територіях. Нагромадження забруднюючих речовин у пришляховій смузі призводить до забруднення екосистем і робить ґрунти на прилеглих територіях непридатними до сільськогосподарського використання.

Токсичні забруднюючі речовини з пересувних і стаціонарних джерел поділяються за ступенями небезпеки на 4 класи:

- 1 – надзвичайно небезпечні (тетраетилсвинець, свинець, ртуть та інші);
- 2 – високо небезпечні (марганець, мідь, сірчана кислота, хлор та інші);
- 3 - помірно небезпечні (ксілол, метиловий спирт та інші);
- 4 - малонебезпечні (аміак, бензин паливний, гас, оксид вуглецю, скипидар, ацетон та інші).

Таким чином, авіація є джерелом досить широкого спектру факторів негативного впливу на довкілля. У зв'язку з цим своєчасною і актуальною задачею є розробка і впровадження державних нормативних актів, що регламентували б розташування населених пунктів поблизу аеропортів, а також є доцільною розробка заходів та рекомендацій щодо зниження негативного впливу авіатранспортних процесів на довкілля.

5.2. Можливі заходи щодо зниження емісії авіаційних двигунів

З метою зменшення шкоди, що завдається навколишньому середовищу, в цивільній авіації встановлюються обмеження для викидів шкідливих речовин в атмосферу при роботі авіаційних двигунів.

При розробці норм гранично допустимих викидів (ГДВ) розглядаються екологічні наслідки забруднення приземного повітря в зоні аеропорту. В даний час в цивільній авіації встановлюються норми ГДВ для чотирьох компонентів

вихлопних газів авіаційних двигунів, що завдають найбільшої шкоди якості приземного повітря в зоні аеропорту. Такими є окис вуглецю CO, незгорілі вуглеводні C_nH_m , оксиди азоту NO_x і частинки сажі (дим).

При нормуванні емісії повітряних суден враховують не тільки екологічні потреби, а й технічні можливості зменшення викидів токсичних речовин авіаційними двигунами.

З цією метою розглядається вплив технічних характеристик повітряних човнів на забруднення зони аеропорту за стандартний злітно- посадковий цикл. Такий розгляд приводить до поняття про контрольний параметр емісії, що відіграє важливу роль при нормуванні гранично допустимих викидів в цивільній авіації.

З метою визначення контрольного параметра емісії для кожного типу двигуна проводяться сертифікаційні стендові випробування. Під час даних випробувань імітується стандартний злітно-посадковий цикл. При цьому вимірюється емісія шкідливих речовин: CO, C_nH_m і NO_x .

Методи визначення викидів шкідливих речовин при сертифікаційних стендових випробуваннях газотурбінних двигунів викладені в ГОСТ 17.2.2.04-86.

Характеристики емісії при стендових випробуваннях визначаються шляхом відбору проб газу з вихлопного потоку. Розташовують газовідбірник на досить великій відстані від вихідного пристрою, - так, щоб він не впливав на роботу двигуна. Від газовідбірника проби газу транспортують по магістралі до вимірювальної системи.

Оскільки при випробуваннях необхідно точно і швидко вимірювати дуже малі концентрації шкідливих речовин (до 0,0002%), застосовуються тільки швидкодіючі і високоточні експрес-аналізатори. Як правило, для вимірювання концентрації окислів вуглецю та азоту (CO і NO_x) використовуються спектральні методи. Зміст вуглеводнів C_nH_m у вихлопних газах вимірюється за допомогою полум'яно-іонізаційного методу.

Характеристики емісії істотно залежать від тиску, температури і

вологості повітря в камері згоряння. Ці параметри в свою чергу залежать від метеорологічних умов в атмосфері.

Тому вимірювання емісії при сертифікаційних стендових випробуваннях повинні проводитися при одних і тих же стандартних метеорологічних умовах. В якості таких прийняті метеорологічні умови в стандартній атмосфері на рівні моря ($T = 288\text{K}$ або 15°C , $P = 760$ мм рт. ст.) При абсолютній вологості повітря $a = 0,0629$ кг води/кг сухого повітря.

За результатами стендових випробувань відповідною організацією, що має на це право, видається спеціальний документ - сертифікат. Він засвідчує, що даний двигун чи літак не перевищує гранично допустимі рівні емісії шкідливих речовин. Сертифікат пред'являється адміністрації аеропорту на її вимогу.

Таким шляхом досягається дотримання літаками з газотурбінними двигунами граничних норм емісії окису вуглецю CO , вуглеводнів C_nH_m та оксидів азоту NO_x .

Емісія частинок сажі (диму) авіаційними двигунами обмежується в цивільній авіації простішим шляхом, ніж емісія розглянутих газоподібних компонентів вихлопних газів (CO , C_nH_m і NO_x). Єдина вимога до емісії сажі полягає в тому, щоб димного шлейфу не було видно. Дотримання цієї вимоги легко може бути проконтрольовано адміністрацією аеропорту безпосередньо під час експлуатації літаків.

В даний час методи ліквідації димлення у газотурбінних двигунів досить добре освоєні. Тому дотримання вимог по відсутності димного шлейфу при експлуатації літаків не викликає особливих труднощів.

На закінчення необхідно відзначити, що при розробці представлених вище методів нормування емісії повітряних суден враховується забруднення тільки приземного шару атмосфери в зоні аеропорту.

Таким чином, поки при нормуванні гранично допустимих викидів в цивільній авіації не приймаються в розрахунок екологічні наслідки забруднення літаками високих шарів атмосфери при польотах у верхній

тропосфері і нижній стратосфері. Найбільш важливі з них - руйнування захисного озонового шару планети, формування аерозольного шару в стратосфері, що затримує сонячну радіацію, глобальне забруднення навколишнього середовища.

5.3 Заходи, що підвищують екологічну безпеку в процесі технічного обслуговування авіаційної техніки

Для усунення або зменшення до безпечних рівнів шкідливого впливу виробничих факторів на навколишнє природне середовище необхідно впроваджувати захисні пристрої, створювати санітарні охоронні зони, застосовувати розосередження об'єктів зі шкідливим впливом на середу, встановлювати спеціальні правила роботи з агресивними рідинами, ізотопами, радіолокаторами, при випробуванні двигунів.

Для захисту атмосфери від забруднюючих речовин, перш за все необхідно удосконалити нормування гранично-допустимих викидів.

Як відомо, в авіації норми гранично-допустимих викидів речовин, що входять до вихлопних газів авіадвигунів та забруднюючих атмосферу поділяють на чотири шкідливих компонента (ІСАО, «ООС», Додаток 16, т. II - емісія АТ): окис вуглецю (СО); палали вуглеводні (СННН); окис азоту (NO_x); частинки сажі.

Найбільше забруднення повітря в зоні аеропорту має місце при роботі двигунів на режимі «малого газу». З метою скорочення викидів шкідливих речовин двигунами на землі необхідно скоротити час роботи двигунів: буксирувати ПС до місця старту і після посадки і після посадки до місця стоянки за допомогою засобів на електричній тязі; рулювання на старт виробляти, використовуючи тільки один двигун, що працює на підвищеному режимі; застосовувати пристрої, які сприяють більш повному згорянню палива.

Значного зменшення викиду шкідливих речовин можна досягти шляхом прогріву двигунів перед запуском від ДСУ або інших джерел.

Загалом, можна розглядати частку викидів шкідливих речовин в районі аеропорту на різних етапах польоту: зльоту, набору висоти, заходу на посадку і самої посадки.

Час руління літака на злітному етапі складає 90 % всього часу даного етапу, який характеризується роботою двигунів на малому газі і викидів в атмосферу великої кількості шкідливих і отруйних речовин, що забруднюють атмосферу в районі аеропорту, а так само роботою силових установок створюють шум.

Пропонується: рулювання літака виробляти по найбільш короткому маршруту до місця попереднього старту; зменшення часу очікування в зоні старту; застосовувати на літаках малошумні або зі зниженим рівнем шуму двигуни, що відрізняються найбільшою ефективністю і повнотою згорання палива; роботи з ТО проводити в суворій відповідності до Керівництва з ТО конкретного ПС, недопускаючи при цьому зливу палива, ПММ, спецрідин на землю; відходи виробництва, ганчір'я, тара тощо повинні збиратися і вивозити в строго відведені місця; злив палива з ПС робити тільки при наявності ПЗ і в його ємність; не допускати протоки гідроїдкості, масел, використовуючи для цього піддони або всілякі місткості; раціонально планувати роботу служби управління повітряним рухом.

Основними способами захисту від шуму, є застосування на ПС звукопоглинаючою (акустичної) облицювання, що покриває внутрішні поверхні гондоли двигуна.

Завдяки застосуванню акустичної облицювання гондоли можна знизити рівень шуму силової установки на 10...13 EPNdB [27].

Висновки до розділу 5

Для зниження забруднення атмосфери ПС ЦА необхідний комплекс заходів, що повинний включати: удосконалення авіадвигунів і ПС; застосування більш зроблених методів експлуатації; екологічно доцільне прямування ПС в аеропортах і на підходах до нього, найбільш віддалена перспектива, як видно, пов'язана з переходом на нові види палива.

Для зниження забруднення атмосфери ПС ЦА необхідний комплекс заходів, що повинен включати: удосконалення АД і ПС; застосування більш досконалих методів експлуатації; екологічно доцільне буксирування ПС в аеропортах.

Обмеження емісії авіадвигунів на основі удосконалювання конструкції двигунів і систем ПС може бути досягнуто тільки в плинні тривалого часу з постійним переходом до більш жорстких вимог, а також з переходом на нові види палива.

Проблема економії паливно-енергетичних ресурсів визвала інтерес до розробки альтернативних синтетичних палив і застосуванню рідкого водню в якості палива, у тому числі і для ПС. Безпосередньо, вид палива суттєво визначає льотно-технічні характеристики повітряних суден, у тому числі і ступінь забруднення навколишнього середовища. Отже, для зниження забруднення атмосфери ПС ЦА необхідний комплекс заходів, що повинен включати: вдосконалення АД і ПС.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

В даний час ремонт деталей з композиційних матеріалів для літаків є дуже важливим ремонтним процесом. Це пов'язано з тим, що велика кількість вітчизняних та іноземних літаків експлуатується авіаперевізниками; значна кількість дефектів пов'язана саме з пошкодженням шкіри або каркаса конструкції.

Ремонт силових елементів планера є дуже складним і вимогливим завданням. Особливо ретельним повинен бути ремонт лонжеронів крила і центральної частини. При цьому однією з головних вимог є забезпечення максимальної безпеки польотів.

Силові елементи планера ремонтують у суворій відповідності з інструкціями, інструкціями, технологіями ремонту та за затвердженими кресленнями та ескізами. Без зазначеної документації необхідних умовних запчастин і матеріалів ремонт силових елементів категорично забороняється. До ремонту допускаються висококваліфіковані спеціалісти зі спеціальним дозволом. Ремонт проводиться справним і перевіреним інструментом та обладнанням. Якість ремонту забезпечується множинним контролем (виконавець, бригадир, бригадир відділу контролю якості, інженер цеху, старший контрольний бригади комплексного контролю якості, інженерно-технічний персонал льотно-випробувальної станції, представник замовника, члени екіпажу). Ремонт силових установок планера неодмінно фіксується у вигляді силових агрегатів літака.

У цій дипломній роботі розглянуто технологію відновлення обшивки та несучого каркаса. З точки зору міцності, можна зробити висновок, що два елементи будуть мати повну міцність, якщо вони:

- геометрично схожі;
- мають рівні площі перерізів;
- виготовлені з того ж матеріалу;
- навантажений силами, рівними за значенням, напрямом і місцем

застосування.

Також обговорюються різні методи ремонту планера в залежності від пошкодження і того, що саме пошкоджено. Технологічні процеси ремонту планера повинні відповідати таким вимогам:

1. Забезпечення експлуатаційної надійності продукції.
2. Збереження міцності та жорсткості конструкцій.
3. Забезпечення необхідної герметичності в необхідних відсіках або контейнерах.
4. Збереження або зміна аеродинамічних, геометричних і вагових характеристик у допустимих межах.
5. Забезпечення низьких витрат на ремонт.
6. Забезпечення короткочасності ремонту.
7. Створення безпечних умов ремонту.

Використання нових видів обладнання для формування деталей із КМ та методів контролю значно покращує виконання операції оновлення. Для цього необхідно розробити нові технологічні карти, в яких при виконанні відновлювальної операції використовуватимуться світові та вітчизняні технології. Також не слід забувати, що нові літаки відомих авіабудівних компаній використовують нові матеріали в конструкції планера, наприклад полімерно-композитні матеріали. Композитні матеріали набагато легше алюмінієвих сплавів, які використовуються в якості облицювання. Тому світові авіавиробники вкладають значні кошти в розробку нових матеріалів, які не поступаються за характеристиками існуючим матеріалам, що використовуються зараз в авіації. Можливо, в майбутньому можна буде використовувати заклепки для з'єднання композитів, коли вони використовуються як облицювання або несучий каркас. Але не можна забувати, що у світі все ще працює велика кількість літаків, тому якісний ремонт планера зараз дуже потрібен.

Відносний варіант процесу складання встановлюється виходячи з ефективності інвестицій або вартості технології. Якщо розглянуті варіанти

істотно відрізняються один від одного використанням різних видів обладнання та інструментів, то знаходять приблизний термін окупності обладнання, тобто ефективність капітальних вкладень. Якщо розглянуті варіанти істотно відрізняються обладнанням в процесі складання, то вибирається оптимальний варіант з мінімальними технологічними витратами.

Використання нових матеріалів при виготовленні деталей з КМ покращує якість сполучного матеріалу. Деталі з КМ повинні відповідати вимогам, встановленим технічними умовами.

Поверхня деталі СМ повинна бути гладкою, чистою, без тріщин, розшарування, защемлення, порожнин, бульбашок, корозії та інших дефектів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Матвієнко В.А. та ін. Використання методу багато критерної оптимізації для визначення параметрів процесу формування клейового шару // Авіаційна промисловість. 1992 . № 5 . С.36 - 37 .
2. Алешин Н. П., Григорьев М. В., Щипаков Н. А. Современное оборудование и технологии неразрушающего контроля ПКМ // Инженерный вестник. 2015. № 1. С. 233-538.
3. Бейдер Э.Я. Литые термопластичные материалы авиакосмического назначения// Российский хим. журнал (Журнал Рос. хим. об-ва им. Д.И. Менделеева).- 2010.- Т. LIV, № 1.- С. 41-45.
4. Вашуков, Ю. А. Технология ракетных и аэрокосмических конструкций из композитных материалов [Электронный ресурс] Мультимедийный образовательный модуль / Ю.А. Вашуков Минобрнауки России, Самар. гос. аэрокосм. ун-т им. С. П. Королева (Нац. исслед. ун-т). - Электрон. текстовые и граф. Дан. (3766 Кбайт, печатный аналог 185 с.). - Самара, 2012.
5. Виробнича інструкція ПІ 1.4.1484-94. Контроль не руйнуючий нероземних з'єднань з полімерних композитних матеріалів. М.: НІАТ, 1994.
6. Воробйов В.В., Маркін В.Б. Контроль якості виготовлення і технологія ремонту композитних конструкцій//Новосибірськ « Наука» 2015р.
7. Гончаренко В.А. О механизме сварки в расплаве термопластичных материалов. Часть 1.// Сварочное производство.- 1996.- № 7.- С. 2-6.
8. Гончаренко В.А. О механизме сварки в расплаве термопластичных материалов. Часть 2.// Сварочное производство.- 1996.- № 8.- С. 31-35.
9. Дрожин А.В. Вплив структури поверхні полімерних композиційних матеріалів на міцність ремонтного клейового з'єднання. /МШГА. М., 2009.С.52-55
10. Захаров Н.Г. Вплив ультразвукової обробки на властивості клейової композиції / Проблеми вдосконалення ремонту авіаційної техніки: Зб.науч . тр.

М. ; МІПА, 1999 .

11. Збірні, монтажні і випробувальні процеси у виробництві літальних апаратів: Посібник для студентів вищих технічних навчальних закладів / В.А. Барвінок, В.І. Богданович, П.А. Бордакова, Б.П. Лешков М.: Машинобудування 2006. 576 с.

12. И.М. Буланов, В.В. Воробей «Технология ракетных и аэрокосмических конструкций из композиционных материалов» Посібник для вузів. - Москва: МГТУ ім. Баумана, 1998. - 516 с. з іл.

13. Кардашов Д.А. Сентетичні клеї. 3-е видав., перероб. і доп. М.: Хімія 1996. 504 с.

14. Комаров Г.В., Мацюк Л.Н., Шадрин А.А., Шестопад А.Н. Сварка термопластичних композиционных материалов: Обзор.- Киев: ИЭС им. Е.О. Патона, 1992.- 32 с.

15. Композиційні матеріали: Довідник / В.В. Васільєв, В.Д. Протасов, В.В. Болотін та інші. М.: Машинобудування 2014. 512 с.

16. Кортен Х.Т. Руйнування армованих пластиків. М. : Хімія 2007. - 165 ст.

17. Крисин В.Н. Слоїсті клеєні конструкції в літакобудуванні. М. : Машинобудування, 1990. 228 с.

18. Крисин В.Н., Крисин М. В. Технологічні процеси формування, намотки і склеювання конструкції. М.: Машинобудування, 1999. 240 с.

19. Лакофарбові матеріали в машинобудуванні / Під редак. Гольдберга М.М. М.: Машинобудування 2004. 576 с.

20. Матеріали сучасної техніки та захист від руйнування : навчальний посібник /Ю. В. Борисенко. – К. : КНУТД, 2016. – 111 с.

21. Михайлин Ю.А. Теплостойкие полимеры и полимерные материалы.- СПб.: Профессия, 2006.- С. 240.

22. Мурашов В. В., Румянев А. Ф. Дефекты монолитных деталей и многослойных конструкций из полимерных композиционных материалов и методы их выявления. Ч. 2. Методы выявления дефектов монолитных деталей

и многослойных конструкций из полимерных композиционных материалов // Контроль. Диагностика. 2007. № 5.

23. П.Мельніков П.С. Довідник по гальванічних покриттях в машинобудуванні. 2-е видав.,перероб. і доп. М.: Машинобудування, 2001. 384 с.

24. Парнасов В.С., Добромыслов В.А. Особенности использования МНК полимерных композиционных материалов//15 Российская науч.-техн. конф. «Неразрушающий контроль и диагностика».- Москва, 28 июня – 2 июля 1999 г. : Тез. докл. Т. 1/ Рос. Об-во по неразрушающему контролю и технич. диагностике.- М., 1999.- С. 110.

25. Полимерные композиционные материалы: структура, свойства, технология : учеб. пособие / М. Л. Кребер, В. М. Виноградов, Г. С. Головкин и др. / под ред. А. А. Берлина. СПб. : Профессия, 2008. 560 с.

26. Рогов В. А., Шкарупа М. И., Велис А. К. Классификация композиционных материалов и их роль в современном машиностроении. – Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Инженерные исследования. 2012. – Электронный ресурс: <https://cyberleninka.ru/article/n/klassifikatsiya-kompozitsionnyh>

27. Сіроткін О.С. та ін. Вплив пружних параметрів композиційних матеріалів на концентрацію напруги в зоні зшивних елементів / Додаток до журналу "Авіаційна промисловість". 2009 . № 5 . С. 3-6

28. Смылова Р.А., Котляров С.В. Довідник посібник по герметизаційним матеріалам на основі каучука .М.: Хімія, 2016. 72 с.

29. Технология изготовления обтекателей из композиционных материалов / В.В. Василенко, Я.С. Карпов, С.П. Кривенда, М.Ю. Русин, М.А. Шевцова. – Учеб. пособие. – Харьков: Нац. аэрокосм. ун-т «Харьк. авиац. ин-т», 2005. – 48.

30. Технологічний не руйнуючий контроль пластмасс / Потапов А.І., Ігнатов В.М., Олександров Ю.Б. Л.: Хімія 2013. 288 с.

31. Технологічні рекомендації ТР 1.4.1831-88 Ремонт стільникових

клеєних конструкцій з полімерних композиційних матеріалів. М.: НІАТ, 2004. 183 с.

32. Троицкий В. А., Карманов М. Н., Троицкая Н. В. Неразрушающий контроль качества композиционных материалов // Техническая диагностика и неразрушающий контроль. 2014. № 3. С. 29-33.

33. Ушаков А.О. Акименко А.А. Вплив способу виготовлення на статичну міцність тришарових стільникових конструкцій з обшивками з вуглепластів КМУ - 4Е / Авіаційна промисловість. 2009 . № 7 С.3 -5.

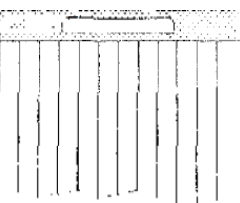
34. Чаромский А.А. Клеевые технологии для машиностроения и ремонта// Машиностроитель.- 1996.- № 10.- С. 56-58.


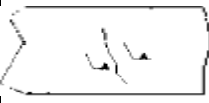
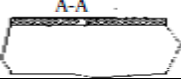
35. Чернышов Е. А., Романов А. Д. Современные технологии производства изделий из композиционных материалов. – Ж.: Современные наукоемкие технологии. 2014, №2. – Электронный ресурс: <https://www.top-technologies.ru/ru/article/view?id=33649>.

ДОДАТОК

Таблиця Д.1

Типи дефектів конструкції з полімерних композиційних матеріалів
і причини їх виникнення

№ п/п	Іменування дефекту	Місцелокації дефекту	Характеристика дефекту	Ескіз дефекту	Причини виникнення
1	2	3	4	5	6
1.	Подряпини: а) у матриці (в сполучному). б) неглибока подряпина в наповнювачі (в тканини, стрічки)	По всьому полю агрегату По всьому полю агрегату	Щілинне несквозное пошкодження Глибина менше 25% товщини обшивки		Недбалі: транспортування, зберігання, експлуатації Недбалі: транспортування, зберігання, експлуатація
2.	Розслоєння	По всьому полю агрегату	Зовнішня міжслойний зв'язок обшивки		Порушення технології виготовлення конструкції (розгерметизація вакуумного мішка в процесі формування обшивки, неякісний препрег, залишки плівки підкладки)
3.	Відслоєння	Обшивка-сотовий заповнювач; обшивка - каркас; каркас – сотовий заповнювач	Нарушення цілості зклеєного з'єднання		Порушення технології складання склеювання агрегату, неприпустимо високі акустичні навантаження, накопичення вологи

1.	2.	3.	4.	5.	6.
4.	Вмятина	Обшивак-сотовий заповнювач	Деформація обшивки і сотового наповнювача		Недбала транспортування, зберігання, механічні пошкодження внаслідок зіткнення з сторонніми предметами
5.	Пробоїна: а) одностороння б) сквозна	По всьому полю агрегата По всьому полю агрегата	Місцевий руйнування в одній обшивці сотовому заповнювачі Місцевий руйнування в одній обшивці сотовому заповнювачі	 	Недбала транспортування, зберігання, механічні пошкодження внаслідок зіткнення з сторонніми предметами
6.	Тріщина	По всьому полю агрегата	Щільове сквозне порушення цілості обшивки	 	Нерівномірне напруження, недопустимі високі навантаження