

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

ДОПУСТИТИ ДО
ЗАХИСТУ

Завідувач кафедри

канд. техн. наук, доц.

_____ О.В. Попов

«__» _____ 2022 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

(ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА)

ЗДОБУВАЧА ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТРА

ЗА ОСВІТНЬО-ПРОФЕСІЙНОЮ ПРОГРАМОЮ

«ТЕХНІЧНЕ ОБСЛУГОВУВАННЯ ТА РЕМОНТ ПОВІТРЯНИХ СУДЕН І
АВІАДВИГУНІВ»

Тема: Удосконалення системи технічного обслуговування компонентів
літальних апаратів виготовлених із композиційних матеріалів

Виконав: _____ **В.В. Вовк**

Керівник: канд. техн. наук, доц. _____ **Є.О. Сікорський**

Консультанти з окремих розділів пояснювальної записки:

охорона праці: канд. техн. наук, _____
доц.

охорона навколишнього
середовища: _____
канд. техн. наук, доц.

Нормоконтролер _____

Київ 2022

НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Аерокосмічний факультет (денна форма навчання)

Кафедра підтримання льотної придатності повітряних суден

Освітній ступінь «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

«__» _____ 2022 р.

ЗАВДАННЯ

на виконання кваліфікаційної роботи

Вовка Владислава Віталійовича

1. Тема роботи «Удосконалення системи технічного обслуговування компонентів літальних апаратів виготовлених із композиційних матеріалів» затверджено наказом ректора від _____
2. Строк виконання роботи: з _____ р. по _____ 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 обшивки літка 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; 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	Строк виконання	Відмітка про виконання
Видача завдання на дипломне магістерське досліджування		
Пошук матеріалу до кваліфікаційної магістерської роботи		
Аналіз технологічного процесу і обладнання виконання роботи		
Забезпечення охорони праці при виконанні дослідження		
Дослідження технологічного процесу ремонту обшивки планера зкомпозиційних матеріалів		
Обробка результатів дослідження		
Оформлення кваліфікаційної магістерської роботи:		
Охорона праці та навколишнього середовища		
Основні висновки та рекомендації		

7. Консультанти з окремих розділів

Розділ	Консультант (посада, П.І.Б)	Дата, підпис	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Охорона праці			
Охорона навколишнього середовища			

8. Дата видачі завдання: « ____ » _____ 2022 року.

Керівник кваліфікаційної роботи _____ **Є.О. Сікорський**

Завдання прийняв до виконання _____ **В.В. Вовк**

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до дипломної роботи «Удосконалення системи технічного обслуговування компонентів літальних апаратів виготовлених із композиційних матеріалів» містить:

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

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

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

Мета дипломної роботи – аналіз можливих дефектів та удосконалення системи технічного обслуговування компонентів літальних апаратів з послідуочим відновленням.

Метод дослідження – відновлення деталей обшивки літака з композиційних матеріалів планера літака за допомогою нових сучасних методів, які застосовуються в авіації та удосконалення системи технічного обслуговування компонентів літальних апаратів з послідуочим відновленням.

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**

ЗМІСТ

ВСТУП.....	8
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ЗАСТОСУВАННЯ ДЕТАЛЕЙ В АВІАЦІЇ, ВИГОТОВЛЕНИХ З КОМПОЗИЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ.....	10
1.1. Загальні відомості про композиційні матеріали та їх застосування в конструкції літака.....	10
1.2 Види дефектів деталей з композиційних матеріалів.....	15
1.3 Методи визначення та оцінки дефектів конструкцій з КМ.....	21
Висновки до розділу 1.....	31
РОЗДІЛ 2. ПРОБЛЕМИ РЕМОНТУ ДЕТАЛЕЙ ТА ВИРОБІВ З ПОЛІМЕРНИХ КОМПОЗИЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ.....	31
2.1 Експлуатаційні властивості поверхневого шару обшивок ПС.....	31
2.2 Види пошкоджень конструкцій літака з композиційних матеріалів	35
2.3 Особливості ремонту конструкцій ПС, виготовлених із композиційних матеріалів.....	43
Висновки до розділу 2.....	54
РОЗДІЛ 3. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС РЕМОНТУ ОБШИВКИ ПЛАНЕРА З КОМПОЗИЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ.....	55
3.1 Технологічний процес ремонту обшивки планера.....	55
3.2. Особливості ремонту обшивки літака з композиційних матеріалів методом термокомпресійного формування.....	59
3.3. Ремонт обшивки планера з композиційних матеріалів з	

трубчатим наповнювачем.....	63
Висновки до розділу 3.....	70
РОЗДІЛ 4 ОХОРОНА ПРАЦІ.....	71
4.1 Шкідливі та небезпечні фактори при експлуатації або ремонті повітряних суден	73
4.2 Технічні і організаційні заходи для зменшення рівня впливу небезпечних та шкідливих чинників в процесі технічного обслуговування повітряних суден.....	74
4.3 Розрахунок освітлення виробничого приміщення	75
4.4 Забезпечення пожежної та вибухової безпеки при технічному обслуговуванні повітряних суден.....	77
4.5 Інструкція з охорони праці інженерно технічного складу при технічному обслуговуванні повітряних суден	79
Висновки до розділу 4	82
РОЗДІЛ 5 ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА....	83
5.1 Екологічна безпека в авіаційній галузі.....	83
5.2 Вплив прилеглих видів землекористувань та особливостей дикої природи на діяльність аеропорту та основні інструменти її регулювання.....	89
5.3 Методи подолання негативного впливу діяльності аеропорту.....	93
Висновки до розділу 5.....	96
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	97
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	99

ВСТУП

Актуальність роботи. Полімерні композиційні матеріали (ПКМ) знаходять дедалі більше застосування деталей відповідального призначення літальних апаратів. В авіаційній техніці особливо значним є зростання обсягу застосування високомодульних ПКМ – вуглепластиків, склопластиків, органопластиків, вуглецевих матеріалів, а також ПКМ, у яких шари волокнистого матеріалу чергуються із шарами фольги та різних гібридних ПКМ.

В даний час відсіки фюзеляжу, кесона та панелі крила, деталі механізації крила, шкарпетки кіля та стабілізатора, панелі стабілізатора та кіля, деталі конструкції вертольота, лопатки компресорів, вентиляторів, гвинтів, підсилюючі накладки корпусу, оболонки монолітної та тришарової виконуються з ПКМ, у тому числі з вуглепластику ВКУ-17КЭ0,1 і склопластику ВВС-37К10, що формуються з клейових препрегів, які отримують за розпальною технологією.

Прискорення науково-технічного прогресу в авіації полягає насамперед у значному розширенні номенклатури використовуваних матеріалів і технологій. Сучасні високоміцні полімерні композиційні матеріали (ПКМ), вуглецеві, скло-, базальто- та органопластики, а також стільникові конструкції на їх основі мають високу ефективність за рахунок зменшення маси літального апарату (ЛА) та спрощення технології його виготовлення. виробництва.

Композитні конструкції широко використовуються в корпусах літаків, включаючи панелі фюзеляжу та крила, рулі напрямків, планки, закрилки, спойлери, спойлери, двері шасі.

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.

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.

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

Мета дипломної роботи – аналіз можливих дефектів та удосконалення системи технічного обслуговування компонентів літальних апаратів з послідуєчим відновленням.

Метод дослідження – відновлення деталей обшивки літака з композиційних матеріалів планера літака за допомогою нових сучасних методів, які застосовуються в авіації та удосконалення системи технічного обслуговування компонентів літальних апаратів з послідуєчим відновленням.

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. Загальні відомості про композиційні матеріали та їх застосування в конструкції літака

Технічний прогрес у 20 столітті привів до створення нових конструкційних матеріалів з високою питомою міцністю і жорсткістю - композиційні матеріали (КМ), або композити. Тепер можна стверджувати, що майбутнє цивільної авіації за композитними конструкціями.

Особливості композитів: підвищена по відношенню до традиційних металевих конструкційних матеріалів питома міцність і Жорсткість композиційних матеріалів визначається властивостями армуючого волокна - наповнювача. Спільну роботу волокон забезпечує матриця – сполучна речовина. Назви багатьох КМ включають типи наповнювачів і сполучних: вуглепластики, склопластики, органопластики та інші матеріали. Перше слово характеризує вид наповнювачів: вуглецеві, скляні та інші волокна і тканини, а друге характеризує види сполучного: пластмаси на основі різних смол або спеціальних клеїв.

Головна особливість створення конструкції з СМ, на відміну від Традиційне використання металів полягає в тому, що процес проектування продукту починається зі створення самого матеріалу. В даному випадку властивості матеріалу формуються в процесі виробництва тієї чи іншої конструкції. Отже, матеріальний дизайн, дизайн сам дизайн і розробка виробничого процесу це єдиний взаємопов'язаний процес, у якому кожен із компонентів доповнює та визначає інші. Чим менша вага, тим краща аеродинаміка.

Мінімальна вага конструкції планера є одним з основних критеріїв, що визначають досконалість конструкції літака. Її реалізація залежить від

правильності вибору матеріалів, конструкції агрегатів з композиційних матеріалів та їх параметрів. Зі зменшенням маса конструкції за рахунок використання композиційних матеріалів підвищує економічну ефективність літака.

Використання в силовій частині конструкції пасажирського планера авіаційні полімерні композиційні матеріали дозволяють не тільки зменшити масу планера, а й підвищити його аеродинамічну досконалість. Зростання аеродинамічних якостей і крейсерського числа Маха забезпечується оптимальними значеннями конструктивних параметрів крила, то є подовження, стрілоподібність і відносна товщина його профілю, що недосяжно для металевих конструкцій.

Частка використання композиційних матеріалів у конструкції сучасних далекомагістральних літаків досягає 50%. Наприклад, на літаках Boeing 787 Dreamliner і Airbus A350 композитні матеріали використовуються в конструкції крила, центроплана, фюзеляжу і хвостового оперення. 96 Композиційні матеріали також широко використовуються в конструкціях російських літаків. Частка використання КМ на новому російському літаку МС-21, розробленому корпорацією «Іркут», складе ~ 35–37%. На літаках нового покоління Sukhoi Superjet 100 вузли механізації крила, рулі, двері шасі і обтічники виготовлені з композитних матеріалів. ЗАТ «Цивільні літаки Сухого» працює над збільшенням частки використання композиційних матеріалів у конструкції планера літака, в тому числі в конструкції крила і центроплана.

Очікується, що широке застосування композиційних матеріалів сприятиме:

- 1) зменшенню маси планера літака до 15%;
- 2) підвищенню паливної ефективності;
- 3) збільшенню ресурсу;
- 4) зниження експлуатаційних витрат до 10% і витрат на технічне обслуговування до 30% (оскільки потрібно менше перевірок конструкції) за

рахунок більшої стійкості до корозії та більшого терміну служби КМ порівняно з металами;

5) зменшення кількості деталей у конструкції і, відповідно, зниження трудомісткості та вартості складання.



Рисунок 1.1 - Використання КМ у SSJ 100

Зниження маси конструкції, як інструмент підвищення економічної ефективності літальних апаратів, є одним із пріоритетних завдань розвитку сучасної авіаційної техніки. У контексті вирішення цієї проблеми при створенні нових літаків дедалі ширше застосування знаходять полімерні композиційні матеріали (ПКМ). За кордоном обсяг використання ПКМ у конструкції планера сучасних літаків досягає 50% за вагою, наприклад Boeing 787 (США) – 50%, Airbus A380 (Європа) – 30%, Airbus A350 (Європа) – 50%.

Розрахункові дані, підтверджені результатами експериментальних досліджень та льотних випробувань, показують, що використання композиційних матеріалів дозволяє знизити вагу планера літального апарату на 30-40% порівняно з вагою планера традиційних металевих матеріалів. Все

це забезпечує отримання резерву ваги, який може бути використаний для збільшення дальності польоту або корисного навантаження. Використання композиційних матеріалів авіаційної промисловості значно знижує матеріаломісткість конструкцій, збільшує до 90% коефіцієнт використання матеріалу, зменшує кількість оснастки і різко знижує трудомісткість виготовлення конструкцій за рахунок зменшення в кілька разів кількості деталей, що входять до них.

Композити являють собою металеві та неметалічні матриці (основи) із заданим розподілом у них зміцнювачів (волокон, дисперсних частинок та ін.); при цьому композиційні матеріали дозволяють ефективно використовувати індивідуальні властивості складових композиції.

Вміст компонентів можна отримувати композитні матеріали з необхідними значеннями міцності, жароміцності, модуля пружності, абразивної стійкості. Композити мають комплекс конструкційних і спеціальних властивостей, практично недосяжних у традиційних матеріалах на металевій, полімерній, керамічній, вуглецевій та інших основах. Порівняльні властивості різних конструкційних матеріалів представлені у табл. 1.

В якості наповнювачів для композитів можуть використовуватися тканини, цільноткані чохла, стрічки, джгути, нитки на основі багатофазних і полікристалічних безперервних волокон і ниткоподібних монокристалів скла, вуглецю, бору, берилію, органічних волокон, що мають високі міцність і модуль.

В якості сполучних при виготовленні деталей та виробів з керамічних матеріалів найбільшого поширення набули епоксидні, фенолформальдегідні, кремнійорганічні та поліамідні смоли. Матеріал матриці визначає, як правило, рівень робочих температур нагріву композиційних матеріалів, характер зміни їх властивостей при впливі температури, атмосферних газів та інших факторів, а також режими одержання та переробки матеріалів.

Найбільш широке застосування у сучасному літакобудуванні знайшли

композити на основі вуглецевих та скляних волокон. Особливістю вуглепластиків є їх висока міцність в томи, більша, ніж у боро- і скловолокнітів, і знаходиться на рівні втомної міцності титану і легованих конструкційних сталей. Вуглепластики істотно перевершують метали і сплави по віброміцності, так як мають високу демпфуючу здатність. Вуглепластики характеризуються високою радіаційною, водо-, аеро- та бензостійкістю. Найчастіше застосовуються для виготовлення сильно- та середньонавантажених конструкцій.

Таблиця 1.1

Порівняльні властивості різних конструкційних матеріалів

Матеріал	Щільність, ρ , кг/м ³	Міцність, σ_b , МПа	Модуль пружності, E, ГПа
Вуглепластик	1500	1200	170
Боропластик	2000	1200	270
Органопластик	1300	2000	95
Склопластик	2000	2000	70
Алюмінієві сплави	2700	600	70
Титанові сплави	4500	1100	110
Стали	7800	2100	200

Полімерні скловолокніти відрізняються від інших композиційних матеріалів конструкційного призначення поєднанням високої міцності, порівняно низької щільності, теплопровідності, радіопрозорості, хороших електроізоляційних властивостей, доступності та низької вартості наповнювача, що зміцнює. Зазвичай, використовуються в зрененавантажених стільникових та малонавантажених конструкціях [1].

Вибір брендів і постачальників композитних матеріалів здійснювався за такими критеріями:

- повнота інформації про рекомендовані виробниками матеріали;
- відповідність матеріалів необхідному рівню властивостей;
- оптимальне співвідношення масових і міцнісних характеристик матеріалів;

- мінімізація номенклатури матеріалів;
- широке використання матеріалів в аналогічних ресурсних конструкціях іноземних літаків;
- згода компаній - виробників матеріалів на проведення спільних робіт з виготовлення зразків для проекту МС-21.

Результати вивчення інформації, наданої російськими і зарубіжними виробниками композитів і авіаційних компонентів виробництва ПКМ, а також спеціалізованих науково-дослідних організацій показали, що вітчизняні матеріали, здебільшого, не відповідають заданим показникам якості і оптимальним рішенням є використання імпортних ЦМ.

Основні матеріали для виготовлення важконавантажених деталей конструкції (панелі, лонжерони і нервюри центроплана, панелі і лонжерони консолей крила, обшивки і лонжерони стабілізатора і кіля, нервюри консолі крила, центроплана, стабілізатора і кіля) — препреги компанії HEXCEL (США) марок Hex Ply M21/34%/ UD194/ІМА та HexPly M21/40%/285T2, виготовлені з вуглецевого волокна ІМА та вуглецевої тканини 285T2 з епоксидною смолою М21. Матеріал покривного шару для конструкцій з вуглецевого волокна - препрег на основі скловолокна марки 120, просоченого епоксидним сполучним марки М21-HexPly M21-45%-120 (HEXCEL).

Вітчизняні матеріали також знайшли застосування в деяких середньонавантажених стільникових і малонавантажених конструкціях: наприклад, наконечники консолей стабілізатора, вилки рекомендується виконувати з використанням вітчизняного клейового препрегу КМКС-2м. композиції). Як основний стільниковий наповнювач рекомендується полімерний композит марки ПСП-1К-2,5-48.

1.2 Види дефектів деталей з композиційних матеріалів

При виготовленні конструкцій з ПКМ існує велика кількість факторів, що впливають на їх властивості. Багато з цих факторів взаємопов'язані.

Руйнування, що визначає граничну міцність конструкцій, має прогресуючий характер і відбувається за рахунок локальних дефектів і концентрації напружень у матеріалі [6].

Відомо, що на міцність ПКМ впливає наявність пустот або бульбашок газу, якість зчеплення наповнювача з полімерною матрицею, а також поверхневі дефекти, що порушують цілісність і суцільність армування. Коротко розглянемо кожен дефект.

Наявність пустот в ПКМ призводить до зниження міцності на розрив, стиск за рахунок зменшення поперечного перерізу конструкції. Залежність уявної міцності від об'єму пустот:

Загальний об'єм матеріалу дорівнює сумі об'єму твердих тіл і об'єму пустот. Експериментальні дані [6] показують, що при об'ємі пустот у склопластику 5 % межа міцності на розрив зменшується в 1,15 раза, а при 10% відповідно в 1,25 раза.

Велике значення для механічних властивостей має міцність зчеплення волокон наповнювача з полімерною матрицею.

При виборі компонентів ПКМ і при виготовленні конструкцій необхідно забезпечити наявність хімічних зв'язків між полімерною матрицею і волокном, а також механічне «стиснення» волокон.

Але якщо при виготовленні препрегів та їх зберіганні не забезпечується задана вологість наповнювачів, то міцнісні властивості пластмас значно знижуються і призводять до дефектів експлуатації, оскільки зв'язок волокна з матрицею, оболонками та наповнювач зламався.

Розглянемо вплив поверхневих дефектів на міцність конструкцій.

Дефекти поверхонь може виникати при виготовленні конструкцій, а також при їх експлуатації. Цей вид дефектів порушує цілісність і суцільність арматури. Поверхневі дефекти включають складки шарів наповнювача, стикання або накладання країв одного або кількох шарів наповнювача, макроскопічні тріщини, подряпини, порізи тощо.

Наявність зморшок призводить до зниження міцності на розтяг і стиск,

наявність поверхневих розривів призводить до зниження міцності на розрив, розшарування оболонок, оскільки перевищення міцності на зсув сполучного призводить до розшарування кінців розрізаних волокон, а далі до повного руйнування конструкції.

Щоб оцінити вплив дефектів на міцність конструкції, необхідно знати, в яких умовах буде працювати матеріал конструкції. Можливо, що той самий матеріал, який має деякі дефекти, буде задовільно працювати за певних умов, тоді як наявні дефекти можуть розвинути в ньому за інших умов.

Тріщини в матриці є концентраторами напружень і впливають на характеристики міцності, розвиваються швидше розшарування, можуть мати розгалуження і призводити до різкого руйнування матриці між шарами армуючого матеріалу. Таким чином, основними причинами руйнування (повного або часткового) ПКМ є [8]:

- розкид фізико-механічних і геометричних параметрів матриці та армуючого матеріалу;
- недостатньо добрі адгезійні та когезійні характеристики матриці та армуючого матеріалу, клейових матеріалів;
- залишкові напруги в матриці;
- внутрішні технологічні мікрodefekти волокна, матриці на межі «волокно – матриця» (пори, тріщини, розшарування, оболонки, складки);
- дефекти поверхні (ризики, подряпини, складки, тріщини, нахлести препрегів тощо).

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

Відхилення від заданих розмірів (дефекти розмірів) можуть стосуватися всього виробу або його елементів. Вм'ятину можна віднести до розмірного дефекту, який легко утворюється у всіх полімерних матеріалах (рис. 1.2). В області головки застібки може утворитися вм'ятину, що

супроводжується опуклістю навколо головки [9]. Поява габаритного дефекту може супроводжуватися значною зміною форми виробу (рис. 1.3).

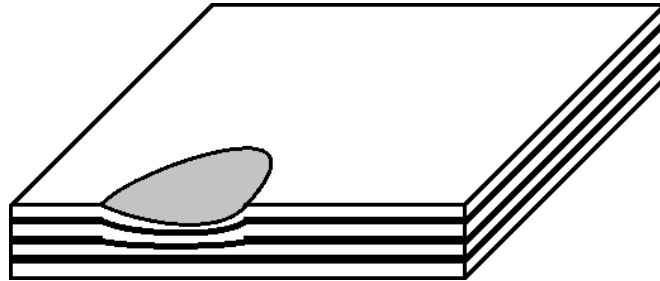
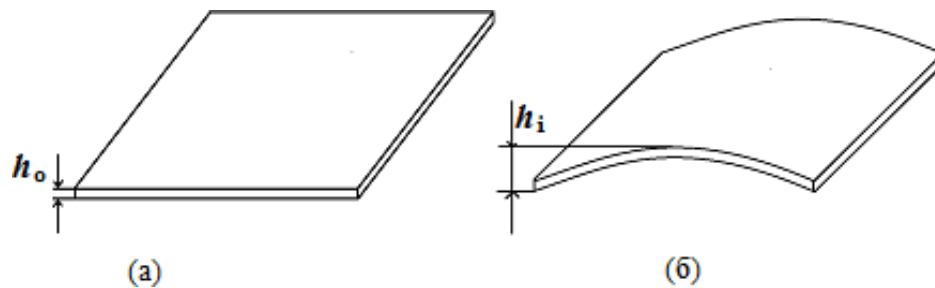


Рисунок 1.2 - Дефект у вигляді вм'ятини



a – необхідна форма; b – форма, яка утворилася

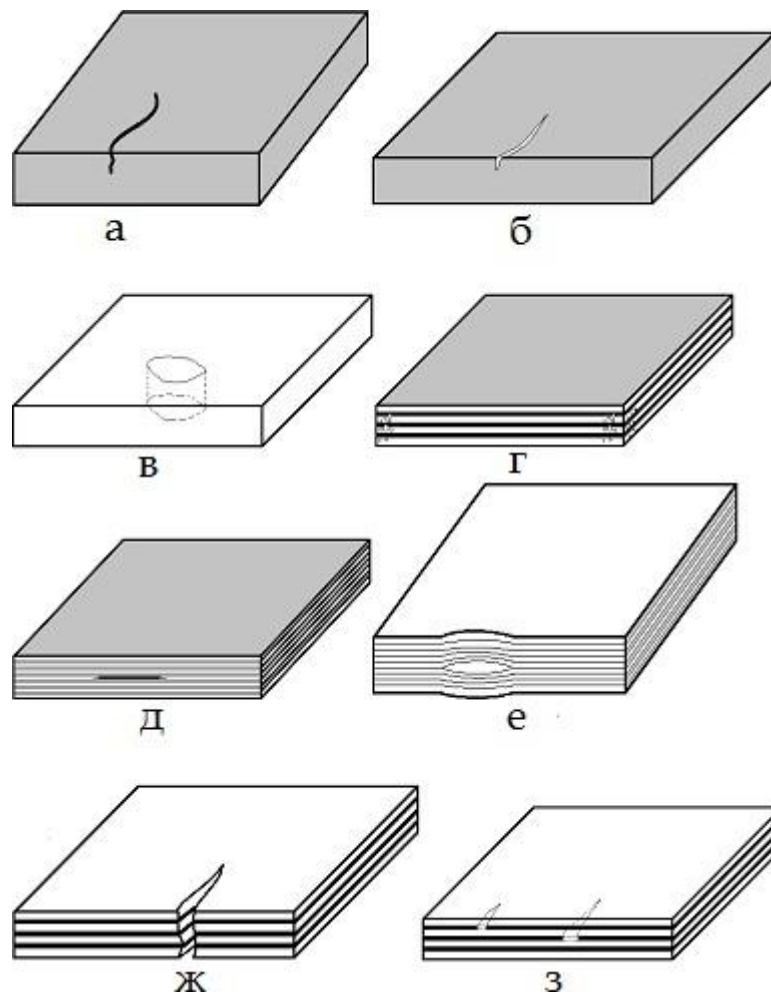
Рисунок 1.3 - Розмірний дефект, який виражається в збільшенні висоти від h_o до h_i деталі у результаті викривлення

До порушень цілісності стінки елемента КМ можна віднести внутрішні дефекти, такі як розшарування, тріщини, пори, «відшарування», руйнування в матричних або клейових шарах, а також зовнішні дефекти, такі як відколи, лущення, відшарування [9].

До серйозних порушень цілісності КМ відносяться розриви в матеріалі або його структурних елементах (волокнах і матриці), отвори. Менш серйозними дефектами можна вважати подряпини, але враховуючи високу чутливість ПКМ до концентраторів напруги, їх усуненню також слід приділити належну увагу. Деякі з цих дефектів показано на рисунку 1.4.

Дефекти розмірів, виявлені після формування деталі або складання виробу (наприклад, шляхом гарячого склеювання), усуваються в процесі встановлення технології формування деталі шляхом створення симетричної

схеми укладання заповнювача шляхом вибору способу нагріву деталі. з'єднуються і т. д. Їх можна запобігти, більш ретельно враховуючи експлуатаційні фактори в конструкції матеріалу деталі, враховуючи властивості матеріалу і умови зберігання деталей (наприклад, труби перед установкою трубопроводу, облицювання перед установкою панель 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 1.4 - Несуцільність у стінці деталі

Пори з'являються в матриці в процесі виробництва СМ. Їх вміст визначається поверхневим натягом і в'язкістю сполучного, а також текстильною формою армуючого матеріалу та умовами його просочення [8].

У реальних умовах роботи виробів РСМ можлива комбінація дефектів: отвір і відшарування, надрив і відшарування, вм'ятина і надрив і т.д.

Сторонні вкраплення включають частини тіла, розташовані в стіні з композицією, відмінною від РСМ. Їх поява може бути пов'язана з порушенням технологічної дисципліни і впливом експлуатаційних факторів, наприклад сторонніх тіл на поверхні деталі. Як часткове стороннє включення, що порушує однорідність структури ПКМ, можна розглядати складки наповнювача та порушення його орієнтації порівняно з наведеною схемою (рис. 1.5).

Відхилення від заданого складу або структури ПКМ при збереженні монолітності стінки елемента можуть призвести до порушення рецептури матеріалу, впливу факторів старіння (випромінювання, нагрівання, підвищена вологість тощо). Як правило, вони не підлягають розгляду коригувального завдання.

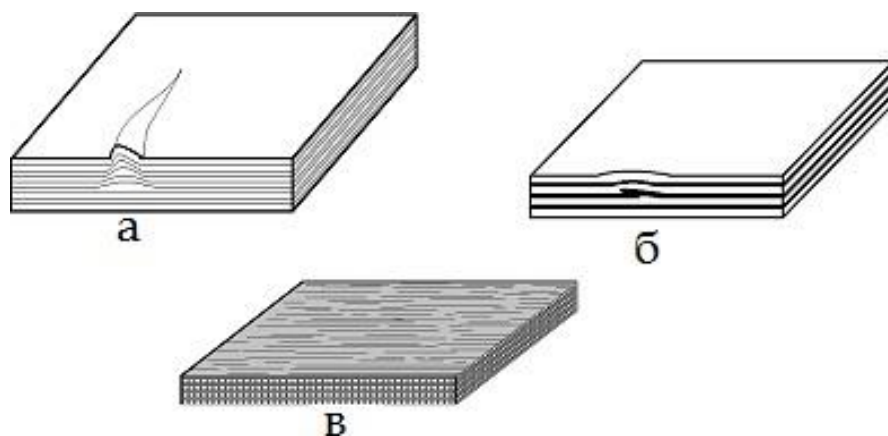


Рисунок 1.5 - Дефекти у вигляді зовнішньої (а) та внутрішньої (б) складок наповнювача та порушення орієнтації наповнювача (в)

Стосовно виробів із термопластичних композиційних матеріалів (ТКМ) виділено два види пошкоджень: пошкодження матриці та пошкодження волокон. До перших належать відшарування на межі матриця-волокно, тріщини в матриці, відшарування в матриці тощо. Пошкодження волокон включає як порушення вирівнювання волокон, так і отвори в матеріалі.

У гібридних тришарових конструкціях, що складаються з композиційного покриття та пористого заповнювача, дефектом може бути порушення цілісності заповнювача на основі алюмінієвої фольги внаслідок його корозії [12]. Поява дефекту впливає на оцінку роботи виробу та вибір способу ремонту.

1.3 Методи визначення та оцінки дефектів конструкцій з КМ

Серед методів контролю деталей із КМ та багатошарових клеєних конструкцій акустичні методи за обсягом застосування займають перше місце. Ці методи ґрунтуються на взаємодії пружних коливань та хвиль широкого діапазону частот з контрольованою деталлю або конструкцією [1, 2].

Для неруйнівного контролю і діагностики клейових з'єднань з ПКМ застосовуються як традиційні акустичні методи, так і спеціальні низькочастотні акустичні методи. контакту перетворювача з об'єктом контролю чи еластичного протектора, з'єданого з робочим органом перетворювача, і навіть безконтактні методи [1–3].

До методів першої групи належать тіньовий метод (проходження), ехометод (основний та ревербераційний варіанти) та метод вимушених коливань (резонансний метод). До спеціальних низькочастотних методів належать імпедансний, велосиметричний методи, метод вільних коливань, вібраційно-топографічний та вібраційно-тепловий методи [1, 2].

Акустико-топографічний та акустико-тепловий методи, які мають нині належного апаратного забезпечення, у таблиці не представлені. Розглянемо вищезгадані акустичні методи контролю докладніше.

Тіньовий метод (проходження) реалізується, як правило, двома способами: амплітудним і тимчасовим. обгинання зони матеріалу з характерним імпедансом, що різко відрізняється, збільшується [1]. Метод використовують для виявлення зон порушення з'єднань у багатошарових

конструкціях та виявлення розшарування, порожнин, зон підвищеної пористості тощо в деталях та конструкціях з ПКМ [1–3].

Переваги тіньового методу – висока достовірність, оскільки метод немає глибинної неконтрольованої зони. Недоліки методу – необхідність двостороннього доступу до контрольованої конструкції, що не завжди можливо (наприклад, в умовах експлуатації виробу), а також залежність результатів контролю від акустичного контакту та неспіввісності перетворювачів [3], що виникає при контролі великогабаритних виробів. Для забезпечення співвісного розташування перетворювачів при контролі таких виробів використовують конструкції у вигляді скоб або спеціальні системи орієнтації.

Ехометод (метод відбиття) полягає в посилці в контрольовану деталь перетворювачем ультразвукового імпульсу і прийомі тим же іншим перетворювачем відбитих від структурних неоднорідностей і від протилежної поверхні деталі (дна) сигналів. По тимчасовій розгортці можна розрізнити відбиті сигнали та фіксувати час їхнього приходу. У цьому основному варіанті ехометод застосовується виявлення розшарування, тріщин, повітряних бульбашок у конструкціях з ПКМ товщиною від 4–10 мм до 100–200 мм.

При контролі ехометодом деталей та конструкцій з неметалічних матеріалів великої товщини доводиться переходити на низькі частоти (зазвичай 200–1250 кГц), що зумовлене високим згасанням УЗ коливань у неметалах. Перехід на низькі частоти призводить до зниження чутливості контролю за ехометодом.

Ревербераційний метод контролю (метод багаторазових відбитків), званий також ехоревербераційним методом, що є різновидом ультразвукового імпульсного ехометода, останнім часом знаходить дедалі ширше застосування нашої країні і там контролю якості клейових з'єднань у багатошарових конструкціях [1]. Цей метод використовує вплив зони порушення з'єднання між шарами з різними значеннями характеристичних

імпедансів та коефіцієнтів загасання пружних хвиль на кількість і швидкість зменшення амплітуд багаторазово відбитих імпульсів у шарі з меншою величиною коефіцієнта загасання.

У ряді випадків ревербераційний метод є недостатньо ефективним через труднощі розшифрування результатів контролю. Зображення ехоімпульсів на екрані електронно-променевої трубки приладу, що багаторазово відображені в контрольованій конструкції, часто зливаються, причому кількість і швидкість зменшення амплітуд ехоімпульсів встановити важко.

До недоліків ревербераційного методу відносяться труднощі або неможливість виявлення зон порушення з'єднання в тому випадку, коли клейовий шар прилягає до обшивки, з боку якої проводиться контроль (непроклей між клейовим шаром і внутрішнім елементом конструкції), а також труднощі виявлення зон порушення з'єднання в конструкціях з дуже тонкими обшивками та з обшивками з матеріалів з високим згасанням у них пружних коливань. Загальним недоліком методу є можливість контролю, як правило, лише комбінованих конструкцій типу метал-пластик з невеликою кривизною, причому при контролі застосовується контактна рідина. Метод вимушених коливань (резонансний метод), застосовуваний контролю багат шарових конструкцій з ПКМ, є різновидом резонансного методу, використовуваного для товщинометрії і контролю металевих деталей [5]. Ознакою порушення суцільності при контролі таким модифікованим резонансним методом є зміна резонансної частоти навантаженого на конструкцію п'єзоперетворювача. Додатковим ознакою порушення суцільності може бути зміна добротності системи п'єзодеталі.

Резонансний метод може застосовуватися для контролю клеєних конструкцій у тих випадках, коли застосування інших методів (наприклад, імпедансного) не є ефективним. Так, резонансним методом виявляються порушення суцільності двошарових матеріалів при односторонньому доступі з боку більш товстого шару [1, 2].

Недоліками резонансного методу контролю є скрутність або неможливість контролю криволінійних конструкцій, а також змочування поверхні конструкції при контролі.

Імпедансний метод реалізується при односторонньому доступі до контрольованого агрегату та застосовується у двох варіантах: з використанням суміщеного та з використанням роздільно-сумісного перетворювача [1–3].

Перший (основний) варіант імпедансного методу характеризується високою чутливістю (найменша площа виявленого порушення суцільності в найбільш сприятливих умовах становить 0,07 см²), але порівняно малою глибиною залягання несплошностей, що виявляються (найбільша товщина обшивки з алюмінієвих сплавів 2,5 мм, з ПК мм (іноді до 10 мм)). До недоліків цього варіанта можна віднести наявність великої глибинної неконтрольованої зони.

Другим варіантом імпедансного методу виявляються порушення суцільності ПКМ на глибині до 15 мм, що значно перевищує можливості основного варіанта імпедансного методу. Це зумовлено тим, що контактна гнучкість при поділі функції випромінювання та прийому УЗ коливань не надає такого сильного впливу на характеристики імпедансного методу. Однак на відміну від основного варіанту імпедансного методу другий варіант методу менш чутливий до порушень суцільності, що близько залягають.

Велосиметричний метод заснований на впливі структурних неоднорідностей на швидкість поширення пружних хвиль у контрольованій конструкції, а також на зміні шляху хвилі між випромінювачем і приймачем, викликаною наявністю таких неоднорідностей [1, 2]. Метод реалізується як при односторонньому, так і при двосторонньому варіантах контролю, при цьому у виробі можуть порушуватися як безперервні, так і імпульсні коливання частотою 20-60 кГц, які поширюються у вигляді антисиметричних хвиль нульового порядку (мода) та (або) поздовжніх хвиль .

Розрізняють два способи реалізації велосиметричного методу: фазовий

спосіб, коли дефект реєструється зі зміни фази прийнятого сигналу, і тимчасовий спосіб - зміни часу проходження сигналу.

Односторонній варіант методу властива глибинна неконтрольована зона, прилегла до поверхні, протилежної поверхні введення УЗ коливань. Вона становить 20-40% від товщини стінки конструкції. Двосторонній варіант методу не має глибинної неконтрольованої зони, тому при контролі цим варіантом методу можна виявляти порушення суцільності у всьому перерізі конструкції.

Велосиметричному методу властива крайова (інтерференційна) неконтрольована зона, обумовлена інтерференцією хвилі, що біжить, що поширюється від випромінюючого перетворювача до приймального, з хвилями, відбитими від кордонів і перехідних перерізів виробу, що обігнули конструкцію по колу і т. п. ($\times 500$ мм) деталей та конструкцій, що не містять сильно поглинають пружні коливання неметалічних шарів. З тієї ж причини не виявляються порушення суцільності поблизу країв та зон різкої зміни перерізів контрольованих виробів. Двосторонній варіант методу істотно менше схильний до впливу інтерференційних перешкод.

Метод вільних коливань заснований на ударному збудженні імпульсів пружних коливань, що вільно загасають, в контрольованій конструкції (або її частини) і аналізі параметрів прийнятого сигналу. Ознакою порушення суцільності є зміна спектра пружних коливань конструкції у зоні контролю та зміна амплітуди, частоти або фази спектральних складових сигналу. Запропоновано варіант методу, при реалізації якого ознакою порушення суцільності є зміна параметрів коливань бойка, а саме амплітуди та ширини спектра власних коливань [1, 2, 4]. У практиці контролю ПКМ використовують найчастіше локальний варіант методу.

Найпростіший варіант методу вільних коливань – простукування – широко застосовується з найдавніших часів до нашого часу виявлення порожнеч, тріщин, якості склеювання тощо. Істотним недоліком простукування, що обмежує його застосування, є суб'єктивність оцінки

результатів контролю. Найчастіше метод вільних коливань застосовується для контролю конструкцій, що містять гумоподібні шари, тобто шари з матеріалів з великим загасанням пружних коливань та низьким модулем Юнга. До недоліків методу належить те, що з контролю навіть із боку неметалевого шару виробляється шум.

Акустико-топографічний метод заснований на збудженні в контрольованій конструкції пружних коливань та реєстрації розподілу їх амплітуд на поверхні конструкції [1]. Метод застосовується виявлення порушень суцільності з'єднання шарів у багатошарових паяних, а деяких випадках і клеєних конструкціях. Як індикатор для виявлення та фіксації відмінності в рівні коливань досліджуваних зон поверхні контрольованої конструкції зазвичай застосовують тонкодисперсні порошки, а також пасти і суспензії.

Акустико-емісійний метод заснований на реєстрації акустичних хвиль, що виникають при пластичній деформації ділянки об'єкта, що контролюється. Метод застосовується контролю деталей з ПКМ і багатошарових клеєних конструкцій [1, 2]. Слід зазначити, що цей метод у промисловості має обмежене застосування, що пояснюється необхідністю навантаження контрольованої деталі або конструкції та складністю методики контролю. За кордоном метод використовують набагато ширше, ніж у нашій країні [4].

Точні рекомендації щодо методів та засобів контролю в деяких випадках можуть бути видані лише за результатами випробування на зразках або натурних конструкціях зі штучними чи природними дефектами.

В даний час створено новий науковий напрямок у діагностиці фізико-механічних властивостей та складу ПКМ, що дозволяє визначати пружні та властивості міцності, пористість, щільність, вміст матриці та наповнювача, ступінь затвердіння матриці вуглепластиків у конструкціях планера літака та інших виробів відповідного призначення. УЗ контролю шляхом використання кореляційних рівнянь, параметрами яких є амплітудні,

тимчасові та спектральні характеристики прийнятих акустичних сигналів, що визначаються безпосередньо в конструкції без її руйнування. Досліджено інформативність акустичних сигналів, що пройшли через матеріал, запропоновані способи їх комплексування, що забезпечують підвищення точності визначення фізико-механічних властивостей матеріалу. Показано, що для підвищення інформативності параметрів діагностики доцільно використовувати методику широкосмугової акустичної спектроскопії з метою отримання частотних залежностей коефіцієнта згасання та швидкості ультразвукових хвиль та трансформації цих залежностей за зміни складу матеріалу [6, 7].

Використання лазерного збудження імпульсів пружних коливань тривалістю трохи більше 0,05 мкс дає можливість проводити спектральний аналіз прийнятих акустичних сигналів у широкій смузі частот – від 0,1 до 10 МГц, що дозволяє підвищити точність і достовірність діагностики властивостей і складу ПКМ методом, що не руйнує. Встановлено, що основними критеріями вибору одиночного чи комплексного параметра діагностики при оцінці фізико-механічних характеристик та складу ПКМ є коефіцієнт кореляції (або кореляційного відношення) [8, 9] та критерій надійності цього коефіцієнта.

Рентгенівський метод. Поруч із акустичними методами неруйнівного контролю (НК) у деяких випадках принципово можливе застосування радіаційного контролю, зокрема рентгенографічного. При правильному виборі режимів і параметрів контролю досягають високої якості рентгенівських знімків, як за чутливістю, так і роздільною здатністю. Все ж таки рентгенографічний метод має недоліки, які диктують пошук альтернативи йому. Непопулярність рентгенографічного методу пояснюється наступним: по-перше, насамперед, його висока трудомісткість, пов'язана з фотообробкою експонованої радіографічної плівки, по-друге, висока вартість срібловмісної радіографічної плівки.

Рентгенівський метод здатний надійно виявляти об'ємні дефекти. У

дефектоскопії до «об'ємних» відносяться дефекти, що мають розміри одного порядку у всіх напрямках, на відміну від «площинних» дефектів, у яких розмір в одному з напрямків на 1-3 порядку менше, ніж в інших. Розшарування, що часто зустрічаються в конструкціях з ПКМ, є «площинними» дефектами, тому гарантоване виявлення обумовлено орієнтацією конструкції по відношенню до пучка випромінювання.

На рисунку 1.6 умовно показано різну орієнтацію площинного дефекту (1–4) всередині «монолітного» тіла об'єкта контролю (ОК), обмеженого криволінійною поверхнею, що просвічується пучком рентгенівського випромінювання, та розподіл потужності доз випромінювання за об'єктом контролю.

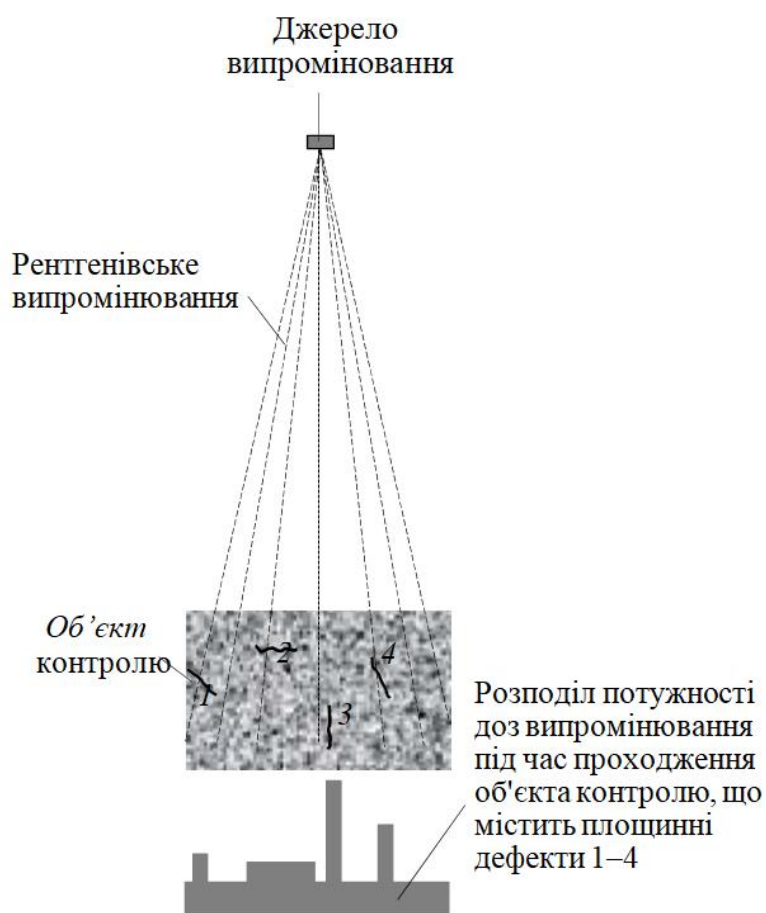


Рисунок 1.6 - Схема формування корисної інформації про наявність «площинних» дефектів при рентгенівському контролі

Наприклад, для розшарування 3-й центральний промінь орієнтований паралельно площині розшарування і потрапляє в його розкриття. З точки зору корисної інформації це найбільш сприятливе розташування дефекту по відношенню до пучка випромінювання, тоді як дефект 2 по відношенню до пучка випромінювання розташований найменш сприятливо. Радіаційний контраст зображення мінімальний. Якщо об'єкти контролю невеликі за своїми габаритами, рентгенографічний контроль необхідно проводити за кілька експозицій, що робить його ще більш трудомістким та дорогим [10, 11].

У цьому випадку доцільно застосування рентгеноскопічного методу, заснованого на перетворенні радіаційного зображення контрольованого об'єкта світлове зображення рентгенооптичного перетворювача, причому одержуване зображення аналізують у процесі контролю. Головна перевага цього методу полягає в тому, що світлове зображення на вихідному екрані стає досить якісним, як тільки щільність потоку енергії фотонів досягне певного значення. Якість світлотіньового зображення ОК залежить від характеристик випромінювання та радіаційно-оптичного перетворювача, причому при рентгеноскопічному контролі значення деяких характеристик (щільність потоку енергії випромінювання, її спектральний склад, коефіцієнт посилення яскравості радіаційно-оптичного перетворювача, його коефіцієнт передачі контрасту тощо) можна змінювати процесі аналізу світлотіньового зображення. Досягти найкращої якості цього зображення можна, не знаючи оптимальних параметрів рентгеноскопічної системи і не вдаючись до жодних розрахунків. Простота оптимізації якості світлотіньових зображень дає оператору можливість збільшувати розмір зображення ОК; здійснювати переміщення ОК по лінії «джерело-перетворювач», його поворот або усунення, щоб підібрати оптимальний напрям випромінювання щодо ОК. У рентгенографічному методі такі варіації привели б до великої кількості експозицій, а отже, до великої витрати радіографічної плівки та зростання трудомісткості контролю.

Якщо ОК неоднорідний за густиною або має змінну товщину і важко аналізувати окремі деталі світлотіньового зображення, можна використовувати рухомі фільтри, що регулюють потужність дози випромінювання, що взаємодіє з перетворювачем, або послідовно збільшувати енергію фотонів, вивчаючи області ОК з різним ступенем поглинання [12]. Найбільш ефективним є рентгеноскопічний метод контролю на наявність нерівноцільних зон, розосереджених по всьому об'єму.

В даний час розроблено рентгеноскопічні установки, що дозволяють проводити контроль із задовільною чутливістю. Ефективність застосування рентгеноскопічного контролю можлива за наявності механічного пристрою сканування, що дозволяє швидко змінювати схему контролю. Як правило, ці пристрої специфічні; їх особливості визначені конструкцією та габаритами об'єктів контролю.

Таким чином, проведено аналіз методів неруйнівного контролю, придатних для оцінки якості деталей з ПКМ та багатошарових клеєних конструкцій, складено перелік акустичних методів ПК із зазначенням сфери їх застосування, а також зазначена область застосування рентгеноскопічного контролю.

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.

Композиційні матеріали знаходять дедалі більше застосування деталей відповідального призначення літальних апаратів. В авіаційній техніці особливо значним є зростання обсягу застосування високомодульних КМ - вуглепластиків, склопластиків, органопластиків, вуглець-вуглецевих матеріалів, а також ПКМ, в яких шари волокнистого матеріалу чергуються із шарами фольги та різних гібридних ПКМ.

В даний час відсіки фюзеляжу, кесона та панелі крила, деталі механізації крила, шкарпетки кіля та стабілізатора, панелі стабілізатора та кіля, деталі конструкції вертольота, лопатки компресорів, вентиляторів, гвинтів, підсилюючі накладки корпусу, оболонки монолітної та тришарової виконуються з ПКМ, у тому числі з вуглепластику ВКУ-17КЭ0Д і склопластику ВВС-37К10, що формуються з клейових препрегів, одержуваних за розпальною технологією.

Серед методів контролю деталей із ПКМ та багатошарових клеєних конструкцій акустичні методи за обсягом застосування займають перше місце. Ці методи ґрунтуються на взаємодії пружних коливань та хвиль широкого діапазону частот з контрольованою деталлю або конструкцією.

Для неруйнівного контролю та діагностики клейових сполук з КМ застосовуються як традиційні акустичні методи, що зазвичай реалізуються з використанням рідини для створення акустичного контакту між перетворювачем приладу та виробом (імерсійний, струминний, контактний варіанти), так і спеціальні низькочастотні акустичні методи з використанням сухого точкового контакту перетворювача з об'єктом контролю або еластичного протектора, з'єданого з робочим органом перетворювача, а також безконтактні методи.

РОЗДІЛ 2

ПРОБЛЕМИ РЕМОНТУ ДЕТАЛЕЙ ТА ВИРОБІВ З КОМПОЗИЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ В АВІАЦІЇ

2.1 Експлуатаційні властивості поверхневого шару обшивок ПС

У машинобудуванні ведеться велика робота по вдосконаленню конструкцій деталей і вузлів машин, розробці нових конструкційних матеріалів, технологічних процесів виготовлення заготовок і їх обробки; впроваджуються різні способи несучих захисних покриттів тощо.

Забезпечення заданого ресурсу та його подальше збільшення є основним завданням конструкторів, технологів, металургів на виробництві. Найбільш ефективними у вирішенні цієї проблеми є технологічні методи. Вони дають змогу підвищити оптимальний (для заданих умов експлуатації) стан поверхні шару [1].

Поверхневий шар деталі в умовах експлуатації піддається найсильнішим механічним, термічним, магнітоелектричним, світловим та іншим впливам. Втрата частиною його експлуатаційних властивостей і його руйнування в більшості випадків починається з поверхневого шару, наприклад, виникнення і розвиток втомних тріщин, корозії, ерозії, зношування тощо.

Властивості поверхневого шару - це швидко розвивається і дуже перспективний напрямок досліджень у фізиці та хімії, який привертає увагу вчених і практиків різних галузей промисловості, включаючи літакобудування в області експлуатації літаків.

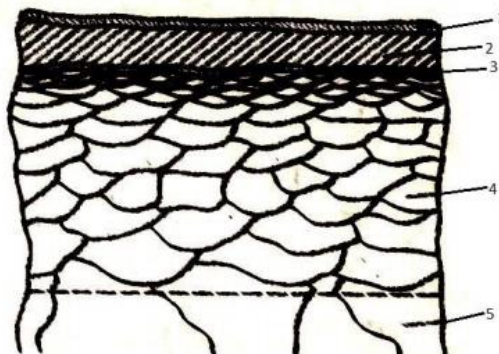
У процесі виготовлення та експлуатації деталі на її поверхні в прилеглому до неї шарі металу виникають нерівності, змінюється структура, фазовий і хімічний склад. У деталі виникають залишкові напруження [2].

Зовнішній шар деталі зі зміненою структурою, фазовим і хімічним складом порівняно з основним металом, з якого виготовлена деталь,

називається поверхневим шаром. Зовнішня поверхня шару межує з навколишнім середовищем або сполучається деталлю.

У поверхневому шарі (рис. 1) можна виділити такі основні зони:

- зона 1 адсорбованих із середовища молекул і атомів органічних і неорганічних речовин, її товщина 1...10 нм;
- зона 2 продуктів хімічної взаємодії металу з навколишнім середовищем (зазвичай оксидів), товщиною мкм;
- прикордонна зона 3 товщиною в кілька міжатомних відстаней; метал у цій зоні має іншу кристалічну та електронну структуру, ніж в об'ємі;
- зона 4 зі зміненою структурою, фазовим і хімічним складом, виникає в процесі виготовлення та експлуатації деталі, її товщина зазвичай ~ 0,01 ... 0,1 мм;
- зона 5-недорогоцінний метал.



- 1-адсорбована зона; 2-зона оксидів; 3-гранична металева зона;
 4 - зона металу зі зміненою структурою, фазовим і хімічним складом;
 5-недорогоцінний метал

Рисунок 2.1 - Схема поверхнього шару планера літака

Нерівності поверхні деталі, структура, фазовий і хімічний склад поверхневого шару впливають на її фізичні, хімічні та експлуатаційні властивості.

Поверхневий шар істотно впливає на надійність деталі, вузла і машини в цілому, а у випадку з літаком гарантією є високі експлуатаційні властивості обшивки фюзеляжу, крил, хвоста та інших частин літака. безпеки польотів і життя пасажирів [3].

Існує велика кількість факторів, що впливають на експлуатаційні властивості поверхневого шару обшивки літака, які очевидні і систематично діють на умови експлуатації літака. Діапазон цих умов досить широкий: висота від 2000 м до 7500 м; перепад атмосферного тиску з 730 мм до 770 мм; температура від +45 С до -50 С; екстремальний режим роботи (зліт, крейсерська швидкість, посадка); на шкіру діють механічні навантаження - згинання, розтягнення, стиснення, вібрація, удари; взаємодія з агресивною повітряною масою; механічна дія твердих частинок повітря.

Візуальний огляд зовнішньої поверхні обшивки літака показує наявність різного роду дефектів: подряпин, потертостей, тріщин, вм'ятин, вибоїн, відшарування обшивки від стільникового сердечника, корозії, зносу, ослаблення заклепок тощо авіапланера. Однак метал обшивки літака, що складається з листів панелей, має початкові недоліки кристалічної структури, такі як точкові дефекти, лінійні дефекти, елементи домішок і зародження макротріщин. Отже, такі чинники, як механічні навантаження, вібрації, перепад тиску, зміна температурного градієнта, повітряне середовище через дифузійні процеси впливають на нерівноважну структуру металу і сприяють утворенню нових дислокацій, їх переміщенню, розгалуженню, їх накопиченню, тощо [4].

В даний час встановлено, що в процесі зародження будь-яких тріщин, у тому числі і крихких, вирішальне значення має пластична деформація. Існують і отримали експериментальне підтвердження численні дислокаційні моделі утворення крихких тріщин, і в усіх без винятку передбачається, що

дислокації беруть участь у зародженні тріщин, створених кластерами з високими локальними напруженнями, які релаксують зародження мікротріщин.

Таким чином, руйнування металу обшивки відбувається як з боку поверхневого шару, так і зсередини, в масі основного металу, а отже, для вирішення завдань підвищення ТХА обшивки літака необхідно проводити комплексні дослідження. Це передбачає врахування відомих і явних дефектів на зовнішній поверхні обшивки корпусу літака, а також внутрішніх, наявних у металі обшивки корпусу (точкові дефекти, дислокації, зародки мікротріщин тощо). Це дозволить визначити рекомендації щодо підвищення експлуатаційної надійності обшивки планера літака.

Виявити дефекти і пошкодження при візуальному огляді практично неможливо. Тому при проведенні періодичного технічного обслуговування планера літака необхідно використовувати кріплення для проведення неруйнівного контролю поверхневого шару обшивки та інших елементів каркаса літака.

2.2. Види пошкоджень конструкцій літака з композиційних матеріалів

Основною умовою проведення ремонту в авіації є відновлення вихідних даних про міцність і аеродинамічні характеристики літака. Це в повній мірі досягається за допомогою технології кріплення ремонтної деталі (латки) за допомогою препрегів, плівкових і пастоподібних клеїв, що забезпечує необхідну температуру і тиск для формування або склеювання ремонтної деталі.

Враховуючи, що початковою, найпростішою технологією затвердіння композиційних матеріалів було «вакуумне формування» на сполучних речовинах холодного затвердіння, то використовувався метод поміщення зібраного пакету шарів у вакуумний пакет і його полімеризація при високому

нагріванні (понад 120° С) температур від печі або термоковдри, на даний момент доцільно розглянути можливість використання препрегів у цій технології для ремонту будь-яких агрегатів планера в «польових» умовах: в ремонтному ангарі аеропорту, аеродрому, військової бази та також розробити нову технологію усунення пошкоджень великої площі зі створенням високого тиску і температури за рахунок термічних ковдр і термокомпресійного затвердіння на в'язучих гарячого затвердіння.

Збільшення сфери застосування сучасних високоміцних ПКМ потребує розробки нових та вдосконалення існуючих технологій ремонту. В процесі експлуатації виявляються приховані дефекти, які не були виявлені при виготовленні конструкцій. Тому основною умовою проведення ремонту в авіації є відновлення вихідних даних про міцність і аеродинамічні характеристики літака. Це в повній мірі досягається за допомогою технології кріплення ремонтної деталі (латки) за допомогою полотен зі сполучною, плівковою та клейовою речовинами, що забезпечує необхідну температуру і тиск для формування або склеювання ремонтної деталі. Традиційні технології виготовлення ремонтної деталі дозволяють її робити з аналогічних матеріалів із забезпеченням заданої схеми армування, що й застосовуються на агрегаті, що ремонтується.

При ремонті основною умовою збереження жорсткості відремонтованої ділянки є дотримання рівності:

$$E \cdot F = E_n \cdot F_n.$$

Значення E і F цієї рівності без індексу відповідають модулю пружності матеріалу і площі пошкодженого силового елемента, а з індексом « n » - силової (ремонтної) футеровки.

Таким чином, можна розрахувати необхідну площу перерізу накладки:

$$F_n = E \cdot F / E_n$$

На практиці матеріал, з якого виготовлена компенсаційна латка, приклеєна до виробу, є сполучною речовиною препрега, тоді як з'єднання не має достатньо високої міцності на зсув у випадках, коли воно використовується як клей при з'єднанні двох затверділих оболонок або при з'єднанні затверділої обшивки та препрегу. Крім того, це з'єднання має недостатню міцність на зріз через співрозмірну довжину з'єднання з товщиною обшивки. Для підвищення міцності на зсув, забезпечення рівномірності передачі навантаження відремонтовану обшивку переважно похило з'єднувати компенсаційною латкою.

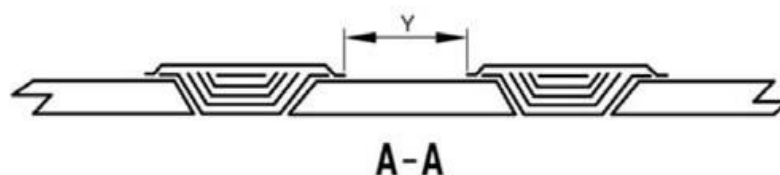


Рисунок 2.2 - Косе з'єднання відремонтованої обшивки з накладкою

Знайшовши необхідне значення міцності на розрив матеріалу прокладки, вклеєної в зону дефекту, що задовольняє умову рівномірності, і знаючи матеріал, з якого вона буде виготовлена, можна визначити схему армування.

Визначивши межу міцності ремонтного облицювального матеріалу і знаючи матеріал, з якого він буде виготовлений, можна визначити схему армування. При виборі схеми армування за основу береться існуюча схема армування ремонтної обшивки з можливим введенням додаткових шарів у певних напрямках. Технічні умови ремонту силових елементів планера вимагають збереження не менше 90% їх початкової міцності.

Удар об'єкта викликає особливе занепокоєння для більшості конструкцій СМ, вимагаючи уваги під час оцінки потенційних пошкоджень від потенційних ударів, включаючи нерівності злітно-посадкової смуги та сміття, град, падіння інструменту та зіткнення з птахами та транспортними

засобами.

Групу невеликих зон пошкоджень, які розташовані в безпосередній близькості одна до одної, можна визначити як одну зону пошкодження.

Сорти матеріалів для ремонтних робіт визначаються авіаконструктором або погоджуються з ним у встановленому порядку.

При виготовленні вузлів сучасних літальних апаратів використовуються сучасні композиційні матеріали, такі як КМКУ-2м, КМКУ-3м, КМКС-2м, КМУ-11тр у вітчизняній авіаційній промисловості та Hexcel M21E, Hexcel 8552, Cusom 970-2 у закордонній. зразки.

Для ремонту деяких композитних агрегатів можна використовувати новий препрег АСМ102 від виробника Prepreg-SKM.

На рисунку 2.3 представлено розміри та відстані між зонами пошкоджень на панелях, де X – мінімально допустима відстань від кромки або ближнього ряду кріплень до межі початку пошкоджень; $d1$ – найбільший діаметр двох суміжних зон ушкоджень. Величина $d1$ повинна бути меншою або дорівнює максимальному значенню D ; $d2$ – найменший діаметр двох зон ушкоджень, розташованих поряд одна з одною; D – максимально допустимий діаметр кожної видимої зони пошкодження чи розшарування; a – відстань між зонами ушкодження.

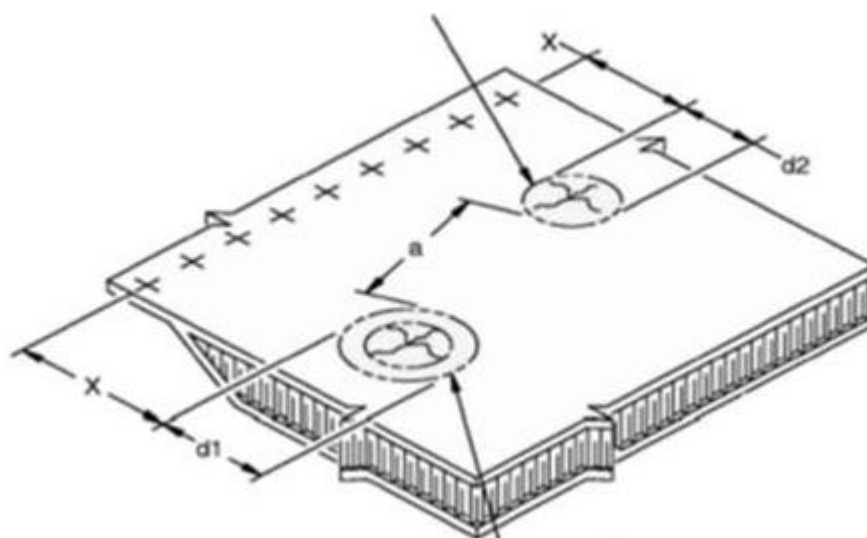


Рисунок 2.3 – Розміри та відстані між зонами пошкоджень на панелях

Його відмінною особливістю є високі механічні властивості при затвердінні автоклавним та безавтоклавним способом, а також температура склування, що перевищує температуру затвердіння. У таблицях 2.1-2.2 наведено властивості пластиків, затверджених автоклавним способом для цілей виготовлення та безавтоклавним способом для цілей ремонту агрегатів для порівняння з розглянутими раніше типами ПКМ.

Таблиця 2.1

Властивості вуглепластиків АСМ-102

	γ	σ_{0B}	σ_{0-B}	E_{0B}	$G_{0,90}$	$\tau_{0,90}$	δ_1
Марка матеріалу	г/см ³	кгс/мм ²	кгс/мм ²	кгс/мм ²	кгс/мм ²	кгс/мм ²	мм
АСМ-102, автоклав	1,5	210	110	14000	550	9	0,12
АСМ-102, ремонт	1,5	180	95	12200	480	8	0,12

Таблиця 2.2

Склад ПКМ на основі АСМ-102

Марка матеріалу	Тип та марка наповнювача	Марка сполучного	Режим полімеризації	Інтервал робочих температур
АСМ-102, автоклав	Углелента 130 г/м ²	АСМ-102	130±5°С (3 години)	-60...+150°С
АСМ-102, ремонт	Углелента 130 г/м ²	АСМ-102	130±5°С (3 години)	-60...+150°С

Розглянемо деякі види ушкоджень агрегатів ЛА.

На сьогоднішній день більшість перерахованих вище пошкоджень ремонтують методом склеювання клеєм ВКВ-9, клеєм ВК-27 та за допомогою стрічок/тканин зі сполучною ЕДТ-69Н для приклеювання ремонтних латок у польових умовах або за допомогою препрегів КМКУ-2м, КМКУ-3м, КМУ -11тр для приклеювання ремонтних латок автоклавним способом у заводських умовах.

Таблиця 2.3

Види пошкоджень в агрегатах із КМ

Найменування ушкодження	Місце розташування ушкодження (зона агрегату)	Причина виникнення пошкодження	Характеристика ушкодження
1	2	3	4
1 Подряпини	По всьому полю виробу	Недбале транспортування, зберігання, експлуатація	Щілинне пошкодження ЛКП, матриці
1.1 Неглибокі подряпини у сполучному (матриці)	По всьому полю виробу		Щілинне пошкодження наповнювача
1.2 Глибокі подряпини			
2 Вм'ятини	По всьому полю виробу	Недбале обслуговування в експлуатації, зіткнення зі сторонніми предметами, град	
2.1 Вм'ятини дрібні	По всьому полю виробу		Деформація монолітної деталі із ПКМ на глибину не більше 0,5 мм
2.2 Вм'ятини глибокі	По всьому полю виробу		Деформація монолітної деталі з ПКМ на глибину понад 0,5 мм.
3 Відрив поверхневого шару монолітної деталі з ПКМ	По всьому полю виробу	Використання свердла з неправильним заточуванням	Відшарування зовнішнього шару монолітної деталі з ПКМ при механічному пошкодженні
3.1 Відрив поверхневого шару під час механообробки	По всьому полю виробу		Використання свердел з неправильним заточуванням
4 Пошкодження блискавкозахисного шару	По всьому полю виробу	Пориви або порізи блискавкозахисного шару	Руйнування блискавкозахисного шару та прилеглих до нього шарів ПКМ

1	2	3	4
5 Раковини	По краю виробу	Поглиблення в матриці без оголення наповнювача	Сферичне поглиблення або кілька вибоїн по кромці отвору
6 Розшарування	По всьому полю виробу	Порушення техпроцесу при хутро. обробці, взаємне тертя деталей на НД	Порушення міжшарових зв'язків у ПКМ
7 Забоїни, задираки	По краю виробу	Неякісне просочення та формування	Вириг матеріалу по краю
8 Неправильно просвердлений отвір	По всьому полю виробу	Недбала механічна обробка	Пошкодження з утворенням отвору
9 Прокол	По всьому полю виробу	Недбала механічна обробка (пошкодження діаметром) менше 4 мм	Пошкодження з утворенням отвору
10 Тріщини	По краю виробу	Недбале транспортування, зберігання, експлуатація	Щілинне пошкодження наповнювача
11 Ворсистість	По всьому полю виробу	оголення зовнішнього шару волокон наповнювача	Механічна обробка затупленим інструментом

Ремонти композиційних конструкцій в залежності від призначення та навантаженості пошкодженого елемента, а також від розмірів ушкодженої зони можна розділити на «косметичні» та силові. Перші служать головним чином лише для відновлення зовнішньої поверхні літака і сприйняття місцевої аеродинамічної навантаження. Як правило, подібним ремонтам піддаються обшивки з явними ушкодженнями, але не перевершують за розміром допустимі дефекти (наприклад, пробоїни або проколи обшивки).

Силові ремонти - це ремонти високонавантажених елементів, що беруть участь у передачі навантажень, а також ремонти великих пошкоджень

(перевершують допустимі розміри) тонкостінних елементів конструкцій. Ремонтні та допоміжні матеріали як для «косметичних», так і для силових ремонтів повинні бути доступними і добре зберігають свої властивості при тривалому зберіганні.

Техпроцеси та технічні засоби, включаючи пристрої для створення місцевого тиску та місцевого підігріву, повинні дозволяти їх застосування не тільки в заводських, а й у аеродромних умовах за допомогою мобільного обладнання. В цілому ремонти повинні забезпечувати повне відновлення статичної міцності конструкцій, а також їх надійність і довговічність на весь термін служби літака, що залишився.

У окремих випадках допускаються «польові» ремонти з обмеженою довговічністю, службовці, зазвичай, для короткострокового відновлення агрегатів літака чи забезпечення можливості перельоту літака на ремонтну базу, де у подальшому виконується повноцінний ремонт конструкції. Матеріали та технології відновлювальних ремонтів ще на етапі розробки конструкцій мають бути максимально типізовані та, як і сама конструкція, пройти необхідні сертифікаційні процедури, що підтверджують їхню придатність.

2.3 Особливості ремонту конструкцій ПС, виготовлених із 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, оснастки, 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 вирізаний 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 лакофарбованому 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].

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.

Технологічний процес зняття шарів шкіри залежить від місця її виявлення. Пучки можуть бути по периметру або на області шкіри.

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.

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

Отвори під зашпріцовку 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, зашпріцовка 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.

Після розмітки дефектної зони на агрегаті дефектна шкіра видаляється. 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 відрізнi пневматичні верстати. Пристрій для обробки ПКМ оснащений вбудованими пілососами 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 скошу 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.

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 заповнювача залежить від того, з якого матеріалу він виготовлений (алюмінієві заповнювачі, стільники ПСП або ССП).

При заміні металевих 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

контур 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 °С 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 сотозаповнювача в дефектну зону, прогрівається 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 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".

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.

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).

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 спінює, 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, термопара, 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 відповідних 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 .

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:

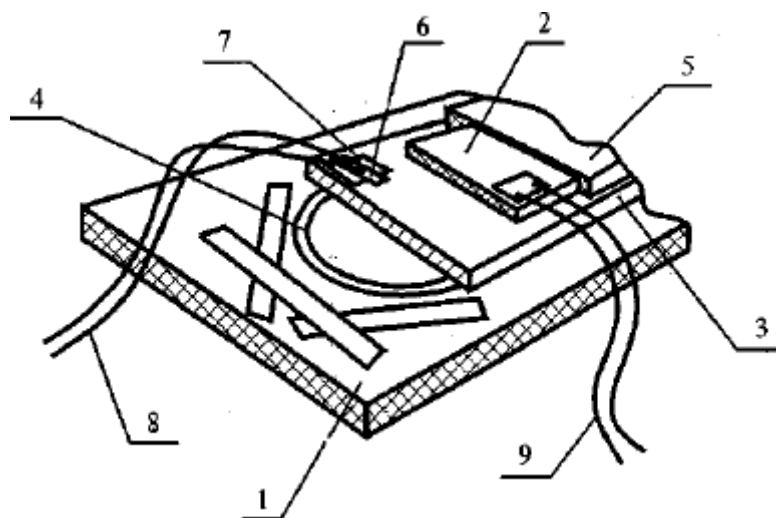
- після 1-го шару - 30 ... 60 хвилин при 18-30 ° С;
- після 2-го шару - 30 ... 60 хвилин при 18-30 ° С;
- після 3-го шару – 3 години за 18-30°С.

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. 2.4.



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 2.4 - 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 клейового матеріалу по регламентованих режимам.

Далі проводиться контроль якості приклеювання латки, попередньо розібравши технологічний пакет. і відновлюється лакофарбове покриття. Як було зазначено раніше, якщо вимоги, пропоновані 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 використати попередньо виготовлений на спеціальних установках. Після виготовлення препреги виробляють виготовлення латки.

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.

Ремонти композиційних конструкцій в залежності від призначення та навантаженості пошкодженого елемента, а також від розмірів ушкодженої зони можна розділити на «косметичні» та силові. Перші служать головним чином лише для відновлення зовнішньої поверхні літака і сприйняття місцевої аеродинамічної навантаження. Як правило, подібним ремонтам піддаються обшивки з явними ушкодженнями, але не перевершують за розміром допустимі дефекти (наприклад, пробоїни або проколи обшивки).

Розглянуті технології виготовлення ремонтної деталі дозволять виготовити деталь з тих же матеріалів із заданою схемою посилення, які використовувалися на ремонтваному агрегаті. В окремих випадках, використовуючи описані технологічні процеси ремонту та виготовивши відповідне обладнання, можна відремонтувати конструкцію, не знімаючи її з літака (у складальних цехах, на аеродромі тощо), що зменшить витрати та скоротить терміни експлуатації та ремонтний цикл.

РОЗДІЛ 3

ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС РЕМОНТУ ОБШИВКИ ПЛАНЕРА З КОМПОЗИЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ

3.1 Технологічний процес ремонту обшивки планера

Для забезпечення високої надійності, довговічності та аеродинамічних властивостей ПС під час ремонту планера необхідно зберегти та відновити: початкову міцність відремонтованих деталей (вузлів, агрегатів); точність зовнішніх контурів і гладкість зовнішніх поверхонь; задані вагові, геометричні та нівелірні дані планера; надійний антикорозійний захист відремонтованих елементів.

При ремонті обшивки планера літака необхідно усунути такі характерні дефекти, як ослаблення заклепок, хвилястість, тріщини, пробоїни, вм'ятини. В окремих випадках при значних пошкодженнях проводиться заміна листів (панелей) або частин листів обшивки.



Рисунок 3.1 - Процес підготовки фюзеляжу до ремонту (а) і зняття обшивки каркаса фюзеляжу (б)

Ослаблення заклепки найчастіше зустрічається при клепаці з потайною головкою, особливо там, де заклепка виконується із зенкуванням гнізда заклепки. Ступінь ослаблення заклепок і необхідність їх підтягування визначаються за такими зовнішніми ознаками, як задимлення заклепок,

утворення обідка закладеної головки, викривлення та ін. Ремонт обшивки з ослабленими заклепками полягає в їх підтягуванні. за допомогою звичайних методів клепки.

Заклепки затягуються на 0,4-0,6 мм. При клепці звичайними заклепками можливі такі дефекти:

- підрізання матеріалу деталі з боку головки вставки (причина: опресовування молотком встановлено не під прямим кутом; обтискний отвір великий);

- скошена замикаюча головка (причина: при ударній клепці робоча поверхня опори встановлена не паралельно деталі; при пресовій клепці робоча поверхня інструменту скошена);

- зміщена закриваюча головка (причина: довжина заклепки не відповідає товщині упаковки);

- стрижень заклепки заклепується між деталями, що з'єднуються (причина: погано стиснуті деталі, що з'єднуються; наявність сторонніх предметів між деталями, що з'єднуються);

- висота замикаючої головки менше мінімального розміру, зазначеного в документації (причина: коротка довжина заклепки; отвір для заклепки більше необхідного)

- тріщини на закладних і замикаючих головках заклепки (причина: недостатня пластичність матеріалу заклепки);

- замикаюча головка не відповідає розмірам, зазначеним у документації (причина: заклепка заклепана або не заклепана);

- неправильна форма замикаючої головки (причина: мала потужність клепального молотка; недостатня опорна маса);

- закладена потайна головка виступає над поверхнею упаковки більше допустимого (причина: гніздо для потайної головки менше необхідного розміру; висота закладеної головки заклепки більше допустимого розміру);

- зазор між упаковкою, що з'єднується, і головкою заклепкової вставки (причина: при заклепуванні помічник надто сильно притиснув опорою кінець

заклепки; діаметр отвору менший від передбаченого технологічною документацією);

- закладна головка з одного боку виступає над поверхнею корпусу (причина: гніздо для закладної головки не кругле, має ексцентриситет);

- нещільне прилягання головки вставки до поверхні гнізда (причина: глибина гнізда більше необхідної);

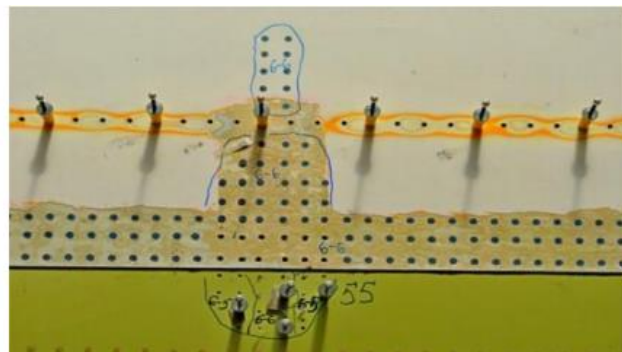


Рисунок 3.2 - Процес ремонту елементів обшивки фюзеляжу

- прориви обшивки вздовж заклепувальних швів (причина: занадто велика потужність заклепувального молотка; неузгоджена робота заклепувальника та помічника);

- поппери на обшивці (причина: недотримання порядку встановлення заклепок; недостатня кількість встановлених технологічних кріплень.

При з'єднанні деталей порожнистими заклепками, заклепками зі стрижнем, заклепками з підвищеним опором зрізу існують специфічні дефекти та причини їх виникнення. Результати випробувань механічних властивостей зразків з різними дефектами клепаки свідчать про зниження міцності на розрив до 30 % при малій товщині головки вставки та зусилля зсуву до 15 % за наявності зазору в упаковці. частин. Хвилястість (гофрування) обшивки зазвичай виникає всередині обійми, утвореної стрингерами, ребрами, рамами та іншими силовими елементами рами. Причиною цього дефекту є втрата стійкості обшивки внаслідок структурних

деформацій внаслідок великих перевантажень у польоті або грубих посадок. За допомогою невеликого рифлення (або «попперів») обшивка укріплена куточками, приклепаними зсередини. При втраті стійкості шкіри на великій площі відбувається її повне заміщення в одній або декількох клітинах.

Тріщини в обшивці довжиною до 50 мм свердлять на кінцях свердлом діаметром 2 мм, щоб запобігти їх подальшому розвитку. З внутрішньої сторони приклепують арматурну прокладку, яка повинна закривати торці щілин на 25 мм. Для отворів розміром до 15 мм в шкірі вирізають круглий або овальний отвір із видаленням деформованих (відірваних) країв отвору; зсередини приклепана армуюча прокладка. Зовнішня поверхня вагонки заповнюється клеєм ВК-9 і після його висихання поверхня фарбується.

Ремонт обшивки з тріщинами більше 50 мм або пробоїнами більше 15 мм за відсутності пошкоджень несучої рами включає наступні операції:

- розрізання дефектної ділянки шкіри по рівному прямокутному контуру із заокругленими кутами, круглої або овальної форми; при цьому для заклепочного шва необхідно залишити частину старої обшивки на відстані не менше 25 мм від деталей каркаса;

- виготовлення та розклепування з внутрішньої сторони опорної поверхні у вигляді суцільної підкладки або розрізної підкладки з перекриттям вирізаного в обшивці вікна на 20 мм;

- виготовлення, підганяння по контуру вирізу та приклепування насадки (вкладиша) до опорної поверхні.

Накладки (опорні елементи) зазвичай заклепують звичайними заклепками. Клепка накладок-наповнювачів за відсутності двостороннього підходу до місця клепки виконується за допомогою розривних, штифтових та інших спеціальних заклепок. Іноді використовують гвинти з потайною головкою і анкерні гайки. Матеріал заклепок вибирають згідно з таблицями.

Герметизація вм'ятин на шкірі пломбувальною пастою. Вм'ятини на дюралюмінієвій обшивці дозвукових літаків глибиною не більше 1 см і площею до 100 см². можна герметизувати спеціальною пастою на основі

епоксидної смоли. Цей спосіб рекомендований для закладення не менше трьох вм'ятин на 1 кв.м. шкіри у випадках, коли до дефектної ділянки зсередини немає підходу шнура, особливо якщо до шкіри прикріплені теплоізоляційні елементи.

З місця дефекту, включаючи ділянку на відстані 20 мм від вм'ятини, видалити старе лакофарбове покриття засобом для зняття АФТ-1, СД або сумішшю 30% розчинника Р-5 і 70% бензину Б-70. Поверхню вм'ятини очищають, знежирюють бензином БР-1 (Галоша) або ацетоном і просушують 30 хв. Пасту наносять на пошкоджену ділянку і розгладжують шпателем врівень зі шкірою. Після застигання пасти її поверхню зачищають наждачним папером No16 і фарбують.

3.2. Особливості ремонту обшивки літака з композиційних матеріалів методом термокомпресійного формування

Основною умовою проведення ремонту в авіації є відновлення вихідних даних про міцність і аеродинамічні характеристики літака. Це в повній мірі досягається за допомогою технології кріплення ремонтної деталі (латки) за допомогою препрегів, плівкових і пастоподібних клеїв, що забезпечує необхідну температуру і тиск для формування або склеювання ремонтної деталі.

Наявність відшарувань (розшарувань) визначають за допомогою приладів типу ІАД-2 (імпедансний акустичний дефектоскоп).

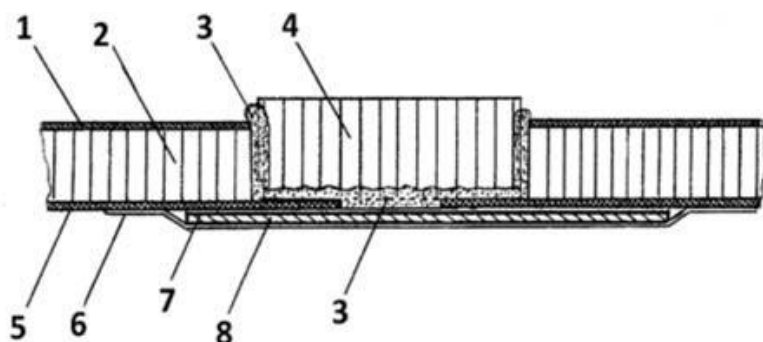
В якості обладнання для механічної обробки стільникових конструкцій з ПКМ можуть використовуватися: пневматичні свердла будь-якого типу, фрезерні головки з фрезами, торцеві або ножові фрези та спеціальні свердла з твердих сплавів зі спеціальною заточкою, оскільки ПКМ має високу міцність.

твердість, що призводить до швидкого затуплення і зношування інструменту.

Пошкоджену ділянку обшивки видаляють вирізом у вигляді кола або

прямокутника мінімального розміру із заокругленими кутами, описаного навколо дефекту, а при пошкодженні ядра стільника в зоні ремонту глибиною більше 3,0 мм, як правило, проводиться його повне видалення.

При ремонті наскрізних пошкоджень з отворами в обшивках різного розміру з товщиною обшивок до 1,0 мм зазор (простір) між корпусом і нижньою поверхнею стільникового вкладиша заповнюють клейовою сумішшю на основі клею EA 9394, утвореною при вирізанні фрагмента шкіри в менший отвір, куди вставляється вощина, вставляється на клейову композицію EA 9394 з наповнювачем (аеросил А300), поверх склеєної вощини накладається вакуумний мішок або вантаж (мішок з піском або металевою дробом). вкладиш; клей твердне протягом 24 годин при температурі не нижче 20 ° С під вакуумним пакетом або під дією навантаження.



- 1- зовнішній кожух панелі; 2- стільниковий наповнювач; 3- клейова суміш (EA 9394 і аеросил); 4-коміркова ремонтна вставка; 5- внутрішня обшивка панелі; 6- паперова липка стрічка; 7- розділова плівка;
8 - технологічна плита (підкладка)

Рис. 3.3 – Склеювання стільникової вставки при ремонті наскрізного отвору в стільниковій панелі

Всі ці технології призначені для усунення невеликих пошкоджень

діаметром не більше 150 мм, однак у випадку пробоїни або пошкодження великої площі традиційні технології ремонту не підходять.

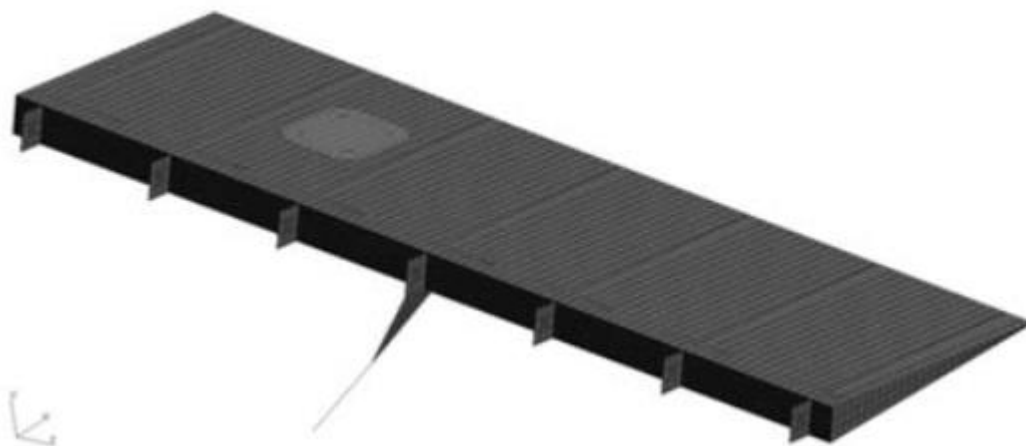


Рисунок 3.4 - Вигляд інтерцептора з ремонтною латкою

Пропонуємо наступні технологічні операції для ремонту пошкоджень великої площі, зокрема стільникових конструкцій з ПКМ, а саме:

- 1) позначення та маркування пошкоджених ділянок;
- 2) контроль і дефектоскопія зони пошкодження;
- 3) видалення лакофарбового покриття з пошкодженої ділянки;
- 4) видалення пошкоджених ділянок корпуси агрегатів і вощини;
- 5) утворення скосів або пошарове видалення на шкурах при підготовці до утворення латок; 6) обробка (видалення) стільникового наповнювача.

Всі ці операції аналогічні тим, які виконуються під час традиційного ремонту, однак запропонований нами подальший ремонт пошкоджень великої площі істотно відрізняється від традиційного.

- 7) видалення нижньої (внутрішньої) оболонки стільникової структури;
- 8) виготовлення коробчастого армуючого елемента з ПКМ у вигляді кільця або овалу в залежності від форми вирізу в зоні пошкодження, при цьому армування виготовляється на спеціальній силіконовій оправці з внутрішнім джгутом з вуглеволокна. , типу УКН-5000П, використовується як

нагрівач;

9) далі полімеризується арматура шляхом розширення силіконової оправки, створюється тиск і за рахунок джгута вуглеволокна проводиться нагрів для полімеризації КМ армуючого кільця,

10) потім кільце розрізається поперек в одному місці і силіконова оправка при охолодженні стискається і легко знімається з кільця; один

1) далі необхідно щіткою, змоченою ізопропанолом, знежирити кінці гребінців, час витримки після знежирення не менше 15 хвилин;

12) далі необхідно заповнити торці стільників клейовою сумішшю ЕА 9394 з мікросферами МС-ВП-А9 ГОСТ-6-48-91-92;

13) встановити стільниковий вкладиш у порожнину агрегату з урахуванням напрямку викладки сот;

14) виліпити вкладиш (кришку) по контуру вирізаної обшивки з припуском по контуру 10-15 мм на кріплення, обкладинка виготовляється з матеріалу, схожого на обшивку, при формуванні обкладинки метал. вкладиш і термоковдра використовуються для створення тиску і температури при полімеризації в'язучих гарячого затвердіння;

15) далі, за необхідності, проводиться формування скосів на шкірі та покриві шляхом пошарового зняття нашарувань;

16) потім кришка кріпиться до обшивки, при цьому з'єднання обшивки і кришки з нижньою окантовкою-підсиленням здійснюється глухими заклепками або болтами;

17) нанести фарбу,

18) перевірити якість ремонту.

Отже, виходячи з таких технологічних недоліків традиційних «польових» ремонтних матеріалів зі сполучною речовиною, таких як ЕДТ-69Н, як низькі механічні властивості, а також таких економічних недоліків традиційних «заводських» ремонтних матеріалів, як тривалість і висока вартість демонтажу, пошкодженого блоку, транспортування його на завод і ремонт автоклавним методом, представляється доцільним рекомендувати

нову технологію ремонту пошкоджень великої площі методом термокомпресії для ремонту в польових умовах, можливо навіть без демонтажу блоку.

3.3. Ремонт обшивки планера з композиційних матеріалів з трубчатим наповнювачем

Розглянемо технологію ремонту дефектів тришарових панелей з трубчастим наповнювачем, яка проводиться одним із наступних способів:

1. Ремонт зі зняттям блоку трубчастого наповнювача (рис. 3.5) і встановленням блоку пінопласту ЕТР1 і ремонтної накладки на клей ВК-9 (рис. 3.6). Одночасно в поролонівій вставці вздовж трубчастого наповнювача зроблені канали для забезпечення циркуляції повітря.

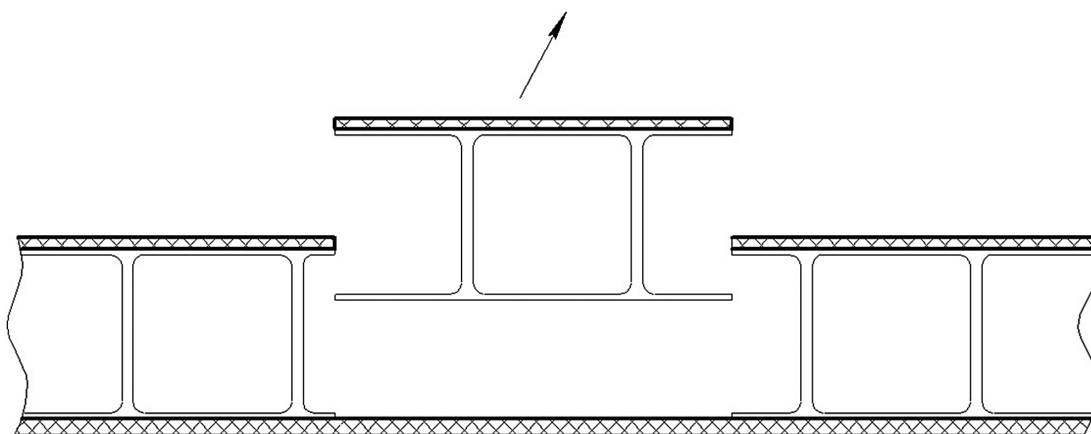
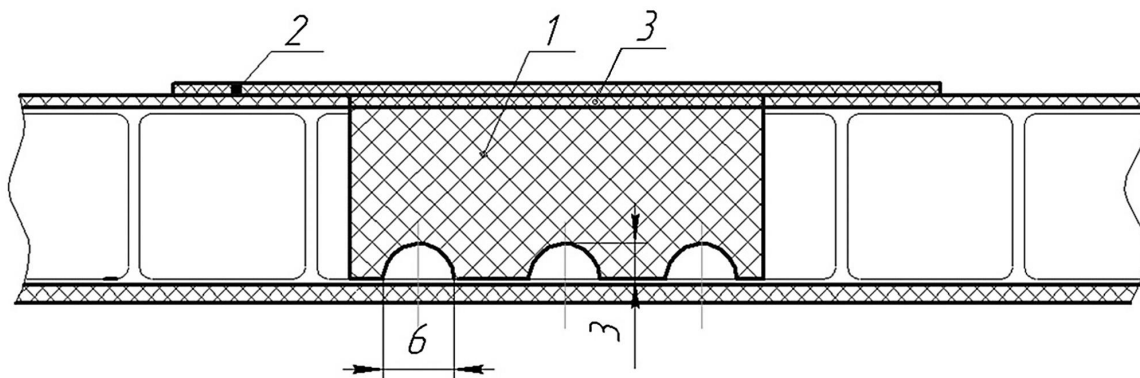


Рисунок 3.5 - Видалення трубчастого заповнювача та обшивки



1 - вкладиш з пінопласту ET-P1; 2 - ремонтна накладка з ЕЛУР-0,08П ± 802 (або УТ-900-2,5А 0,90) на клеї ВК-9; 3 – прокладка

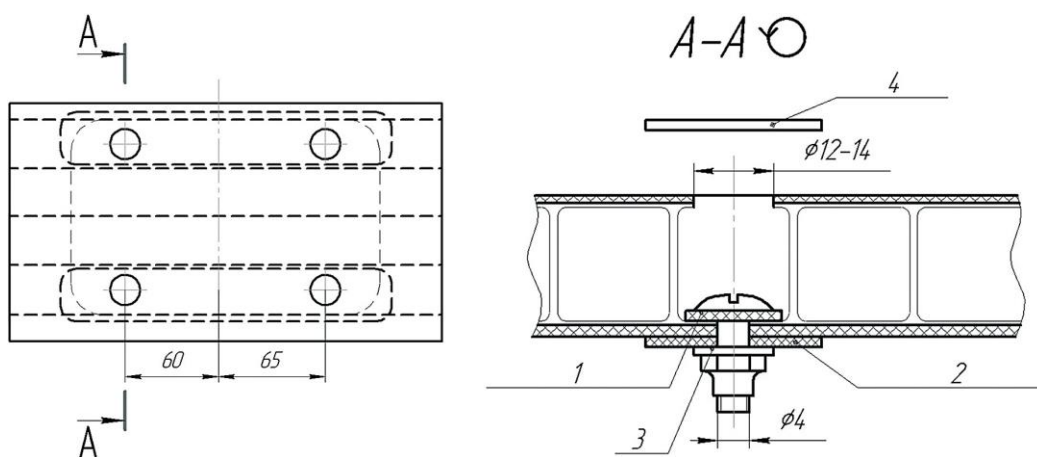
Рисунок 3.6 - Ремонт з видаленням трубчастого заповнювача та встановленням пінопласту ET-P1 та накладки на клеї ВК-9

2. Ремонт із встановленням механічних кріплень всередині об'єму трубчастого наповнювача для підвищення міцності з'єднання показано на рис. 3.7.

При ремонті панелей з трубчастим наповнювачем роботи виконувалися в такому порядку:

- оцінка дефектів - огляд і неруйнівний контроль заповнювачів, нанесення контурів пошкоджених ділянок (меж відшарувань);
- визначення розташування стінок трубчастого агрегату в зонах ремонту;
- розмітка контурів дефектів.

Перенесення контурів дефектів внутрішніх оболонок на зовнішні обшивки. Розмітка положення стінок трубчастого наповнювача на зовнішній обшивці. Розмітка осей установки кріплень.



- 1 - прокладки з відформованого вуглепластика (УТ-900); 2 - ремонтна накладка (УТ-900); 3 - кріплення титанове (сталеве): Гвинт М4-25 ОСТ31528-80(3166А); Шайба ОСТ 34505-80; Гайка М4 ОСТ 33017-80 (3301А);
4 - накладка з вуглепластику (УТ-900 + ВК-9)

Рисунок 3.7 - Ремонт із встановленням механічного кріплення

Реалізація шаблонів роботи;

- видалення фарби та підготовка поверхні для забезпечення належного зчеплення між первинною структурою та латками ремонтного композиту;
- видалення пошкоджених шарів;
- неруйнівний контроль для визначення наявності або відсутності дефектів у зоні знятих шарів;
- установка прокладок в зоні раніше знятих шарів, а також установка ремонтних прокладок для відновлення несучої здатності. При формуванні комплекту необхідного обладнання для ремонту враховувалися наступні вимоги: доступність, можливість використання в умовах АТБ та зручність використання, що не потребує високої кваліфікації робочого персоналу.

Враховуючи ці вимоги, на основі прийнятих КТР і розроблених методик виконання ремонту конструкцій КМ з трубчастим наповнювачем в умовах авіаційно-технічної ремонтної бази експлуатанта ПС сформовано комплект необхідного обладнання (рис. б) виконати ремонтні роботи:

- інжекторної переносної установки;
- вакуумметр зі штуцером;
- промислова сушарка;
- фреза мініатюрна LWA 70 KF (Diamond blade DS 22×0,8) (для обробки в ремонтних зонах);
- плоскошліфувальна машина ЛСО31;
- кутова шліфувальна машина LBC16;
- ультразвуковий дефектоскоп (тип ІД91М). Нижче наведено кілька прикладів типового ремонту конструкції, заповненої трубою.

Ремонт внутрішніх дефектів. При ремонті обшивок замість знятих шарів прокладали прокладки з односпрямованих стрічок і вуглецевої тканини. Для забезпечення необхідної міцності з'єднання шари ремонтної обшивки укладали внахлест зі зміщенням. Просочення тканин і стрічок з вуглецевих волокон проводили шляхом нанесення на поверхню клею ВК-9 (рис. 3.8).



Рисунок 3.8 - Нанесення клею ВК-9 під час встановлення шарів ремонтної накладки

Полімеризація ремонтної латки вимагає ретельного контролю

температури в ремонтваній зоні для клею ВК-9: 24 години при $t = 18-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ або 1 годину при $t = 60-70\text{ }^{\circ}\text{C}$, а також тиску (при вакуумному тиску). $0,5-0,8\text{ кг/см}^2$).

Для виконання цих вимог до склеювальних робіт використовувалося спеціальне обладнання: портативна інжекційна установка та промислова сушарка (рис. 3.9). Електричні термоковдри також можна використовувати як обігрівач. Постійний контроль тиску під мішком здійснювався за допомогою вакуумметра, підключеного до вакуумного мішка.



Рисунок 3.9 - Комплект обладнання

Ремонт з установкою кріплень в зоні дефектів внутрішньої обшивки. Додаткові труднощі для проведення клейових робіт виникали при ремонті вузлів при наявності подвійної кривизни поверхні, тому додатково встановлювалися кріплення для підвищення міцності і надійності з'єднання. У центрі трубчастого наповнювача були відкриті отвори для установки кріплень (рис. 3.10).

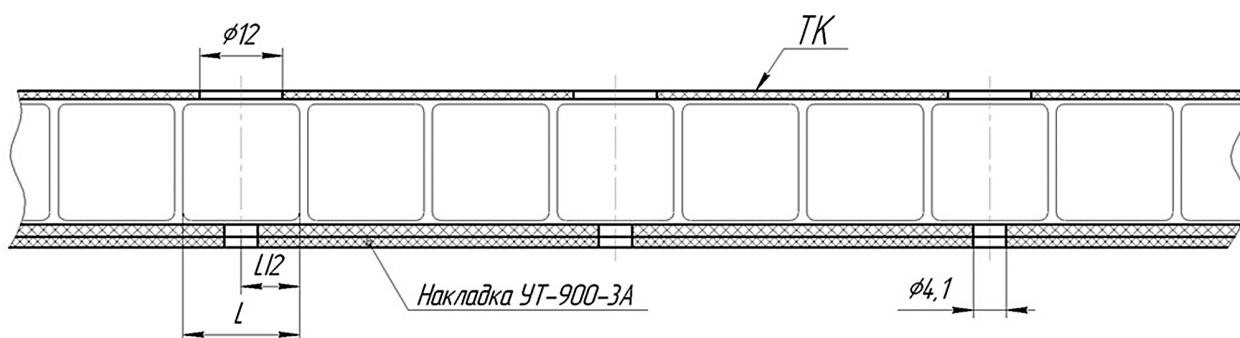


Рисунок 3.10 - Розтин отворів під кріплення

Для цього за допомогою отриманих рентгенівських знімків і плазшаблонів на зовнішню обшивку переносилися межі трубчастого наповнювача і центри отворів під кріплення. Далі отвори у зовнішній оболонці відкривали центрифугою з алмазним покриттям $\phi 12$ мм. На наступному етапі на внутрішню поверхню встановили ремонтну пластину з вуглетканини УТ-900-3А, розкрили отвори $\phi 4,1$ мм у внутрішній обшивці та встановили кріплення. (рис. 3.11).

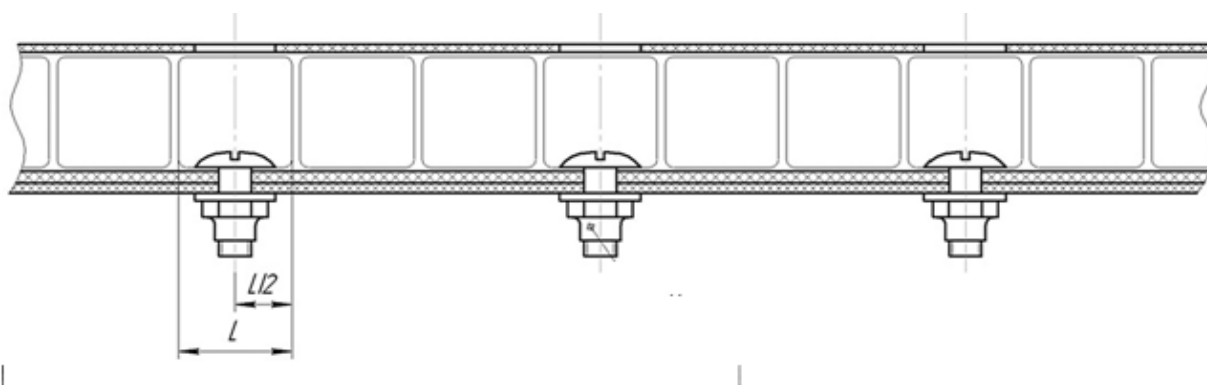


Рис. 3.11 - Встановлення механічного кріплення

Далі в зоні кріплення на клей ВК-9 встановили пінопластові заглушки. На зовнішню поверхню накладено ремонтні прокладки з тканини УТ-900-3А та блискавкозахистне полотно (рис. 3.12).

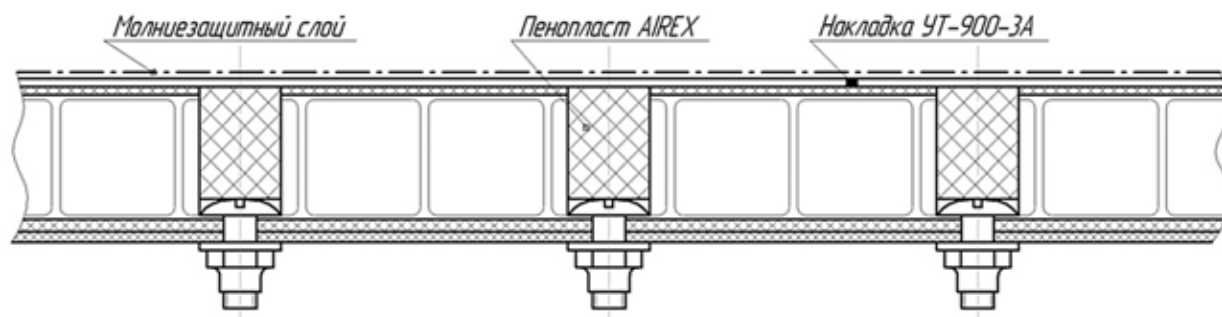


Рисунок 3.12 - Встановлення накладок із вуглецевої тканини на зовнішні обшивки

Ремонт дефектів зовнішньої оболонки та трубчастого наповнювача

З конструкції видалили пошкоджену частину обшивки та серцевину. Замість видаленого трубчастого наповнювача встановлено піну Rohacell-110A на клей ВК-9 (рис. 3.13).

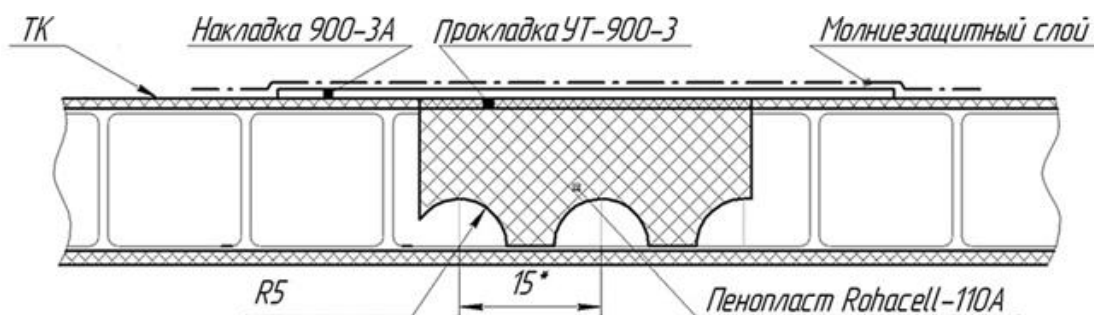


Рис. 3.13 - Ремонт відшарування зовнішньої обшивки від трубчастого заповнювача

На рис. 3.14 показано момент встановлення пінопласту під час ремонту трубчастого заповнювача. У пінопласті зроблені канали для проходження повітря та конденсату, а всі поверхні пінопласту проклеєні, щоб пінопласт не вбирав вологу під час роботи.



Рисунок 3.14 - Встановлення пінопласту під час ремонту трубчастого заповнювача

Далі в зоні установки пінопласту врівень з ТК встановлена прокладка від УТ-900-3А. Далі встановили ремонтну площадку з УТ-900-3А та блискавкозахистний лист. Для кожного виду ремонту проводився поетапний неруйнівний контроль в процесі ремонту, а завершальний – після завершення ремонту. Результати контролю показали відсутність неклеєвих та інших дефектів, що підтверджує якість та надійність проведеного ремонту.

Таким чином, доведено ефективність проведеного ремонту за допомогою обраного обладнання та прийнятих конструкторських і технологічних рішень.

Проаналізовано конструктивно-технологічні рішення та технологію виконання ремонту тришарових конструкцій з КМ з трубчастим заповнювачем. Підібрано обладнання, інструменти та матеріали для проведення ремонту в умовах експлуатуючих організацій. Міцність ремонту на клеї ВК-9 оцінювали в порівнянні з автоклавним формуванням.

Висновки до розділу 3

Ремонт обшивки з тріщинами більше 50 мм або пробоїнами більше 15 мм за відсутності пошкоджень несучої рами включає наступні операції: розрізання дефектної ділянки шкіри по рівному прямокутному контуру із заокругленими кутами, круглої або овальної форми; при цьому для заклепочного шва необхідно залишити частину старої обшивки на відстані не менше 25 мм від деталей каркаса; виготовлення та розклепування з внутрішньої сторони опорної поверхні у вигляді суцільної підкладки або розрізної підкладки з перекриттям вирізаного в обшивці вікна на 20 мм; виготовлення, підганяння по контуру вирізу та приклепування насадки (вкладиша) до опорної поверхні.

Проаналізовано конструктивно-технологічні рішення та технологію виконання ремонту тришарових конструкцій з КМ з трубчастим заповнювачем. Підібрано обладнання, інструменти та матеріали для проведення ремонту в умовах експлуатуючих організацій. Міцність ремонту на клеї ВК-9 оцінювали в порівнянні з автоклавним формуванням.

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 ($F_{л}$), 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:

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

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

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;
- максимальною механізацією і автоматизацією 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

5.1 Екологічна безпека в авіаційній галузі

Поняття «екобезпечне землекористування авіаційного транспорту» необхідно розглядати у двох аспектах: по-перше, щодо шкідливого впливу авіаційного транспорту на життєдіяльність населення та функціонування інших землекористувачів у прилеглих районах, і по-друге, з погляду небезпеки для діяльності авіапідприємства, повітряного судна й пасажирів з боку прилеглої інфраструктури та особливостей дикої природи в певних районах.

Експерти та фахівці Міжнародної організації цивільної авіації (Рада ІКАО) та її державичлени, а також зацікавлені сторони впродовж 70 років об'єднували свої колективні знання, дослідження для створення нормативної бази, яка витримала випробування часом та є актуальною і нині. Доцільно зауважити, що Україна з 1992 року є членом Ради ІКАО. Саме тому в положеннях «Авіаційної транспортної стратегії України на період до 2030 року» визначено основні завдання в галузі розвитку вітчизняної авіації, своєю чергою впливає на глобальну (світову) мережу розвитку.

Починаючи з 1970-х років, у своїх напрацюваннях Рада ІКАО з охорони навколишнього природного середовища, підкреслювала цінність глобального, гармонізованого підходу для вирішення питань щодо наслідків небезпечного впливу аеропортів на прилеглі землекористування, повітряний простір та цілісну роботу екосистеми.

За підрахунками міжнародних експертів спеціалістів, діяльність авіаційної індустрії продукує 1,5–2% викидів вуглекислого газу (CO₂) та інших небезпечних хімічних речовин і сполук — у співвідношенні зі світовими — 100% викидів [3].

Офіційна статистика британських спеціалістів повідомляє, що авіаційна індустрія спричинює емісію небезпечних речовин у навколишнє природне середовище не лише під час пасажирських та вантажних перевезень, а й унаслідок вжиття різних заходів з обслуговування аеропортів загалом.

Можливі шляхи емісії небезпечних речовин в авіації:

- під час пасажирських та вантажних перевезень;
- виробництво та обслуговування літаків;
- обробка й транспортування реактивного палива;
- обслуговування спеціальних територіальних об'єктів аеропорту;
- виробництво та обслуговування допоміжних транспортних засобів.

Світові експерти, в галузі екобезпечної авіації, оприлюднили рейтингові показники стосовно світових викидів в результаті роботи різних виробничих галузей та місце авіаційного транспорту в ній (рис. 5.1).



Рисунок 5.1 - Співвідношення викидів (млн тон за рік) небезпечних речовин у розрізі різних галузей світової господарської діяльності

за 2021 рік [17]

У 2021 році авіаційна галузь продукувала 13% викидів CO₂ у співвідношенні до глобальної системи викидів та 3% - у співвідношенні до загального обсягу викидів CO₂ на просторах Європейського Союзу. В свою чергу постійні дослідження дали змогу встановити, що за вищезгаданий період, діяльність Європейської авіаційної транспортної системи спричинила 22% викидів вуглекислого газу у співвідношенні до Глобальної (світової) авіаційної транспортної системи. В абсолютному виразі, викиди небезпечних речовин в результаті роботи авіаційної галузі зросли в 2,5 рази з 1990 року, а їхня відносна частка зросла в 5 разів, оскільки інші сектори економіки досягли значних обсягів скорочення [17].

Як наслідок процесу викидів небезпечних речовин, зокрема в результаті згорання палива, відбувається формування нових екологічно-небезпечних, газоподібних, рідких та твердих речовин, які є похідними від хімічних елементів, поєднань та утворень, що містяться як у складі вихідного палива, так й у складі вихідного палива, і вже як результат у складі атмосферного повітря.

Хімічні елементи, які поєднують речовини палива та повітря взаємодіють між собою, і пройшовши певну термічну обробку, перетворюються на викиди продуктів згорання в навколишнє природне середовище.

Пари палива шкідливі та ядовиті, а їх накопичення в повітрі, а далі - на поверхневому шарі ґрунту, є небезпекою для людини та навколишнього середовища. Це може призвести до виникнення пожеж.

Однак, все ж таки найбільшою небезпекою в даному випадку є:

- зміни фізичних, хімічних та біологічних характеристик екосистеми;
- порушення ходу природних біологічних процесів;
- утворення стійких до мікробіологічного розщеплення ще більш токсичних сполук, в яких містяться канцерогенні та мутагенні якості.

Через досить несприятливу ситуацію з викидами небезпечних речовин, експертами та працівниками аеропортових служб було розроблено ряд

заходів щодо зменшення рівня негативного впливу або ж його ліквідації.

Система управління відходами. Здійснюється на локальному рівні для кожного окремо взятого аеропорту й передбачає низку способів щодо їх утилізації. Як і будь-які інші організації, аеропорти кидають виклик для переробки та повторного використання відходів, де це можливо. Дані про продуктивність переробки та подальшого використання відходів є доступними для громадськості та місцевих органів самоврядування. У Великобританії, приміром, такі звітні документи мають назву «Звіт про корпоративну соціальну відповідальність». Масштабні авіалінії також мають інформацію про управління відходами, яка є у вільному доступі мережі Інтернет.

Взаємодія із навколишньою системою біорізноманіття, дикої природи та сталого розвитку. Для встановлення раціональної, ефективної взаємодії існують спеціальні урядові рекомендації щодо охорони та планування. Крім того, переважна кількість аеропортів розробили плани щодо управління системою біорізноманіття на території кожного окремо взятого району і навколо них, які можна знайти на їхніх веб-сторінках.

У деяких країнах існує обмежена кількість територій, які офіційно визначені як заповідники для птахів. Але для працівників аеропорту не існує встановлених правил, що зможуть вказувати про заборону будь-якої діяльності на цих територіях. Так, авіалайнери мають пролітати над цими територіями не пересікаючи межу спеціально визначеної висоти.

Але, слід наголосити це є не обов'язковим правилом, тому цільове призначення земельної ділянки «заповідник для птахів» не робить його зоною заборони польотів. На сталий розвиток навколишнього природного середовища прямопропорційно впливає авіаційна діяльність. Тому для регулювання такої ситуації повинен проводитися постійний моніторинг та коригування будь-яких наслідків:

- постійні моніторингові звіти про діяльність аеропорту та його взаємодія із навколишнім природним середовищем на спеціальних інтернет-

ресурсах;

- обов'язкова секція для визначення гранично-допустимого рівня авіаційного шуму та його задовільного рівня.

Транспортна інфраструктура доступу до аеропорту. Щодня тисячі пасажирів, працівників, постачальників подорожують до аеропортів. Вибір транспорту, який вони використовують, може мати значний вплив на екологічну ситуацію загалом, на території прилеглих районів аеропорту. Низка аеропортів розробили найбільш оптимальні, екобезпечні, локальні схеми транспортного маршруту до аеропорту, інформацію про які можна знайти на офіційних інтернет-сторінках

Взаємодія з водними об'єктами. Витоки та розливи авіаційного палива негативно впливають на якість водних об'єктів. Існують суворі правила щодо зберігання та поводження з паливно-мастильними матеріалами. Інформація щодо основних норм та стандартів міститься в документах Ради ІКАО «СААСАР748: Управління авіаційним паливом та паливними установками»). Упродовж зимового періоду, коли деякі літаки не здійснюють польоти, перебувають в ангарах, паливно-мастильні матеріали для них повинні зберігатися у спеціальних умовах. Але й у цьому разі рідина, що не містить обмерзання, може впливати на якість води, якщо вона не обробляється у належний спосіб. Аеропорти є значними споживачами води. Наприклад, великі аеропорти споживають стільки ж води, скільки малі міста

«Зелена економіка» на території аеропорту. Інноваційне мислення та співробітництво надали змогу подолати найбільш негативні наслідки від авіаційної діяльності. Під час переходу до зеленої економіки рушійні сили щодо повітряного транспорту включають в себе екологічно мотивований тиск з боку споживачів та збільшення односторонніх екологічних норм, правил та політичних заходів. Рада ІКАО має намір керувати сектором через програму сталого розвитку та забезпечити глобально-гармонізовані рішення.

Політичні інструменти регулювання. Низка ініціатив та заходів Ради ІКАО забезпечують основу для подальших політичних наборів інструментів.

До них відносяться: сертифікація екологічної безпеки повітряних суден, регулювання повітряного транспорту, ринкові заходи, державні плани дій, нові технології та стійкі альтернативні види палива. Крім того, рада ІКАО розробила набір відповідних технічних засобів, які є загальнодоступними, як-от:

- калькулятор викидів CO₂ для пасажирських рейсів;
- інструмент для оцінки економії палива (IFSET);
- калькулятор «зелених зустрічей». Робота Ради ІКАО з питань сталого розвитку має потенціал для підтримки прийняття рішень та політичних напрямів у всьому світі, оскільки вони впроваджують набір інструментів для вирішення питань сталого розвитку та екології.

5.2 Вплив прилеглих видів землекористувань та особливостей дикої природи на діяльність аеропорту та основні інструменти її регулювання

Згідно із положеннями про діяльність аеропортів [13], впровадженими та розробленими фахівцями-експертами Міжнародної організації цивільної авіації, які є загальноприйнятими для авіаційної транспортної інфраструктури та прилеглих землекористувань, аеропортам слід вживати низку заходів з раціонального управління інфраструктурою, землекористуванням у їх околицях з метою зменшення негативного впливу диких звірів, птахів, рослинності та особливостей інфраструктури найближчих населених пунктів на роботу авіаційної галузі.

Одним з головних питань щодо безпечного функціонування та розвитку аеропорту є розроблення плану управління об'єктами навколо аеропорту (аеродрому), які можуть привертати до себе надмірну увагу птахів чи диких звірів. Також це планування має відображати низку заходів зі скорочення небезпечного впливу негативних зовнішніх чинників як у процесі будівництва аеропорту, так і в його подальшій роботі (рис. 5.2) [13].

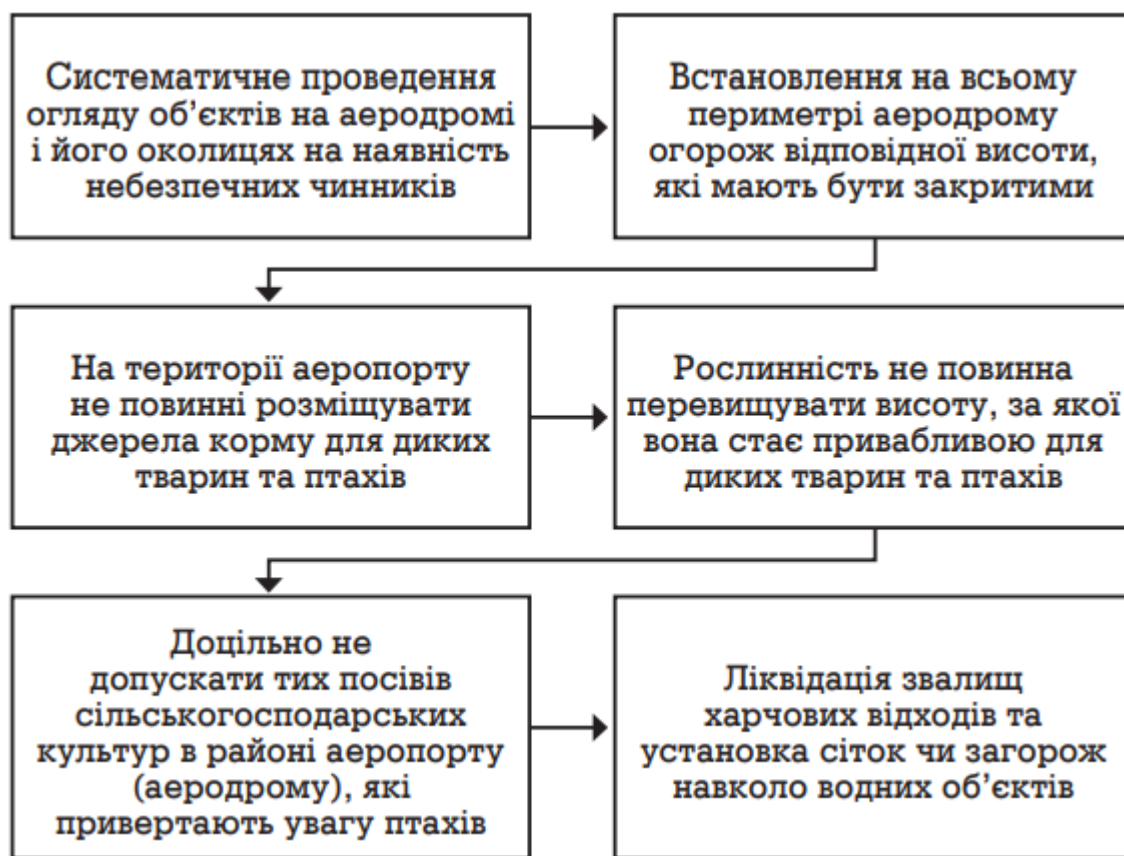


Рисунок 5.2 - Заходи зі зменшення негативного впливу диких звірів, птахів на безпечне функціонування аеропорту (аеродрому) [13]

Програма з управління середовищем існування має стати основою зниження небезпеки, створюваної птахами й дикими тваринами, які можуть заселяти територію аеропорту або в його околиці.

Саме тому заходи зі зниження вказаного негативного впливу на довгостроковий період базуються, здебільшого, на екологічних принципах, але також не слід забувати і про роль економічних принципів.

Якщо виникає нагальна потреба вжити невідкладних дій щодо птахів та диких тварин, то зазвичай це відбувається внаслідок того, що заходи, спрямовані на управління середовищем існування, ще не до кінця реалізовані або прийняття додаткових заходів є нерентабельним [13].

До початку прийняття рішень щодо дій з управління навколишнім природним середовищем насамперед важливо провести екологічні

дослідження в аеропорту і прилягаючих до нього районах з метою визначити джерела корму, наявність водойм і покриття, які приваблюють представників дикої природи на ці території [13].

Отже, реалізація плану управління навколишнім природним середовищем дає змогу змінити конкретні умови або середовище існування, що приваблюють представників дикої природи.

Необхідно сформувати стандартизовану систему звітності, у рамках якої буде збиратись інформація про види диких тварин, птахів та їх конкретне місцезнаходження на території аеропорту, що може бути основою для проведення екологічного огляду. Крім того, на основі результатів такого екологічного огляду, що доволі важливо, може бути визначена пріоритетність дій або реалізації проектів у рамках згаданого плану. Здебільшого в околицях великих міст не завжди існує можливість використання земельних ділянок для ведення сільськогосподарської діяльності.

Та якщо розглядати способи землекористування навколо аеропортів, то для останніх використання земель міг бути вагомим стимулом для підвищення рівня прибутку. Але в такому разі сільськогосподарська діяльність врахувати умови, щоб не приваблювати інтерес птахів, які становлять значну загрозу для авіапідприємства.

Використання земель, розташованих в прилеглих до аеропорту районах з сільськогосподарською метою, має вагоме значення для розвитку останнього, адже:

- 1) земля, що була в так званому «запустінні», буде приносити прибуток;
- 2) сільськогосподарські культури, які вирощуватимуться, будуть запобігати ерозійним процесам ґрунтів, що поступово втрачають свої якісні властивості через активну роботу аеропорту;
- 3) аеропорт не буде нести додаткові затрати, через необхідність покосу трави чи догляду за нею;

4) крім того, земля сільськогосподарського призначення може бути придатною для можливого будівництва промислових, житлових чи громадських споруд, створення рекреаційних зон чи інших об'єктів інженерних мереж.

Згідно із проведеними дослідженнями експертів було встановлено, що всі види сільськогосподарської діяльності є сумісними з авіаційним шумом та гранично допустимим рівнем шкідливих речовин, крім розміщення та діяльності птахоферм, оскільки міжнародними нормами та стандартами, їх не рекомендовано розташовувати ближче ніж за 5 км від аеропорту. Також слід наголосити, що свиноферми, розташовані поблизу аеропорту, приваблюють птахів через наявність харчових відходів [13]. У системі українських аеропортів теж є певні проблеми щодо небезпек з боку птахів та диких тварин, які виникають внаслідок з недотримання певних вимог, які розглядалися раніше.

Це, зокрема, стосується неправомірного розташування звалищ харчових відходів, зафіксоване декілька років тому поблизу аеропорту «Бориспіль». Так, у 2013 р. стався надзвичайно серйозний випадок, коли від удару птахів у кабінку пілотів лопнуло скло. Тоді все обійшлося, і в салоні не сталася розгерметизація. А всього за останні три роки в аеропорту «Бориспіль» сталося 15 зіткнень літаків з птахами. За підрахунками експертів усього за останніх чотири роки внаслідок таких зіткнень, українським авіакомпаніям було нанесено збитків у розмірі 1,268 млн. доларів США [18].

Якщо досліджувати питання загрози безпечному функціонуванню аеропортів з боку дикої природи прилеглих землекористувань, то згідно із підрахунками експертів зіткнення птахів з літаками займає 3 місце після людського фактора і технічних збоїв, що спричиняють авіакатастрофи. Так, удар птаха, вага якого становить - 1,8 кг, при середній швидкості літака близько 700 км/год є еквівалентною силі ураження 30-міліметрового гарматного снаряда.

Для прикладу, нагадаємо випадок, який стався 2009 р. у Нью-Йорку,

коли відбулася аварійна посадка авіалайнера Airbus A320-214 на р. Гудзон. А сталося все саме через зіткнення літака зі зграєю диких гусей. Тоді пасажирів від авіакатастрофи врятували майстерність пілота і водна акваторія. Згідно із результатами досліджень та підрахунками експертів вдалося з'ясувати, що найбільша частка зіткнень птахів спостерігається в районі двигуна, а найменша — припадає на шасі (рис. 5.3).

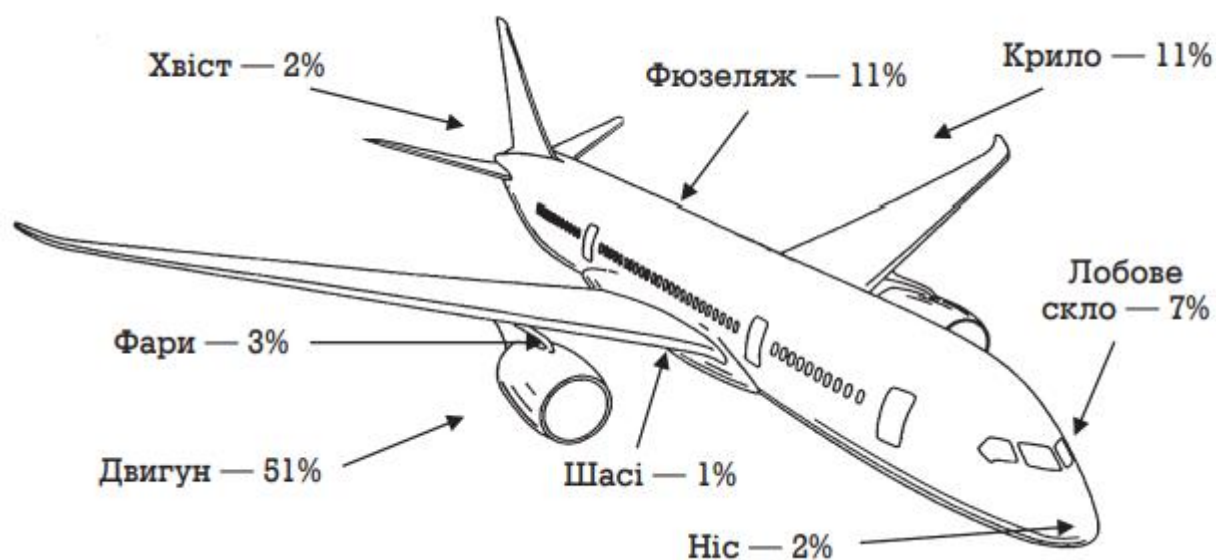


Рисунок 5.3 - Співвідношення зіткнень птахів з літаком за різними його частинами [15]

Необхідно звернути особливу увагу стосовно фаз польоту, під час яких трапляється найбільше зіткнень (рис. 5.4). Так, зі згідно статистичними даними, 34% зіткнень відбувається під час самого польоту, 31 - під час посадки, а 18% - під час пробігу після приземлення.

Під час польоту на висоті 10 тис. км аеропортові служби не можуть на 100% передбачити, де і в який час на літак буде чекати небезпека. Тобто в таких умовах значний вплив мають природні чинники, які не залежать від антропогенної діяльності.



Рис. 5.4 - Співвідношення зіткнення птахів з авіалайнерами на різних фазах польоту [14]

А за посадки та вирулювання літака раціональне землекористування та науково обґрунтована діяльність аеропортових служб можуть значно зменшити рівень небезпеки, використовуючи методи сучасних технологій і дотримуючись правил сумісності інфраструктури аеропорту з прилеглими територіями [17].

5.3 Методи подолання негативного впливу діяльності аеропорту

Існують різноманітні локальні методи щодо зменшення небезпечного впливу птахів на діяльність аеропорту, зокрема застосування спеціального обладнання, яке фіксує кількість птахів у певні дні та періоди та інші заходи як-от:

- спеціальні біоакустичні установки можуть відтворити сигнали, що відлякують птахів, — це сигнал тривоги, який подають пернаті один одному і уловлюють його в радіусі півтора кілометра;
- сигнальні ракети; • іноді руйнування гнізд поблизу аеропорту;

- створення штучних зарослих ділянок для птахів.

Якщо розглядати питання нещасних випадків, які трапляються з боку взаємодії авіалайнерів і дикої природи загалом, то вони є цілком поширеними на світових повітряних, сухопутних просторах і фіксуються тисячами на рік.

Так, за підрахунками Федеральної авіаційної служби США у середньому за рік трапляється 13159 таких випадків. Зокрема, їх спричиняють олені, черепахи, а подекуди рептилії. Питання проблема сумісності інфраструктури аеропортів та землекористування в прилеглих його районах є надзвичайно важливим за сучасних умов, а відповідно концепція планування такого землекористування з'явилася як результат наукових досліджень екологічного взаємозв'язку між аеропортами і населеними пунктами, що розташовуються поблизу.

Особливості землекористування в районах навколо аеропортів обумовлюють встановлення обмежень на польоти повітряних суден, а також можуть впливати на рівень безпеки польотів. Саме тому до початку планування та проектування аеропорту необхідно вживати відповідних заходів з метою недопущення несумісного використання земельних ділянок на прилеглих територіях [13].

У таблиці 5.1. представлено основні вимоги дотримання норм та правил у формуванні екологічної складової ефективного, раціонального землекористування авіаційного транспорту.

Отже, з урахуванням критеріїв землекористування авіаційного транспорту, як цього вимагають керівні документи ІКАО, в аспекті його впливу на природні екосистеми та навпаки, а також впливу навколишнього природного середовища на авіацію, вимоги дотримання щодо норм та правил у формуванні екологічної складової вказаної сфери мають налічувати.

Основні вимоги дотримання норм та правил у формуванні екологічної складової ефективного, раціонального землекористування авіаційного транспорту

№	Назва чинника впливу	Методи подолання негативного впливу
1	Шкідливий вплив. Забруднення довкілля відходами нафтопродуктів авіаційного транспорту та утворення нових небезпечних хімічних сполук	<ul style="list-style-type: none"> • Упровадження системи екологічного менеджменту на авіапідприємствах • Застосування авіаційних альтернативних палив • Екологізація складів паливно-мастильних матеріалів аеропортів • Забезпечення обов'язкової екологічної експертизи авіапідприємства
2	Небезпека для діяльності авіапідприємства, повітряного судна й пасажирів з боку прилеглої інфраструктури та особливостей дикої природи в наближених до аеропорту районах землекористування	<ul style="list-style-type: none"> • Забезпечення обов'язкової сертифікації об'єктів авіації на відповідність нормативним вимогам • Наукове обґрунтування планування і прогнозування землекористування, з урахуванням фізико-географічних умов конкретного регіону • Проведення оцінки ризиків щодо зіткнення птахів з повітряними суднами та потрапляння диких звірів на територію аеродрому • Дотримання та удосконалення концепції планування сумісного землекористування аеропорту з інфраструктурою, рослинністю та землекористуванням прилеглих до аеропорту територій • Дотримання, удосконалення правил щодо відлякування птахів та диких тварин до прилеглих аеропорту територій

Висновки до розділу 5

Поняття «екобезпечне землекористування авіаційного транспорту» необхідно розглядати у двох аспектах: по-перше, щодо шкідливого впливу авіаційного транспорту на життєдіяльність населення та функціонування інших землекористувачів у прилеглих районах, і по-друге, з погляду небезпеки для діяльності авіапідприємства, повітряного судна й пасажирів з боку прилеглої інфраструктури та особливостей дикої природи в певних районах.

Одним з головних питань щодо безпечного функціонування та розвитку аеропорту є розроблення плану управління об'єктами навколо аеропорту (аеродрому), які можуть привертати до себе надмірну увагу птахів чи диких звірів.

Існують різноманітні локальні методи щодо зменшення небезпечного впливу птахів на діяльність аеропорту, зокрема застосування спеціального обладнання, яке фіксує кількість птахів у певні дні та періоди та інші заходи як-от: спеціальні біоакустичні установки можуть відтворити сигнали, що відлякують птахів, - це сигнал тривоги, який подають пернаті один одному і уловлюють його в радіусі півтора кілометра; сигнальні ракети; іноді руйнування гнізд поблизу аеропорту; створення штучних зарослих ділянок для птахів.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

В наш час ремонт повітряних суден із композитних матеріалів є дуже актуальним процесом. Ремонт обшивки планера є складною і відповідальною технологією. Ремонт проходить в строгій відповідності з посібниками, інструкціями, технологіями по ремонту і по затверджених кресленнях і ескізам.

Проаналізовано проблеми ремонту деталей та виробів з полімерних композиційних матеріалів. Визначено, що основними причинами руйнувань композиційних матеріалів 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 мікродфекти волокна, матриці на кордоні розділу "волокно – матриця" пори, тріщини, розшарування, раковини, складки); поверхневі дефекти (ризики, подряпини, складки, тріщини та ін.

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.

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.

Проаналізовано проблеми ремонту деталей та виробів з полімерних

композиційних матеріалів. 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.

Під час підготовки до ремонту та в процесі виконання композиційних матеріалів можуть піддаватися різним видам механічного навантаження. Деякі процеси ремонту виробів з композиційних матеріалів супроводжуються нагріванням або матеріалу, що ремонтується, 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 теплофізичних властивостей композиційних матеріалів важливе як проектування технологічного процесу ремонту, так прогнозування поведінки відремонтованої ділянки.

Обґрунтовано технологічні процеси ремонту обшивки планера з композиційних матеріалів. Технологічний процес ремонту агрегатів починається з виконання операції розмітки дефектних зон. Потім проводиться розмітка ремонтіваної 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.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Астанин В.В., Глова О.В., Шевчук О.А. Эксплуатационные повреждения элементов конструкций летательных аппаратов из композиционных материалов и методы их ремонта. - К. - Технологические системы, №4, 2011.-с.46-52.
2. Быстряков И.К. Управление рациональным землепользованием: теоретический дискурс // Теорія і методи оцінювання, оптимізація використання та відтворення земельних ресурсів: матеріали Міжн. наук. конф. У 2-х частинах. К.: РВПСУ НАНУ, 2002. Ч. I. С. 139–142.
3. Виробнича інструкція ПІ 1.4.1484-94. Контроль не руйнуючий нероземних з'єднань з полімерних композитних матеріалів. М.: НІАТ, 1994.
4. Воробйов В.В., Маркін В.Б. Контроль якості виготовлення і технологія ремонту композитних конструкцій//Новосибірськ « Наука» 2015р.
5. 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.
6. 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.
7. Кардашов Д.А. Сентетичні клеї. 3-е видав., перероб. і доп. М.: Хімія 1996. 504 с.
8. Кива Д.С., Двейрин А.З., Василевский Е.Т. Петропольский В.С. Методы ремонта агрегатов планера самолетов из КМ с трубчатым наполнителем. - К.- Технологические системы, №2(63)/2013.-с.57-64.
9. Кива Д.С., Двейрин А.З., Василевский Е.Т. Петропольский В.С.

Методы ремонта агрегатов планера самолетов из КМ с трубчатым наполнителем. - К.- технологические системы, №2(63)/2013.-с.57-64.

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

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

12. Мартин А.Г. Оптимальність землекористування: сучасне розуміння та шляхи досягнення // Землев-

13. Матвієнко В.А. та ін. Використання методу багато критерної оптимізації для визначення параметрів процесу формування клейового шару // Авіаційна промисловість. 1992 . № 5 . С.36 - 37 .

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

15. Новаковська І.О. Економіка землекористування: навчальний посібник. К.: Аграр. наука, 2018. 400 с.

16. Новаковська І.О. Управління міським землекористуванням: монографія. К.: Аграр. наука, 2016. 304 с.

17. Новаковська І.О., Скрипник Л.Р. Проблеми класифікації та формування земель авіаційного тран- спорту // Землеустрій, кадастр і моніторинг земель. 2017. № 3. С. 46–54.

18. порядна освіта, наука та виробництво: сьогодення та перспективи очима молодих учених: матеріали Міжнар. наук.-практ. конф. (Київ, 25 лют. 2003 р.). К.: ТОВ «ЦЗРУ», 2003. С. 85–92.

19. Серенсен С.В., Зайцев Г.П. Несущая способность тонкостенных конструкций из армированных пластиков с дефектами.-Киев: Наук. Думка,1982.-296с.

20. Серенсен С.В., Зайцев Г.П. Несущая способность тонкостенных конструкций из армированных пластиков с дефектами. - Киев: Наук. Думка,1982.-296с.

21. 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
22. Смылова Р.А., Котляров С.В. Довідник-посібник по герметизаційним матеріалам на основі каучука .М.: Хімія, 2016. 72 с.
23. Сохнич А.Я. Система організації ландшафтів — основа раціонального землекористування та еко- систем // Землевпорядний вісник. 2000. № 2. С. 15–21.
24. 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.
25. Технологічний не руйнуючий контроль пластмас / Потапов А.І., Ігнатов В.М., Олександров Ю.Б. Л.: Хімія 2013. 288 с.
26. Технологічні рекомендації ТР 1.4.1831-88 Ремонт стільникових клеєних конструкцій з полімерних композиційних матеріалів. М.: НІАТ, 2004. 183 с.
27. Тридцять років наукової школи з проблеми створення виробів авіаційно-космічної техніки з полімерних композиційних матеріалів [Текст] / В.Є. Гайдачук, О.В. Гайдачук, Я.С. Карпов // Авиационно-космическая техника и технология. – 2010. – №2 (69). – С. 12 – 19.
28. 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.
29. Baker, A., Dutton, S., and Kelly, D. (Editors), "Composite Materials for Aircraft Structures," Second Edition, American Institute of Aeronautics and Astronautics, Reston, VA, 2004.
30. Bardis, J. and Kedward, K., "Effects of Surface Preparation on the Long-Term Durability of Adhesively Bonded Composite Joints," University of

California Santa Barbara, Santa Barbara, CA, DOT/FAA/AR-03/53, 2004.

31. Hashin, Z., Rosen, B., Humphreys, E., Newton, C., and Chatterjee, S., "Fiber Composite Analysis and Design: Composite Materials and Laminates, Volume 1," Materials Sciences Corporation, Fort Washington, PA, DOT/FAA/AR-95/29, 1997.

32. ICAS proceedings.17th congress of the international council of the aeronautical sciences. 1990.

33. ICAS proceedings.17th congress of the international council of the aeronautical sciences. 1990.

34. K. H. Boller, A Method to Measure Intralaminar Shear Properties of Composite Laminates, Forest Products Laboratory, AFML-TR-69-311, March 1970.

35. Masters, J. E.; and Portanova, M. A.: Standard Test Methods for Textile Composites, NASA Langley Research Center, NASA CR-4751, 1996.

36. Nuriddin Abdujabarov, Jonibek Takhirov, Rakhimjon Shokirov Repair of an Unmanned Aerial Vehicle Airframe with a Composite Material. Vol. 4 (2022): European Multidisciplinary Journal of Modern Science. ISSN Online: 2750-6274. P. 886-890.

37. Shokirov, Rakhimjon; Abdujabarov, Nuriddin; Jonibek, Takhirov; Saytov, Kadamboy; and Bobomurodov, Saidbek (2020) «PROSPECTS OF THE DEVELOPMENT OF UNMANNED AERIAL VEHICLES (UAVs), «Technical science and innovation»: Vol. (2020): Iss. 3, Article 5. DOI: <https://doi.org/10.51346/tstu-01.20.3-77-0069>.