

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: «Підвищення зносостійкості деталей механізації крила із титанових сплавів»

Виконала: _____ **Ю.О. Лупіч**

Керівник: д-р.техн. наук, проф. _____ **О.І. Духота**

Консультанти з окремих розділів пояснювальної записки:

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

охорона навколишнього середовища:
канд. біол. наук, доц. _____ **А.О. Падун**

Нормоконтролер _____

Київ 2022

НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Аерокосмічний факультет

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

ЛУПІЧА ЮРІЯ ОЛЕГОВИЧА

1. Тема роботи: «**Підвищення зносостійкості деталей механізації крила із титанових сплавів**» затверджено наказом ректора від 29 вересня 2022 року № 1786/ст.
2. Строк виконання роботи: з 26 вересня 2022 року по 30 листопада 2022 року.
3. **Вихідні дані до роботи:** є статистичні данні зносостійкості покриттів та їх характеристики.
4. **Зміст пояснювальної записки:** аналіз використання покриттів в авіації, методика випробувань покриттів на зносостійкість, розробка пристосувань для відновлення деталей механізації крила літаків.
5. **Перелік обов'язкового графічного матеріалу:** застосування покриттів в авіаційній промисловості, види покриттів для відновлення зносостійкості, властивості покриття, методика випробувань покриттів, вибір покриття для відновлення деталей механізації крила літаків, результати досліджень випробувань покриттів.

6. Календарний план-графік

Завдання	Термін виконання	Відмітка про виконання
Видача завдання на дипломне магістерське дослідження	26.09.2022-30.09.2022	
Пошук матеріалу до дипломної магістерської роботи	30.09.2022 –15.10.2022	
Аналіз процесу напилення і обладнання для виконання роботи	16.10.2022 –20.10.2022	
Забезпечення охорони праці та охорони навколишнього середовища при виконання дослідження	19.10.2022 –27.10.2022	
Оформлення дипломної магістерської роботи	20.10.2022 –10.14.2022	
Підготовка презентації до захисту кваліфікаційної роботи	15.11.2022 –22.11.2022	

7. Консультанти з окремих розділів

Розділ	Консультант (посада, П.І.Б)	Дата, підпис	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Охорона праці	Ст. викладач Козлітін О. О.		
Охорона навколишнього середовища	Канд. біол. наук, доц. Падун А.О.		

8. Дата видачі завдання: _____ 2022 р.

Керівник кваліфікаційної роботи _____

Завдання прийняв _____

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до кваліфікаційної роботи «Підвищення зносостійкості деталей механізації крила із титанових сплавів»:

94 с, рисунків 19, таблиць 5, бібл. джер. 54

Метою роботи є вивчення зносостійкості аргонодугових наплавок ВТ-22 і СП-15 на титановому сплаві в умовах фреттинг-корозії та контактного динамічного навантаження та розробка рекомендацій з відновлення рейок механізації крила.

Об'єкт дослідження - зносостійкість аргоно-дугового наплавлення покриттів СП-15 і ВТ-22 під дією тертя в умовах фреттинг-корозії та контактних динамічних навантажень.

Предметом дослідження є взаємодія аргоно-дугового наплавлення матеріалів СП-15 і ВТ-22 зі сталлю 95Х18.

Метод дослідження – аналізування методів нанесення покриттів, вдосконалення процесів системи вибору покриттів на авіаційних деталях.

Матеріали кваліфікаційної роботи рекомендується використовувати під час викладання методів та методик нанесення покриттів на авіатранспортних підприємствах, при відновленні на деталях авіаційної техніки, та під час практичних та теоретичних занять.

МЕТОДИ ВІДНОВЛЕННЯ ПОКРИТТЯ, АРГОНОДУГОВІ НАПЛАВКИ, МЕТОДИКА, НАНЕСЕННЯ ПОКРИТТІВ, ВІДНОВЛЕННЯ РЕЙОК МЕХАНІЗАЦІЇ КРИЛА.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ, ПОЗНАЧЕНЬ ТА ІНДЕКСІВ...	8
ВСТУП.....	10
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ПОШКОДЖУВАНOSTІ ДЕТАТЕЙ З ТИТАНОВИХ СПЛАВОВ ТА СПОСОБИ ЇХ ВІДНОВЛЕННЯ.....	13
1.1 Пошкодження фреттинг-корозією деталей авіаційної техніки	13
1.2 Пошкодження рейок механізації крила літаків	18
1.3 Існуючі уявлення про фреттинг-корозію	23
1.4 Особливості властивостей титану і його сплавів.....	26
1.5 Аналіз методів підвищення зносостійкості деталей з титанових сплавів.....	30
Висновки до розділу 1.....	35
РОЗДІЛ 2. МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ ХАРАКТЕРИСТИК НАПЛАВОК	36
2.1 Дослідження властивостей матеріалів для відновлення деталей виконаних з титанових сплавів	36
2.2 Установа для випробувань на фреттинг-корозію і визначення зносу.....	37
2.3 Імітаційна установка вузла зношування монорельс-ролик для випробувань на динамічне навантаження.....	40
Висновки до розділу 2.....	43

РОЗДІЛ 3. ЗНОСОСТІЙКІСТЬ НАПЛАВОК ВТ-22 ТА СП-15 В УМОВАХ ФРЕТИНГУ ТА КОНТАКТНОГО ДИНАМІЧНОГО ВАНТАЖЕННЯ	44
3.1 Фретингостійкість наплавов СП-15 і ВТ-22 на титановому сплаві	44
3.2 Зносостійкість в умовах контактних динамічних навантажень наплавлення СП-15 і ВТ-22.....	47
3.3 Розробка інструментів для відновлення рейок механізації крила літаків	49
Висновки до розділу 3.....	56
РОЗДІЛ 4 ОХОРОНА ПРАЦІ.....	57
4.1 Небезпечні та шкідливі виробничі чинники при роботі з авіаційною технікою	57
4.2 Технічні та організаційні заходи для зменшення рівня впливу небезпечних і шкідливих виробничих чинників	58
4.3 Забезпечення пожежної і вибухової безпеки в робочому цеху	62
4.4 Розрахунок повітрообміну при роботі з титаном.....	65
4.5 Інструкція з охорони праці при роботі з титанами	68
Висновки до розділу 4.....	70
РОЗДІЛ 5 ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА.....	71
5.1 Визначення основних чинників діяльності цивільної авіації, що призводять до негативного впливу на навколишнє середовище.....	71
5.2 Захист атмосферного повітря від забруднення повітряними суднами	72
5.3 Захист води від забруднення авіаційним транспортом	75
5.4 Захист ґрунтів від забруднення авіаційним транспортом	77

5.5	Авіаційний шум та способи захисту від нього.....	78
5.6	Захист від впливу електромагнітного та іонізуючого випромінювання.....	81
5.7	Забруднення навколишнього середовища при аваріях та катастрофах.....	82
5.8	Екологічна ситуація при азотуванні титанових сплавів.....	83
5.9	Природоохоронне законодавство України.....	84
	Висновки до розділу 5.....	88
	ОСНОВНІ ВИСНОВКИ.....	89
	СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	90

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ, ПОЗНАЧЕНЬ ТА ІНДЕКСІВ

АД	- авіаційний двигун
АТ	- авіаційна техніка
ГДК	гранично-допустима концентрація
ГТД	- газотурбінний двигун
ГТН	газотермічні покриття
ГТП	- газові теплові покриття
ДСанПіН	- Державно-санітарні правила і норми
ЗПС	злітно-посадкова смуга
КЗ	- камера згорання
КПО	- коефіцієнт природньої освітленості
ЛА	- літальний апарат
НД	- нормативні документи
ПММ	паливно-мастильні матеріали
СН	- санітарні норми
СНіП	- санітарні норми і правила
СУ	- силова установка
ТУ	- технічні умови
ЦА	цивільна авіація
ІСАО	- International Civil Aviation Organization (Міжнародна організація цивільної авіації)

T_i – температура робочого тіла в i -ом перерізі проточної частини;

C_i – швидкість потоку в i -ом перерізі проточної частини;

η_r – коефіцієнт полноти згорання в камере згорання;

$g_{\text{охол}}$ – відносна витрата повітря, відбираемого для охолодження турбіни в систему кондиціонування повітря;

F – площа;

V – об'єм;

C – питома теплоємність;

R – газова постійна;

m – маса;

δ – відносне відхилення;

Δ – абсолютне відхилення;

N_{ki}, N_{Ti} – необхідна потужність для приводу компресору;

n_i – частота обертання ротору i -ого каскада;

$C_{\text{пит.вит}}$ – приведена питома витрата повітря;

$P_{\text{пит.вит}}$ – приведена питома тяга;

ВСТУП

Сучасна авіаційна промисловість характеризується постійним зростанням інноваційної техніки, що призводить до більш складних систем і конструктивних особливостей, що вимагає постійного підвищення надійності. Для забезпечення всіх необхідних вимог до надійності та життєвого циклу авіаційної техніки необхідно враховувати такі важливі фактори, як зносостійкість і міцність шліфувальних агрегатів. Надійність і життєвий цикл критичних частин обмежується зносостійкістю або руйнуванням контактних частин, що зазвичай здійснюється спеціальним типом поверхневого пошкодження, який називається фриттируючої корозією, що виникає на контактних металевих частинах з наявністю відносного коливального руху.

Практично в усіх сферах машинобудування, виробництві будівельних конструкцій, енергетиці, виробництві двигунів, авіабудуванні та інших сферах сучасної техніки використовуються газові теплові покриття (ГТП). За допомогою ГТП можна вирішити безліч проблем, які пов'язані зі збільшенням експлуатаційної міцності, міцності зчеплення з поверхнею, термо- і ерозійної стійкості, захисних властивостей і хімічної стійкості для забезпечення життєвого циклу. Але однією з головних проблем сучасної авіаційної техніки є підвищення зносостійкості.

Найбільш ефективним засобом у проблемі зносостійкості є нанесення захисних покриттів. Сьогодні існує безліч технологій і методів, які доповнюються великою кількістю різних матеріалів, що дозволяє досягти покриттів, що мають надзвичайно високу зносостійкість. При виробництві та ремонті літаків і двигунів, як правило, застосовуються методи газового ГТП як зносостійких покриттів. Деякі деталі авіації мають такі збитки, які не могли бути відновлені за допомогою ГТП [1]; тому слід використовувати інші методи - наприклад, наплавлення аргонової дуги.

На закономірність розвитку фретинг корозії впливає безліч факторів - амплітуда руху спряжених частин, питома навантаження, частота коливань,

контактна форма тощо. Зміна цих факторів може призвести до зміни процесів зносу, що виявляється в характері пошкодження поверхні. Аналіз цих факторів дозволить навести науковий доказ у виборі матеріалів для відновлення вузлів і деталей, а також пояснити методологію вибору засобів контролю, пов'язаних з фриттирующою корозією.

Актуальність дипломної роботи полягає в тому, що вузли механізації крила підйомних пристроїв, виготовлених з титанового сплаву ВТ-22, мають зношення більше 1 мм. Метод, який використовується в даний час для відновлення, ефективний лише для глибини пошкодження до 0,6 мм. тому необхідно провести додаткові дослідження, які пов'язані з визначенням альтернативних методів відновлення монорельсів, пошкодження яких більше 0,6 мм.

Метою роботи є вивчення зносостійкості аргонодугової наплавлення ВТ-22 і СП-15 на титановому сплаві в умовах фреттинг-корозії та контактного динамічного навантаження та розробка рекомендацій з відновлення крила високого підйому пристрої рейок.

Для досягнення цілей дипломної роботи необхідно вирішити наступні завдання:

1. Аналіз уразливості деталей титанового сплаву та способи їх відновлення.
2. Виконання випробувань для визначення оптимального покриття.
3. Аналіз топографій тертя способів випробування матеріалів для визначення механізму зношування.
4. Аналіз та розробка заходів щодо підвищення рівня охорони навколишнього середовища та зменшення впливу шкідливих та небезпечних факторів з урахуванням запобіжних заходів.
5. Розробка рекомендацій по відновленню крила висотного підйомного пристрою монорельсів аргоно-дугового наплавлення.

Об'єкт дослідження - зносостійкість аргоно-дугового наплавлення покриттів СП-15 і ВТ-22 під дією тертя в умовах фреттинг-корозії та контактних динамічних навантажень.

Предметом дослідження є взаємодія аргоно-дугового наплавлення матеріалів СП-15 і ВТ-22 зі сталлю 95Х18.

Однією з найдорожчих і масових виробничих одиниць сучасних пасажирських і вантажних літаків є рейки високих підйомних пристроїв. Під час експлуатації рейкової рейки в місцях зупинки роликів спостерігається формування робочої зони (зношування), яку можна класифікувати як фриттирующую корозію [2]. Глибина цих ділянок може перевищувати допустиму ще до першого ремонту рейки, при цьому виникає потреба у високій підйомній системі рейок замінити. При цьому виникає підвищення рівня вібрації на крилі під час таких важливих фаз польоту, як зліт і посадка. Пошкодження або затримка втягування та розгинання закрилків може призвести до аварії.

Заміна рейок є досить складною і надзвичайно дорогою процедурою. Ці умови обумовлюють необхідність підвищення зносостійкості робочих поверхонь рейок при виготовленні з одного боку, а також розробці технології відновлення з іншого боку.

Під час виконання дипломної роботи ми розглянули методи відновлення та ремонту титанових сплавів з пошкодженнями в діапазоні, що не перевищує 1 мм.

Необхідно зауважити, що джерело підвищення зносостійкості обмежено і не можна повністю виключити зношування. Саме тому важливо розробити технологію відновлення рейок літального апарату.

Встановлено основні положення процесів контактної взаємодії плазмових покриттів і титанових сплавів в умовах фреттинг-корозії. Розроблено методику дослідження зносостійкості покриттів на проблемних матеріалах.

РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ПОШКОДЖУВАНOSTІ ДЕТАТЕЙ З ТИТАНОВИХ СПЛАВОВ ТА СПОСОБИ ЇХ ВІДНОВЛЕННЯ

У цивільній авіації питання надійності і довговічності експлуатованої техніки особливо актуальні, оскільки пов'язані не тільки з економічними показниками, а й з безпекою польотів. Підвищення ресурсу і інтенсивності використання авіаційної техніки призводить до значного збільшення витрат галузі, пов'язаних із заміною пошкоджених деталей.

1.1 Пошкодження фреттинг-корозією деталей авіаційної техніки

Як відомо, ресурс роботи відповідальних вузлів найчастіше обмежується передчасним зносом або руйнуванням контактуючих деталей в результаті розвитку особливого виду пошкодження поверхні, що отримав назву фреттинг-корозія [3]. Фреттинг-корозія є одним з найбільш поширених дефектів, що виникають у вузлах авіаційної техніки. Пошкодження від фреттинг-корозії зустрічаються майже в будь-якому рухомому або номінально нерухомому сполученні, деталі якого схильні до вібрації або впливу повторно-змінних навантажень, достатніх для появи відносних переміщень.

Дослідженнями пошкоджених деталей встановлено [3; 4], що в умовах фреттинг-корозії пошкоджуються наступні елементи і групи деталей:

- в конструкції планера: елементи обшивки, вузли кріплення силових панелей, стики багажних і технічних люків, вузли навішування двигунів, рулів, шасі і т. П .;

- в конструкції системи управління: елементи тяг, шарніри з'єднання важелів, качалок, гвинтові пари підйомників, опори предкрилков і закрилків і т.д.;

- в конструкції газотурбінних двигунів: опори валів, місця з'єднання і стики робітників і напрямних лопаток, дисків, кілець, жарових труб, паливних форсунок, опори і стулки реверсивного пристрою і ін.;

- в агрегатах паливних і гідравлічних систем: вузли підвісу маятників, жиклери, плунжерні і золотникові пари і т.п.

Найбільш часто фреттинг-корозія зустрічається в місцях пресових посадок на обертових валах, в шліцьових, шпонкових, болтових і клепаних з'єднаннях. Внаслідок розвитку фреттинг-корозії змінюються розміри деталей, погіршується якість поверхні, збільшуються зазори і виникають заїдання в сполученнях, що викликають несправності і відмови елементів конструкції і агрегатів авіаційної техніки. При впливі знакозмінних навантажень місця, пошкоджені фреттинг-корозією, є осередками втомного руйнування. Під впливом фреттинг-корозії втомна міцність конструкційних сплавів може знизитися більш, ніж на 50 %, а довговічність при напружених, близьких до межі витривалості, падає в сотні разів [5].

Масштабність пошкодження деталей авіаційної техніки фреттинг-корозією наочно ілюструється даними кількісного аналізу (рисунок 1.1, 1.2). Узагальнені дані аналізу причин виникнення несправностей деталей по літаках Ту-154, Іл-62, Іл-76, Ан-24, Іл-86, вертольотів Мі-2, Мі-8 і газотурбінних двигунів НК8-2У і Д-30, виконані співробітниками [5], показують рисунок 1.1, що в загальному обсязі дефектів фреттинг-корозія займає третє місце і складає понад 60 % всіх дефектів, пов'язаних з контактними взаємодіями. В середньому по авіадвигунів більше 80 % номенклатури деталей, що мали дефекти від конкретних взаємодій, пошкоджуються фреттинг-корозією рисунок 1.2. З них близько 55 % дефектів викликані фреттинг-зносом і близько 25 % до фреттинг-втомним руйнуванням. В цілому можна зазначити, що приблизно 60 – 65 % деталей вузлів тертя авіаційної техніки пошкоджуються в умовах фреттинг-корозії [6].

Аналіз пошкоджуваності деталей літальних апаратів показав, що 30 – 40 % від загальної кількості деталей з поверхневими пошкодженнями доводиться на деталі з титанових сплавів. В сучасних газотурбінних двигунах більш 50 % загальної ваги доводиться на частку титанових сплавів [7 - 9], причому відмічається стала тенденція до їх підвищення.

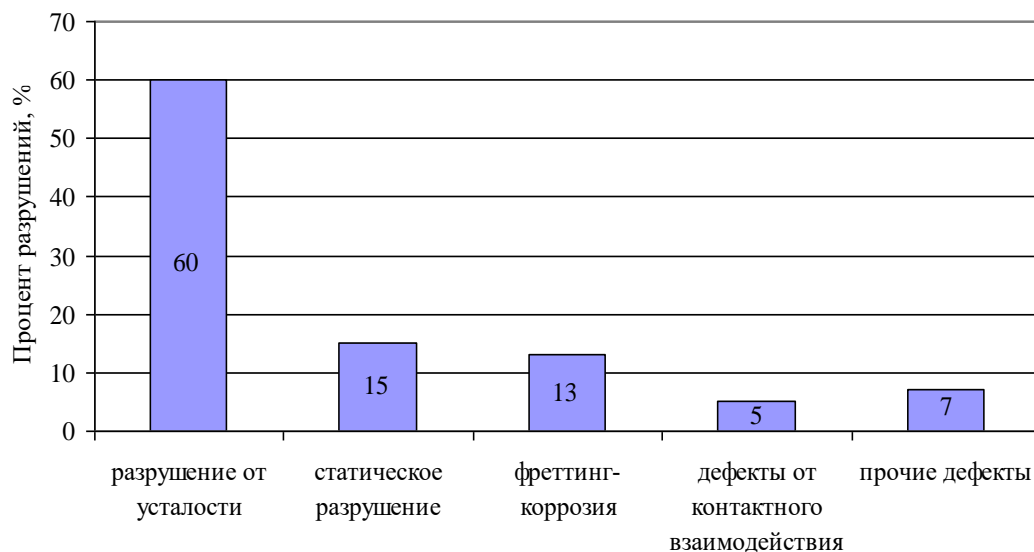


Рисунок 1.1 - Результаты анализа [5] повреждений деталей літаків Ту-154, Іл-62, Іл-76, Ан-24, Іл-86 та вертольотів Мі-2, Мі-8

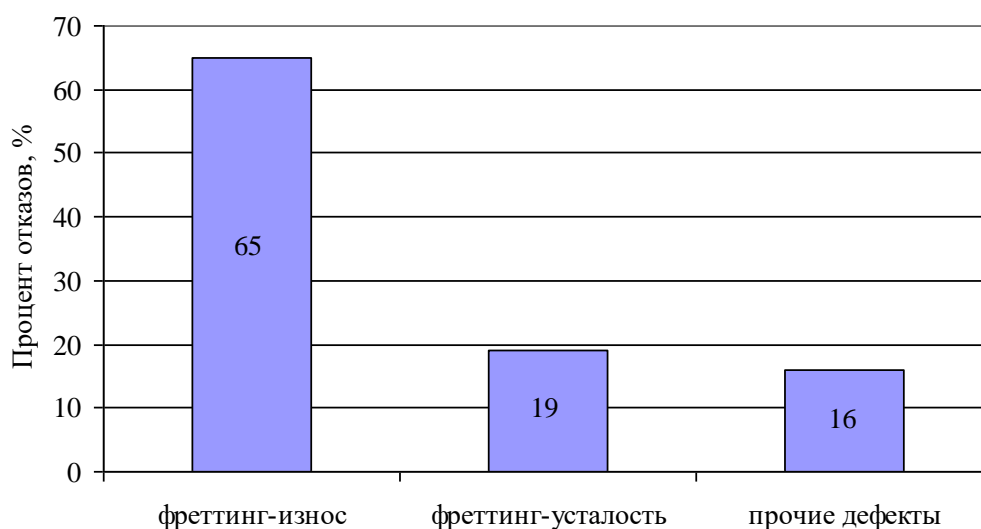


Рисунок 1.2 - Розподіл експлуатаційних дефектів, що виникають від контактних взаємодій деталей ГТД Д-30 і НК8-2У [6]

Авіаційна промисловість використовує титанові сплави завдяки їх питомої міцності, жароміцності, корозійної стійкості та ін. З титанових сплавів виготовляють: обшивки надзвукових літаків; силові деталі літаків і вертольотів (корпуси двигунів, трубопроводи, вузлів шасі лонжерони, крила, рейки механізації крила, муфти і т.д.); безліч кріпильних виробів (заклепки, болти, гвинти, гайки та ін.); деталі газотурбінних двигунів (диски, лопатки повітряних компресорів, ротор компресора). Для всіх цих деталей вібрація - супутній фактор нормальної експлуатації, а фреттинг-корозія є одним з основних ушкоджень, яке визначає їх працездатність - ресурс.

Пошкодження фреттинг-корозією деталей, виготовлених з титанового сплаву ВТ-22 зображені на рисунку 1.3, 1.4. Недостатня експлуатаційна надійність таких деталей стримує підвищення міжремонтних ресурсів авіаційної техніки і веде до збільшення вартості ремонту через масову їх відбраковування.

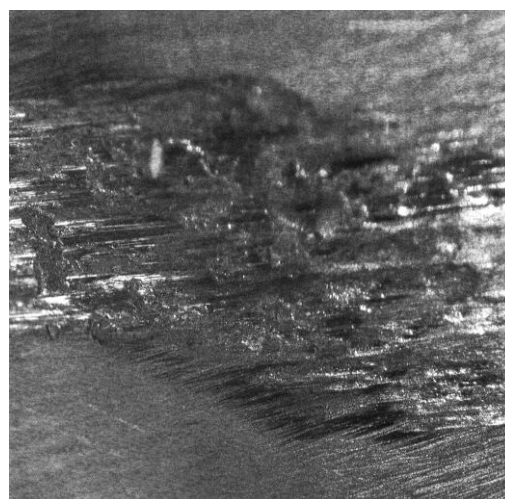


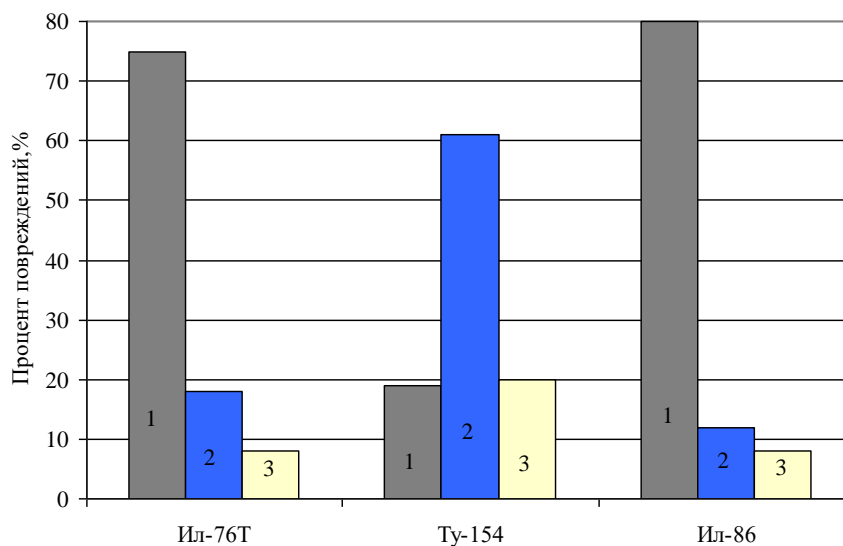
Рисунок 1.3 - Захоплення замку шасі літака Ан-148, пошкодженого фреттинг-корозією, виготовленого із сплаву ВТ-22



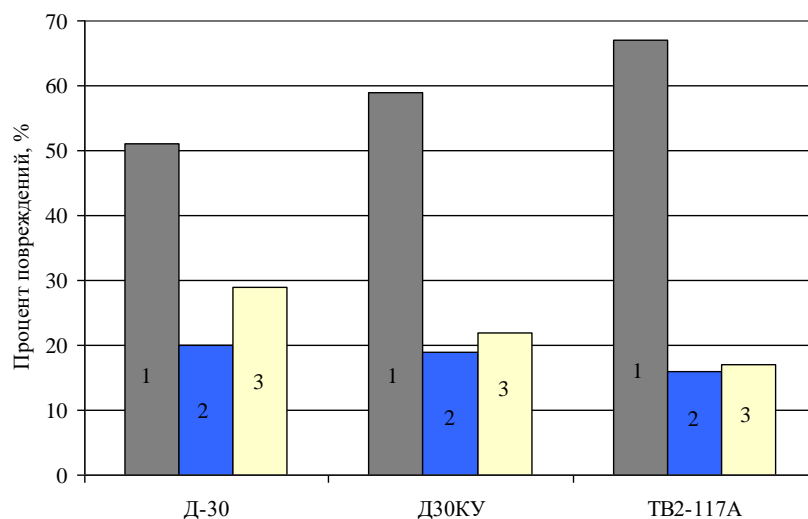
Рисунок 1.4 - Передній шток шасі літака Ан-148, пошкоджений фреттинг-корозією, виготовлений зі сплаву ВТ-22

Аналіз видів несправностей [10] показує, що на літаках Іл-76Т і Іл-86, де відсоток використання деталей з високоміцних титанових сплавів марок ВТ3-1, ВТ-22, ВТ-9 значно збільшився (рисунок 1.5), відсоток деталей з зносом також збільшився. Глибина пошкоджень досягає великих значень 0,25-0,50 мм.

Фреттинг-зносу піддаються деталі, які працюють в різноманітних умовах віброконтактної навантаження. Перш за все це різноманітний спектр контактують навантажень і можливість відносних вібропомещень між зчленованими поверхнями. Від цих факторів в основному і залежить розвиток фізико-хімічних процесів в зоні контакту, а значить і характер і інтенсивність зношування.



а



б

1 - пошкодження, пов'язані із зносом; 2 - втомні пошкодження, 3 - інші ушкодження

Рисунок 1.5 - Розподіл несправностей деталей авіаційної техніки з титанових сплавів на літаках (а) і силових установках (б), виявлених при ремонті авіаційної техніки [11]

1.2 Пошкодження рейок механізації крила літаків

До найбільш масовим і дорогим деталям сучасних пасажирських і транспортних літаків відносять, рейки механізації крила (рисунок 1.6, а).

Функціональним призначенням рейок є переміщення рухомих елементів крила (предкрилків і закрилків), керуючих аеродинамічними характеристиками літака. В процесі експлуатації на бігових доріжках рейок в місцях зупинки роликів утворюються зони вироблення, глибина яких вже до першого ремонту може перевищувати встановлену граничну величину зносу, в зв'язку з чим виникає необхідність заміни рейки.

Для різних літаків (Ан-24, Ан-124, Ан-148, Іл-76, Іл-86 та ін.) Сполучення рейок-ролик в системі механізації крила має близьке конструктивне рішення. Вироблення від контактної взаємодії з роликами кареток (рисунок 1.6, б-г) є основним дефектом, що визначає подальшу експлуатаційну придатність рейок механізації крила при ремонті.

Аналіз місць розташування, величини і характеру пошкоджень дозволяє зробити висновок, що найбільш інтенсивний знос рейки відбувається при злітній положенні закрилки під час руління і гонки двигунів. У цих умовах, мабуть, відбувається найбільш інтенсивне вібраційне навантаження, що викликає прослизання і динамічна взаємодія контактуючих поверхонь в сполученні рейок-ролик.

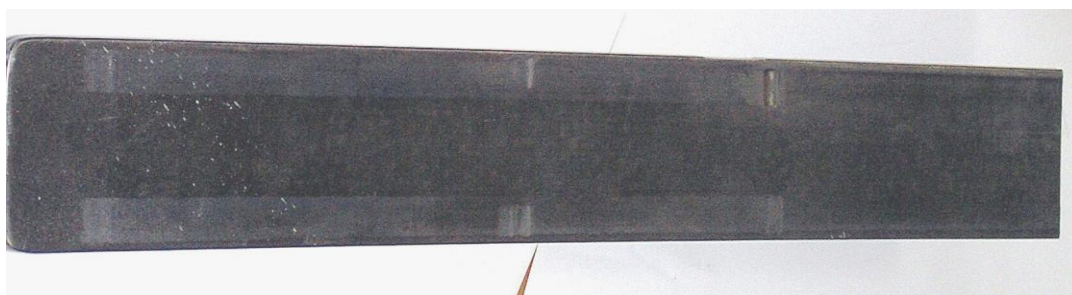
Як матеріал рейки використовується високоміцний сплав ВТ-22, який має високу міцність і незадовільні антифрикційні властивості [3], що визначає підвищений знос цих деталей в експлуатації.

Дослідження топографії поверхні, аналіз характеру пошкодження і умов роботи монорейок показує, що вироблення утворюється в результаті відносного циклічного прослизання між роликами і робочою поверхнею рейки і за своїми ознаками класифікується як фреттинг-корозія [4].

За характером зносу зустрічаються два типи дефектів:

1. Дефекти, що мають блискучу металеву поверхню з ризиками, які спрямовані вздовж напрямку переміщення роликів.

2. Дефекти, що мають окислену поверхню з корозійними і змішаним корозійно-абразивними ушкодженнями.



а



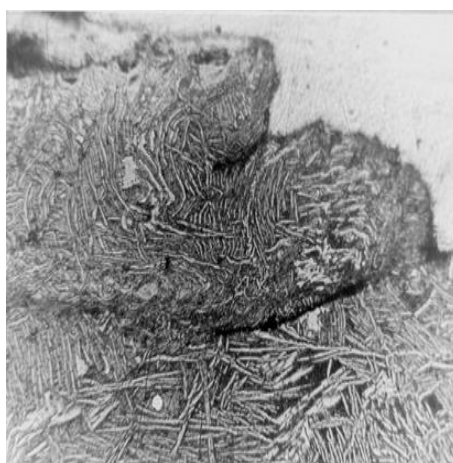
б



в



г



д

а) - загальний вид рейки; б), в) - пошкодження рейки на тильній стороні;
 г) - пошкодження на лицьовій стороні; д) - мікроструктура поверхневого шару
 рейки в зоні пошкодження (X300)

Рисунок 1.6 - Експлуатаційні пошкодження рейки дефлектора закрилків
 літака Іл-76 в місцях контакту з роликами каретки

Характер зносу обумовлений різними умовами контактної взаємодії в парах рейок-ролик, внаслідок чого змінюється механізм зношування. Першого типу дефектів відповідає нормальний механохімічний механізм зношування. Для другого типу, найбільш характерні втомним-корозійні (рисунок 1.6, д) і абразивні процеси.

З огляду на, що для виготовлення рейок і виконання робіт по їх заміні при ремонті потрібні значні матеріальні витрати, виникає необхідність, з одного боку, забезпечення високої зносостійкості робочої поверхні рейок за рахунок застосування захисних покриттів, з іншого - розробки технології їх відновлення.

В даний час на різних типах літаків використовуються рейки з високоміцних титанових сплавів. Для підвищення контактної міцності робочих поверхонь титанові рейки упрочняють поверхнево пластичним деформуванням, шляхом обкатки, обстрілом кульками, робоча поверхня сталевих рейок електролітично хромують, проводять дослідження по можливості відновлення дефектних ділянок рейок механізації крила.

Так, автори роботи [12] пропонують зміцнення рейок механізації крила скляній дробом діаметром 0,6-1,2 мм. Розроблено установку моделі УУСП-10, яка дозволяє повністю автоматизувати процес зміцнення. Ресурс монорейок в експлуатації при цьому підвищується в 1,5-2 рази. До існуючих недоліків установки можна віднести неможливість обробки деталей довжиною більше 1500 мм, що не дає можливості обробляти монорельси великих транспортних літаків Ан-124, Ан-225 і ін.

В роботі [13], досліджуючи можливості відновлення деталей газотурбінних двигунів і дефлектора закрилків, автори пропонують відновлювати рейки механізації крила покриттям ВТН детонаційними методом. Проведено дослідження ряду газотермічні покриття (ГТП) по фреттінгостійкості, міцності зчеплення з основою і величини електродного потенціалу, що визначає характер і інтенсивність розвитку корозійних процесів між контактуючими матеріалами.

Слід зазначити, що випробування по фреттінгостійкості проводили при одному режимі, що не дає повного уявлення про зносостійкість покриттів, так як в реальних умовах навантаження і амплітуди, що діють на рейок, значно змінюються. Також не проведені випробування міцності зчеплення з основою по товщині. Адже кожне пошкодження індивідуально і має свою глибину [12]. Основним недоліком роботи [14] є відсутність результатів випробувань на міцність від втоми досліджуваних покриттів, що є одним з основних факторів, що визначають доцільність застосування того чи іншого покриття для відновлення рейки.

Дослідники В.М. Нерівний, Т.Г. Чернова, В.В. Перемитько [15; 16] пропонують підвищити зносостійкість зміцненням поверхневого шару газонасичених дугою з введенням в зону розряду реактивного газу. Як газу автори пропонують використовувати кисень і азот. Максимальну глибину насиченою аліфірованою зони при витраті аргону 3 - 4 л / хв і висоті електродів 12 - 16 мм вдалося досягти до 0,54 мм. Мікротвердість поверхневого шару на глибині 0,01 мм при цьому підвищується в 2-2,5 рази. Такий підхід прийнятний для виробництва монорельса механізації крила, але не для відновлення зношених поверхонь, до того ж відсутні дані порівняльного аналізу зносостійкості цієї методики.

В роботі [17] автори досліджують можливість відновлення рейок механізації крила літака Ан-72. Проведено дослідження міцності зчеплення покриттів на вигин, фреттінгостійкості покриттів, випробування при динамічному контактному навантаженні, втомні випробування. Всі досліджувані покриття наносилися тільки імпульсно-плазмовим методом. Дослідження зносостійкості покриттів проводили при контактах куля-площину і площину-площину на одному режимі випробувань. Не було визначено вплив змін питомого навантаження і амплітуди відносного переміщення на зносостійкість ГТП. Як контробразца використовувалася сталь 45, хоча в реальному вузлі використовуються стали 95Х18Ш або ШХ15.

При тривалому навантаженні в умовах вібропереміщень виключити знос повністю не можна. Тому питання розробки і впровадження технології відновлення рейок набуває першочергового значення.

1.3 Існуючі уявлення про фреттинг-корозію

Фреттинг-корозія як специфічного виду uszkodження зчленованих поверхонь присвячена велика кількість робіт, зокрема статей і монографій [4; 18]. В даний час вважається, що причиною фреттинг-корозії є специфічний характер механічного взаємодії контактуючих поверхонь, супроводжуваний деформацією і окисленням. Однак щодо ролі механічного та хімічного факторів єдиної думки немає, тобто по-різному трактується природа продуктів зношування. Було запропоновано кілька механізмів фреттинг-корозії.

Одна група дослідників [18 - 20] вважає, що за процес розвитку фреттинг-корозії в основному відповідають механічні процеси. Згідно з цими уявленнями металеві поверхні руйнуються в такій послідовності: освіта маленьких частинок ювенільного матеріалу; хімічну взаємодію цих частинок і навколишнього середовища з утворенням твердого абразивного порошку; абразивний стирання поверхонь.

Поруч з теоріями, які віддають перевагу захопленню і механічному руйнуванню, ряд дослідників [19 - 22] вважають, що при надлишку кисню фреттинг-корозія в більшості випадків зумовлена хімічним фактором. Роль механічного дії веде до безперервного видалення окислів у міру їх утворення і до постійного оголення ювенільної поверхні.

Дослідник Н. Су [23] запропонував власну теорію (зношування відшаруванням) руйнування металу, згідно з якою фреттинг-корозія, а також утомлююча і адгезионне зношування обумовлені одним і тим же механізмом відшарування з поверхні пластинчастих частинок (пелюсток), які виходять в

результаті злиття поверхневих втомних мікротріщин, розташованих паралельно доріжці тертя.

Детально механізм фреттинг-корозії досліджували Н.Л. Голего, А.Я. Аляб'єв, В.В. Ворушачи [4; 24]. Комплексний аналіз накопичення пошкодження дозволив виділити в цьому процесі три основні стадії:

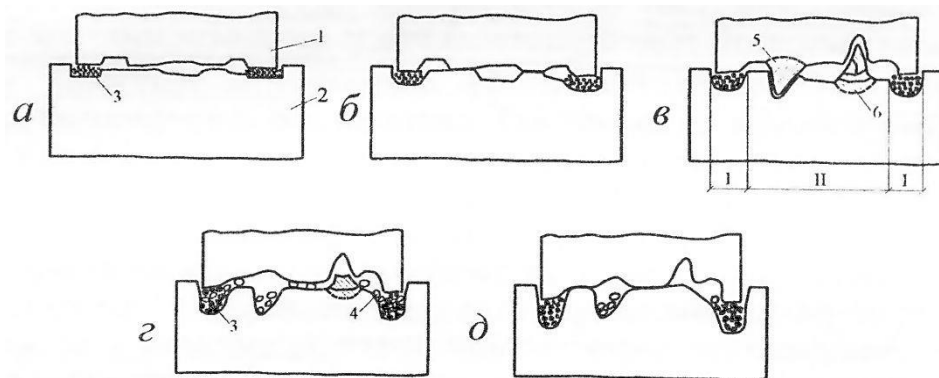
1. Відбувається взаємодія нерівностей, руйнування адсорбційних і природних окислювальних плівок з подальшим захопленням ювенільних поверхонь. Руйнування внаслідок втоми контактують виступів і зрізання вузлів захоплення призводить до утворення первинних продуктів зношування, велика частка яких окислюється.

2. З'являється в зоні тертя корозійно-активне середовище внаслідок адсорбції на оксидах кисню і вологи. Взаємодія між зчленованими поверхнями відбувається через прошарок продуктів зношування, які грають захисну роль, зменшуючи інтенсивність руйнування. Зміцнені на першій стадії поверхневі шари сприймають більш помірні циклічні навантаження, де починає накопичуватися утомлююча руйнування, яке збільшується корозійними процесами.

3. Поверхневі шари металу тривалий час піддаються циклічному навантаженні, разупрочняється і починається їх прогресивне відділення, яке проявляється в збільшенні швидкості зношування.

Першочергове значення при фреттинг-корозії мають втомні процеси руйнування контактуючих поверхонь. Вібраційне навантаження сприяє активному руйнуванню структури, можна очікувати при фреттинг-корозії граничного руйнування кристалічної решітки металу [24; 25]. Така розвинена в дефектному відношенні структура матеріалу може значно інтенсифікувати протікання трибохімічних процесів. Цим пояснюються, ймовірно, що спостерігаються ефекти активної адсорбції азоту на поверхнях, що труться при фреттинг-корозії [23], освіту незвичайних оксидів [26], окислення при низьких температурах, розкладання продуктів мастил і освіти агломератів [4].

Дослідники В.В. Ворущачи і В.П. Олександренко [27] описали механізм фреттинг-корозії з точки зору реології матеріалів. У початковий момент фреттинг-корозії відбувається швидкий знос вихідної оксидної плівки і оголення ювеніальних поверхонь. Особливості фреттинг-процесу (малі амплітуди переміщення, щільне прилягання поверхонь) створюють умови для диференціальної аерації - вільного доступу кисню до країв зони тертя і утруднений доступ до середньої частини доріжки тертя. Це обумовлює дію різних провідних механізмів дисипації підводиться механічної енергії по ширині доріжки тертя: для периферійних ділянок - трибохімічних, а для внутрішніх - реологічних. Механізм пошкодження поверхонь на рисунок 1.7. Вільний доступ кисню до активованого тертям периферійному матеріалу сприяє інтенсивному його окислення. В цьому випадку оксидна плівка не захищає метал, що піддався Фреттинг, так як будь-яка оксидна плівка між вібруючими поверхнями стирається, а порошкоподібні частинки оксидів, перебуваючи між поверхнями, діють як потужний абразив. При цьому утворюється на кордоні доріжки тертя уступ перешкоджає виходу оксидних продуктів зносу за межі зони тертя.



a) – контакт поверхонь, *б)* – утворення окислів, *в)* – утворення зони схоплення, *г)* – руйнування зон схоплення) *д)* – циклічне руйнування поверхні:

I - периферійна; II - внутрішня: 1 - рухливий зразок;

2 - нерухомий зразок; 3 - окисні продукти зношування; 4 - частинки чистого металу; 5 - адгезійний вирив; 6 - втомний злам

Рисунок 1.7 - Механізм пошкодження поверхонь при фреттинг-корозії [54]

З урахуванням того, що обсяг оксидів зазвичай більше обсягу металу, витрачення на їх освіту, в системі відбудеться деяке взаємне віддалення контактуючих поверхонь і перерозподіл навантаження (див. рисунок 1.7, а). У середній частині доріжки тертя питомі тиску дещо знизяться, а по краях зростуть.

Підвищені навантаження на периферійних ділянках, високоабразивні властивості порошкоподібних частинок оксидів і безперервне їх переміщення приведуть до зношування металу і утворення додаткового поглиблення по краях зони контактування. Цей процес буде тривати, поки питомі навантаження по всій ширині контакту не вирівняються. Утворений периферійний шар продуктів зношування стає ефективним бар'єром для надходження кисню у внутрішні зони контактування. Подальше вібропереміщення поверхонь призведе до часткового вилучення з крайової зони тертя оксидних продуктів. В результаті опорна функція оксидів знизиться і відбудеться перерозподіл тиску в поперечному напрямку доріжки тертя з його збільшенням в середній частині, що буде сприяти більш щільному прилягання поверхонь і додаткового обмеження доступу кисню в цю зону (див. рисунок 1.7, б) [27].

Літературні дані [4; 27; 28] показують, що жоден із зазначених вище принципово різних підходів в описі механізму фреттинг-корозії не може роз'яснити всі особливості спостережуваних закономірностей.

1.4 Особливості властивостей титану і його сплавів

Фізико-механічні властивості. Основними перевагами титану і його сплавів є: висока питома міцність при нормальних і підвищених температурах, немагнитність, досить добре зварюються, задовільно обробляються різанням [39]. Важлива перевага титанових сплавів - їх екологічна чистота, обумовлена корозійностійкістю до різних агресивних середовищ, особливо повної нешкідливістю продуктів корозії і хімічних сполук титану [2; 29].

Низькі коефіцієнти теплопровідності і лінійного розширення сприяють утворенню власних напружень поверхні напилення, що необхідно враховувати при виборі оптимальних режимів ГТН [30].

Титан має високу хімічну активність з компонентами атмосфери і перш за все з киснем і азотом, які утворюють з титаном сплави типу твердих розчинів впровадження, що в значній мірі погіршує його механічні та корозійні властивості [31, 32].

Технологічні властивості. Титан і його сплави, на відміну від багатьох сталей, алюмінієвих і магнієвих сплавів, не володіють корозійної розтріскуваності. Обробка тиском титану і його сплавів здійснюється як холодного, так і з нагріванням деформованого матеріалу. При обробці тиском велике значення мають температура і час нагрівання заготовок [4].

Останнім часом розробляються технології одержання і застосування в машинобудуванні пористих титанових сплавів методом спікання [25; 31].

Корозійна стійкість. Корозійна стійкість титану і його сплавів залежить від хімічного складу, структури та напруженого стану. Інтеркристалітна корозія розвивається інтенсивніше під дією власних напружень і електролітичних дефектів, або внаслідок утворення хімічних сполук по межах зерен [4].

Антифрикційні властивості. Крім унікальних фізико-механічних властивостей, титанові сплави мають великий коефіцієнт тертя, високий знос при терті, схильність до задирам і холодного схоплювання, високим іскроутворення при ударі, сприйнятливі до водню і охрупчіванню [2; 30], що засвідчує про його незадовільною зносостійкості.

Для виготовлення деталей, що труться використовується велика кількість матеріалів. Такі матеріали повинні володіти хорошими антифрикційними властивостями, високу зносостійкість, несучою здатністю і ін. Основні вимоги до антифрикційним матеріалами виходять з того, що при виготовленні та експлуатації вузлів тертя необхідно забезпечити максимальну міцність,

жорсткість і довговічність зчленованих деталей, мінімальне зношування і енергетичні втрати.

Автори роботи [28] при дослідженні зношування титану і його сплавів у вакуумі і аргоні без змащення визначили, що титан має більш низький коефіцієнт тертя, ніж мідь, алюміній або залізо. Однак триботехнические характеристики титану і його сплавів в реальних середовищах (повітря, вода, масло і т.п.) різко відрізняються від традиційних сплавів на мідній і залізній основі в гіршу сторону, що пояснюється наявністю у титану додаткових активних поверхонь ковзання, схильністю до наводоражіванію і т.д.

Поява схоплювання на контактних поверхнях залежить від багатьох факторів: питомої навантаження, температури, швидкості і величини відносного переміщення, жорсткості поверхні, навколишнього середовища, а також від наявності дуже тонкої оксидної плівки і велика реакційна здатність ювеніальної поверхні титану [2] .. Саме внаслідок цього сплави титану в більшості технічних середовищах володіють високою схильністю до контактного схоплюванню при терті. Однак вирішальне значення має питома навантаження початку схоплювання, по якій і визначають схильність до задирам [29].

За допомогою дослідів [30] з радіоактивними ізотопами металів було встановлено, що частинки титану при терті легко привариваються (холодне схоплювання) до контактує металу, внаслідок чого велика кількість частинок титану переноситься на інший метал, особливо, якщо він твердіше. Більш тверді, ніж титан, метали при терті по ньому незабаром покривається тонким шаром розмазаних частинок титану, при цьому коефіцієнт тертя такої пари тертя наближається до коефіцієнта тертя пари титан по титану. У той же час при терті більш м'яких металів по титану його поверхня стає незабаром покритої частинками цих металів.

Холодне схоплювання титану призводить до значного пошкодження поверхні з різким збільшенням зношування. При терті в поверхневих труться

пластах деталей відбувається пластичне деформування, розрив оксидних захисних плівок, в зв'язку з чим істотно збільшується роль окислювальних і дифузних процесів [2; 33; 24]. Для титану як хімічно активного металу [2] вплив дифузії газів з навколишнього середовища на характер тертя і зношування видається більш важливим, ніж зазвичай застосовуються в техніці метали, особливо, якщо враховувати низьку теплопровідність титану. Внаслідок цього відбувається різке локальне підвищення температури при терті в зоні контакту. Вихідна шорсткість поверхні при терті збільшується, причому цей процес має сталий характер [32], т.і. Для титану з самого початку тертя характерно адгезионне зношування [2; 33].

В.Н. Гольдфайн, А.М. Заєв, А.Г. Каблуків в своїх дослідях [32] показали, що середнє значення сумарної інтенсивності зношування тертьових зразків в різних середовищах при терті ковзання має лінійний характер і залежить від питомого навантаження. У цих же дослідях була виявлена роль наводоражівання поверхневих пластів, які дуже швидко збільшує інтенсивність зношування. Водень при надмірному існування в поверхневих шарах знаходиться в вигляді маломіцних гідридів і здатний руйнувати поверхні. У металографічних дослідях [30] виявлено, що безпосередньо приєднаний до поверхні тертя пласт відчуває значну пластичну деформацію, яка при прояві крихкості призводить до підвищеного зношування.

Схильність до схоплювання і низьку зносостійкість титанових сплавів автори роботи [33] пояснюють низькою міцністю вторинних структур, які виходять на їх поверхні в процесі тертя. За допомогою просвічує електронної мікроскопії та модифікації було встановлено, що на відміну від вторинних структур, які виходять на міді, алюмінії і стали, структури на титані не мають вираженої текстури і відрізняються значно більшою товщиною і меншою дисперсністю, що пояснюється високою рухливістю атомів кисню α -Ті. Дані також підтверджуються дослідженнями [34].

При проведенні аналізу зносостійких титанових сплавів [32] особливе значення набуває відносно низька їх теплопровідність, завдяки чому на поверхнях тертя різко підвищується температура (відведення тепла обмежений), яка призводить до прискорення поєнн і збільшення зношування [34].

Таким чином, ці особливості вимагають, з одного боку, обережного підходу до застосування титанових сплавів в машинобудуванні, з іншого - розробки і застосування спеціальних технічних і технологічних засобів, які підвищують його антифрикційні властивості і ресурс труття вузлів.

1.5 Аналіз методів підвищення зносостійкості деталей з титанових сплавів

У сучасному машинобудуванні відомі і застосовуються багато методи підвищення зносостійкості поверхонь тертя - як конструкторські, технологічні, так і заходи, що застосовуються в експлуатації. Зосередимося на технологічних методах, використовуваних при виготовленні і відновленні деталей, що забезпечують необхідні характеристики поверхні тертя.

Для підвищення антифрикційних властивостей титанових сплавів можна виділити чотири основні групи методів [35]:

- 1) зміцнення пластичним деформуванням;
- 2) дифузионне зміцнення (шляхом насичення поверхні металу вуглецем, бором, азотом, кремнієм, алюмінієм і ін.);
- 3) нанесення металів на поверхні, що труття гальванічним і хімічним способом, осадженням з пари розплавів і ін.;
- 4) нанесення покриттів методом газотермічного напилення.

Кожен метод зміцнення поверхні має властивими тільки йому перевагами і недоліками в порівнянні з іншими, забезпечує отримання поверхні певного складу, структури, якості і має свої основні області застосування.

Пластичне деформування. Підвищення зносостійкості шляхом поверхнево-пластичного деформування робочих поверхонь титанових деталей полягає в створенні в пластично деформованому шарі металу, залишкових напружень стиску та мікрорельєфу. Існує безліч видів зміцнення поверхнево-пластичним деформуванням [36], основні з них: дробострумний і відцентровий наклеп, зміцнення дробом, зміцнення обкаткою, зміцнення вібруючим роликів і карбуванням [37] та ін.

В даний час поверхнево-пластичне деформування повсюдно застосовується як проміжний етап при виробництві та ремонті деталей з титанових сплавів [13; 34], також розробляються нові технології щодо вдосконалення цього методу зміцнення [38].

Хіміко-термічна обробка. Дифузійні шари характеризуються різким падінням твердості і антифрикційних властивостей по глибині. З цих причин доводочніє операції на окисдованих деталях шляхом механічної обробки різанням або шліфуванням виконуватися не можуть. Допускається полірування зі зняттям шару не більше 5 мкм [34]. Антифрикційні властивості оксидированной поверхні в значній мірі визначаються технологічними режимами. Застосування такого способу зміцнення титанових сплавів обмежується порівняно легкими умовами тертя [35].

Найбільш поширеним методом поверхневого дифузійного зміцнення титанових сплавів є оксидування [39; 40], глибина зміцненого шару не перевищує 100 мкм (мікротвердість 10 ГПа).

З усіх методів хіміко-термічної обробки титанових сплавів найбільш ефективним є азотування, що забезпечує отримання шару завтовшки до 150 мкм (мікротвердістю 15 ГПа), що не знижує механічні властивості титану і не порушує точності обробки навіть 9-х, 10-х класів [41 - 42].

Істотне підвищення комплексу властивостей може бути отримано спільним насиченням титану декількома елементами [36]. Наприклад, зносостійкість карбонітрохромірованих покриттів на сплаві ВТЗ-1

збільшується в 10 разів, корозійна стійкість - в 10 разів, жаростійкість - в 30 разів [29].

Дифузійні покриття відрізняються високою щільністю, міцністю зв'язку з основою, рівномірністю по товщині, але мають недоліки, до яких можна віднести:

- 1) високу температуру нагрівання оброблюваних поверхонь (700-1000 °С), що може привести до деформації покриваються виробів;
- 2) змінні по глибині фізико-механічні властивості покриттів;
- 3) невелику глибину дифузійного шару (не більше 100 мкм) обмежує застосування подальшої механічної обробки;
- 4) зниження механічних характеристик основного матеріалу.

Все це стримує застосування хіміко-термічної обробки для титанових сплавів.

Гальванічні покриття. Використання трудомістких способів електролітичного хромування і хімічного нікелювання, найбільш широко поширених методів поверхневого зміцнення для захисту від зносу титанових сплавів часто не є ефективними. Оксидні плівки, що утворюються на титані в повітрі і електролітах, заважають хорошою міцності зчеплення покриття. Тому якість покриття істотно визначає попередньої підготовки поверхні, що викликає певні технологічні труднощі. Крім того, такі покриття рекомендується застосовувати для деталей, що піддаються відносно невисоким навантаженням до 10 МПа і швидкості тертя до 1 м/с при наявності досить якісної мастила [6].

Недоліком хромування також є наводоражіваніє титану і зниження втомної міцності металу, яке відбувається за рахунок дефектів структури хромових опадів (мікротріщин і великих залишкових внутрішніх напружень), що є концентраторами напружень.

Перспективним, з точки зору забезпечення складного поєднання одночасного комплексу властивостей, є розвиток нових методів зміцнення

багатокомпонентних і комбінованих захисних покриттів (гальвано-термічних, гальванохіміко-термічних, електрофорезні і ін.) [27]. Наприклад, жаростійкість покриття Ni-B, отримана комбінованим електролітичним методом, в 8 - 10 разів вище, ніж нікелевих, а зносостійкість в 1,5 - 2 рази більше, ніж хромових [37].

Вакуумні методи нанесення покриттів на титанові сплави (наприклад, іонно-плазмовий метод електричного вибуху в вакуумі) ще не знайшли широкого застосування в промисловості для захисту деталей від зносу зважаючи на нестабільність технології напилення, обмеження товщини напилюваного шару і складності застосовуваного обладнання. Хоча останнім часом цій проблемі присвячено безліч літератури джерел [38].

Газотермічні методи напилення. За останній час все ширше стали розроблятися покриття, одержувані методами ГТН: газопламенного, плазмового, детонаційного, які мають суттєві переваги перед дифузійними методами нанесення покриттів, а саме:

1. Незначна температура (200 - 300 °C), до якої нагрівається поверхню виробу, що дозволяє зберігати первинну структуру і властивості матеріалу основи.

2. Універсальність у використанні матеріалів ГТН (металів і сплавів, без кисневих і кисневих тугоплавких сполук, пластмас, пористих та інших композиційних матеріалів).

3. Можливість нанесення покриттів від 0,02 до 10 мм і більше.

4. Висока продуктивність процесів, відносно невелика трудомісткість.

5. Напилювання різних матеріалів в кілька шарів, що дозволяє отримувати шаруваті покриття із спеціальними характеристиками.

Є багато підстави вважати, що ці методи є найбільш перспективними з точки зору забезпечення подальшого підвищення якості захисних покриттів і техніко-економічних показників їх виробництва (продуктивності, собівартості).

Одним з активно розвиваються, у галузі захисних покриттів є метод плазмового напилення. Володіючи високою продуктивністю напилення, цей

технологічний метод дозволяє наносити покриття з широким спектром характеристик, а також застосовувати їх для відновлення розмірів зношених деталей. Одним з основних недоліків плазменно-напиленних покриттів на титанові сплави є їх низька міцність зчеплення внаслідок недостатності взаємодії матеріалу покриття з основою [34].

Роботи, що проводяться в цьому напрямку [39 - 40], показали, що газотермічні методи нанесення покриттів успішно вирішують ці завдання, так як нагрів деталі не перевищує 200 °С.

Нанесення різних газотермічних металопокриттів на титан і його сплави дозволяють поліпшити антифрикційні властивості, електропровідність, забезпечувати пайку цих матеріалів і відновити зношені ділянки деталей авіаційної техніки.

Технологічні параметри напилення значно впливають на властивості покриттів і дозволяють регулювати їх в досить широких межах [39]. Істотним чинником, що визначає застосування плазмового методу для титанових сплавів, що піддаються зносу, є те, що антифрикційні властивості металевих покриттів значно вище, ніж властивості напилюються матеріалів. Для різних умов випробувань, мастил і пар тертя зносостійкість підвищується в 1,5 - 3 рази [20]. Аналіз антифрикційних властивостей покриттів, наведених в роботах [41], показує, що значення коефіцієнта тертя покриттів менше, ніж напилюваного металу або псевдосплавів, а максимальної допустимої навантаження - більше.

Таким чином, при виробництві і ремонті літальних апаратів і авіаційних двигунів, є великі можливості по відновленню деталей з титанових сплавів і вузлів тертя газотермічними методами і, зокрема, плазмовим напиленням як найбільш універсальним і технологічним.

Висновки до розділу 1

На підставі проведеного аналізу літературних даних можна зробити наступні висновки:

1. Один з видів пошкодження титанових деталей авіаційної техніки, який визначає подальшу їх придатність, є фреттинг-корозія.

2. Існує велика кількість методів підвищення зносостійкості деталей з титанових сплавів, що дозволяють підвищувати ресурс від декількох відсотків до декількох разів. Методи захисту титанових деталей авіаційної техніки зносостійкими покриттями є неефективними без підбору покриттів під умови роботи вузла.

3. Рейки механізації крила є одними з найбільш відповідальних і дорогих деталей сучасних пасажирських і транспортних літаків. До проблеми підвищення зносостійкості рейок механізації крила літаків, виконаних з високоміцного титанового сплаву ВТ-22, необхідно підходити комплексно, з вирішенням завдань щодо зміцнення і подальшого їх відновлення.

РОЗДІЛ 2

МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ ХАРАКТЕРИСТИК НАПЛАВОК

2.1 Дослідження властивостей матеріалів для відновлення деталей виконаних з титанових сплавів

Фрактографія. Під фрактографією ушкоджень контактуючих поверхонь на увазі визначення видів, слідів контактної взаємодії, аналіз яких дозволяє виявити особливості поверхонь руйнування (стінок і днища ямок, рисок, канавок і т.д.), а також класифікацію слідів освіти (пошкодження) з метою визначення ведучого механізму зношування поверхні [42].

Перший етап лабораторного аналізу - дослідження поверхонь зовнішнім оглядом. У більшості випадків на поверхнях завжди спостерігаються оксиди. Незважаючи на те, що продукти фреттинг-корозії різноманітні за своїм зовнішнім прояву, природі і структурі [3], можна визначати з великою часткою ймовірності процеси руйнування в умовах фреттинг-корозії за кольором оксидів [34; 35] на пошкоджених поверхнях.

Оброблена за даною технологією поверхню готова для подальшого аналізу (третій етап дослідження пошкоджених поверхонь) за допомогою бінокулярного мікроскопа МБС-9, МБС-10. Вдаючись до методів оптичної металографії, проводилися дослідження характерних змін, що відбуваються на поверхні і в поверхневих шарах зразків трібопар. Вивчали пластичні деформації, розвиток мікротріщин, окислення поверхонь і т.д. Всі досліджені поверхні розглядалися при різних збільшеннях - від 5 до 500 крат. Велика увага, при цьому, необхідно приділяти розташуванню джерел світла.

Металографія. Вимірювання мікротвердості є одним із засобів аналізу структурних вимірів, що виникають в поверхневих шарах в процесі тертя. Мікротвердість поверхневих шарів матеріалів в перерізі визначали на шліфах,

виготовлених в спеціальних струбцинах, що оберігають краю шліфів від завалів при поліруванні. Шліфи дозволяють проводити виміри мікротвердості в найтонших поверхневих шарах металів у самого краю від поверхні тертя. Замір мікротвердості структурних складових проводили на приладі ПМТ-3 [27] при навантаженні 20 і 50 г відповідно до ГОСТ 9450-89. У кожному разі проводили не менше дев'яти вимірів мікротвердості досліджуваної структурної складової. Наведені значення мікротвердості є середньоарифметичними значеннями вимірів.

Елементний аналіз доріжок тертя проводився в Інституті зварювання ім. Є.О. Патона на растровому сканирующем електронному мікроскопі CamScan 4D за допомогою мікрорентгеноспектрального аналізатора INCA 200 Energy. При аналізі використовувалися вторинні і обратноотраженние електрони.

2.2 Установка для випробувань на фреттинг-корозію і визначення зносу

Виконання дослідження в області Фреттинг і фреттинг-корозії відрізняється великою різноманітністю використаних методик як стосуються схеми навантаження і типу контакту, так і в частині оцінки пошкодження поверхні. Вибирати методику необхідно відповідно до двох такими вимогами [4; 28]:

1. Імітація фреттинг-корозії в лабораторних умовах повинна максимально наближатися до умов виникнення цього виду поверхневого руйнування в реальних конструкціях.

2. Обрана методика повинна бути такою, щоб можна було порівняти отримані результати з даними інших робіт.

До випробувальним пристроїв в зв'язку зі специфікою виникнення Фреттинг і фреттинг-корозії ставляться такі вимоги:

- 1) вільні від люфтів кріплення зразків в затискних пристроях;

- 2) жорсткість до крутіння і мала деформованість пристрої;
- 3) наявність віброскользящего руху регульованої частоти і амплітуди;
- 4) наявність контрольованої нормальної сили для створення необхідного контактного тиску;
- 5) можливість підведення мастильного матеріалу або іншого середовища.

Вітчизняні та зарубіжні дослідники використовували такі типи контакту, як сфера-площина, циліндр-площина, циліндр-сфера, циліндр-циліндр і площину-площину [4; 37; 38]. Випробування проводяться, як правило, на лабораторних установках, при цьому підтримується постійний контакт зразків під певним навантаженням.

Різні типи контакту мають свої переваги і недоліки. До недоліків контакту площину-площину можна віднести неоднакові умови зношування робочих ділянок зразків, оскільки їх амплітуда переміщень при такій схемі прямопропорційна відстані від осі обертання. Цей недолік усувається вибором оптимальної геометрії одного із зразків. При інших видах контакту відбувається нерівномірний розподіл тиску в зоні контакту, що приводить до різних умов зношування.

В основу прийнятої методики проведення роботи покладено комплексне дослідження якісних параметрів тертя трібопар.

Схема контакту площину-площину використана на установці згідно ГОСТ 23.211-80.

Основними перевагами методу є:

- 1) можливість швидкої оцінки зносостійкості матеріалів і покриттів в умовах фреттинг-корозії;
- 2) задовільна відтворюваність результатів випробувань при мінімальній кількості випробуваних зразків;
- 3) простота методу і відповідного обладнання;
- 4) можливість безступінчатого регулювання частоти, нормального навантаження і амплітуди мікропереміщень;

5) проведення випробувань із застосуванням пластичних і рідких мастильних матеріалів;

б) реєстрація сили тертя в процесі випробувань.

Вибір плоского кільцевого контакту і зворотно-обертального руху поверхонь контакту обумовлений необхідністю контролю нормального навантаження і усунення крайового ефекту.

Суть методу полягає в тому, що рухливий циліндричний зразок (контробразец), дотичний торцем з нерухомим циліндричним зразком при заданому тиску приводиться в зворотно-обертальний рух із заданими амплітудою і частотою. Вимірюється знос нерухомого зразка за задану кількість циклів, за значенням якого визначається зносостійкість досліджуваного матеріалу.

Амплітуда коливань регулюється зміною ексцентриситету ексцентрика (грубо) і зміною довжини плеча горизонтального шатуна (точно). Грубе регулювання амплітуди дозволяє змінювати її величину від 10 до 1000 мкм, точна - від 5 до 15 мкм. Амплітуда відносного переміщення визначається як різниця амплітуд коливання рухомого і нерухомого зразків. Вимірювання амплітуди проводиться безпосередньо на зразках за допомогою оптичного бінокулярного мікроскопа МБС-2 (при збільшенні від 8 до 56 крат), використовуючи стробоскопічний ефект (стробоскоп ТСТ-100).

Відомо, що значення коефіцієнта тертя в процесі підробітки зазвичай вище встановленого коефіцієнта тертя, що характеризує фрикційні властивості конкретної трібопари. Наведені в даній роботі коефіцієнти тертя трібопар при тій або іншій навантаженні і амплітуді є сталими коефіцієнтами тертя.

Сполучення зразків здійснюється по поверхні, що представляє собою замкнуте кільце з номінальною площею контакту $0,5 \text{ см}^2$, внутрішнім діаметром 11 мм і зовнішнім діаметром 13,6 мм.

Зразки промивають і висушують до і після експерименту. Як промивних рідин використовувалися: бензин ГОСТ 443-76, ацетон ГОСТ 2603-79, спирт

етилловий ГОСТ 18300-72. Перед проведенням випробувань перевіряють і маркують вимірювальну і реєструє апаратуру.

Установка дозволяє виробляти випробування при наступних параметрах [4; 38]:

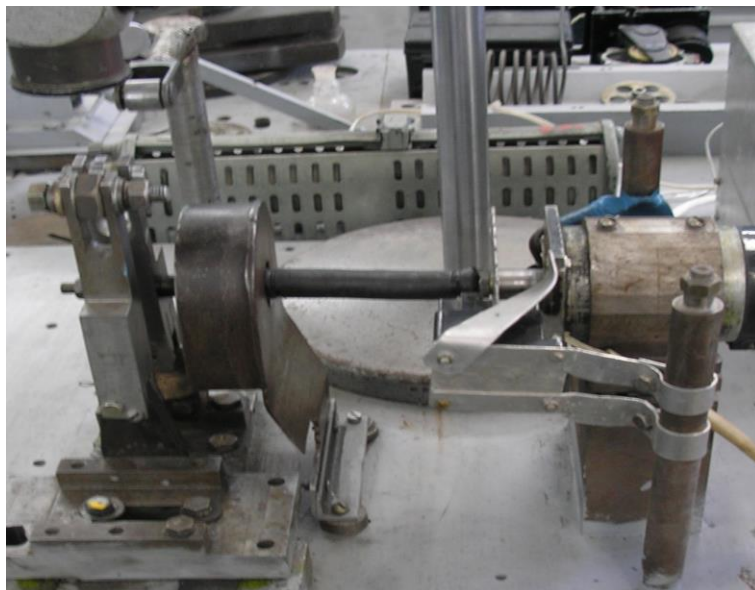
- навантажування зразків в осьовому напрямку силами 200 - 1000 Н;
- зворотно-обертальний рух контробразца щодо нерухомого зразка з частотою 10 - 30 Гц і амплітудою 10 - 1000 мкм;
- вимірювальна система установки забезпечує в процесі випробувань безперервну реєстрацію кількості циклів зворотно-обертального руху контробразца з похибкою не більше 50 циклів.

Вимірювання зносу зразка і покриття проводилися за допомогою профілографа-профілометра Калибр-201 моделі 253 по ГОСТ 19300-86 до 50 мкм і оптиметром вертикального типу ИКВ понад 50 мкм шляхом зняття профілограм з восьми рівносторонніх ділянок робочої поверхні зразка в радіальному напрямку.

Важливою перевагою визначення зносу лінійним методом [88] є те, що величина зносу не залежить від питомої ваги матеріалу і можливих змін маси зразків.

2.3 Імітаційна установка вузла зношування монорельс-ролик для випробувань на динамічне навантаження

Для дослідження працездатності зносостійких покриттів на фреттинг-корозію використовувалася установка, що імітує вібрацію [14], загальний вигляд якої наведено на рисунку 2.1. На установці реалізувалася схема контакту зразків площину-циліндр. Зразки розміщуються на кінцях консольно-закріплених пружинах, виконаних у вигляді ресор, і притискаються один до одного робочими поверхнями. На одній з пружин кріпиться свobodновращаючийся диск із закріпленою на ньому неврівноваженою масою.



а



б

а) - загальний вигляд установки, б) - схема кріплення зразків

Рисунок 2.1 - Зовнішній вигляд імітаційної установки для випробувань зразків на фреттинг-корозію

При обертанні диска з неврівноваженою масою виникає відцентрова сила:

$$P = \mu\omega^2 R, \quad (2.4)$$

де μ – неврівноважена маса;

ω – кутова швидкість диску;

R – радіус обертання неврівноваженої маси.

Вертикальна складова відцентрової сили P врівноважується жорстко закріпленими пружиною, а горизонтальна складова збуджує ізгібніе коливання пружини. За рахунок коливань відбувається контактне взаємодія торцевих поверхонь зразків зі змінним нормальним зусиллям в контактї. Залежно від стану сполучення в статичному положенні (натяг, зіткнення, зазор) і обурює навантаження при динамічному навантаженні можлива реалізація наступних режимів випробування:

- зіткнення з проскальзиванням;
- зіткнення з ковзанням.

Рівень обурює динамічного навантаження регулюється зміною кутової швидкості обертання диска і радіуса обертання неврівноваженої маси. Зразок для випробувань (рисунок 2.2) являє собою шестигранник з плоскими робочими поверхнями, які виготовлялися з того ж матеріалу, що і монорельс - ВТ-22. Як рухомого контробразца використовувалися кільця шириною 5 мм, вирізані з роликів каретки. Матеріал контробразца - 95Х18Ш твердістю 50 - 55 НРС.

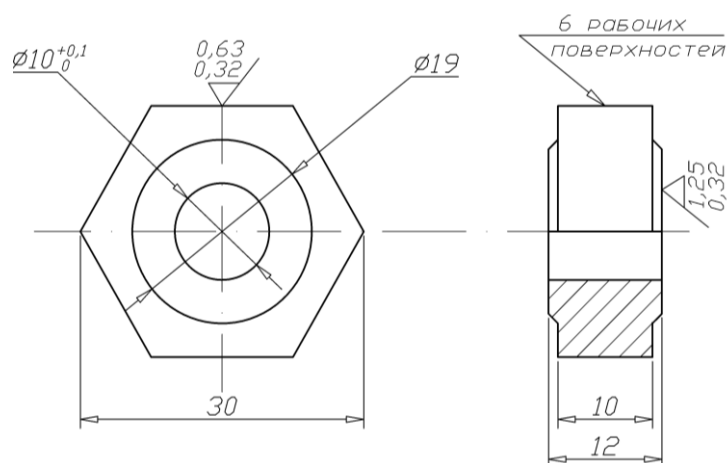


Рисунок 2.2 - Зразок для випробувань при динамічному навантаженні

Критерієм оцінки зносостійкості покриттів брали усереднену максимальну глибину пошкодження покриттів. Вимірювання проводили за допомогою оптиметра вертикального типу ІКВ шляхом зняття замірів з п'яти ділянок робочої поверхні зразка. Випробування проводилися не менше, ніж по три досвіду на кожену точку.

Висновки до розділу 2

Розробка технології відновлення спрацьованих поверхонь наплавками вимагає всебічного дослідження як триботехнічних характеристик матеріалів, що пропонуються для використання, так і показників фізико-механічних властивостей.

У зв'язку з тим, що всі покриття, як правило знижують міцність основного матеріалу, вивчення можливої зміни характеристик міцності повинне займати в процесі розробки технології особливе, самотійне місце.

РОЗДІЛ 3

ЗНОСОСТІЙКІСТЬ НАПЛАВОК ВТ-22 ТА СП-15 В УМОВАХ ФРЕТИНГУ ТА КОНТАКТНОГО ДИНАМІЧНОГО ВАНТАЖЕННЯ

3.1 Фреттингостійкість наплавки СП-15 і ВТ-22 на титановому сплаві

Для визначення зносостійкості наплавки СП-15 і ВТ-22 на титановому сплаві ВТ-22 були виконані випробування за ГОСТ 23.211-80 на зносостійкість в умовах фреттинг-корозії. Для порівняння проводили випробування на титановому сплаві ВТ-22 без обробки поверхні. Також для порівняння представлена зносостійкість плазмового покриття молибдену на матеріалі ВТ-22.

У всіх експериментах матеріалом для контрзразок була сталь 95Х18. Досліди проводили на повітрі без мастила. Параметри випробувань відповідають: А - 175 мкм, Р - 20 МПа, випробувальна база - 500000 циклів, частота - 30 Гц.

Результати представлені на рисунку 3.1.

Гістограма показує, що наплавлений матеріал СП-15 більш зносостійкий, ніж наплавлений матеріал ВТ-22. Зносостійкість матеріалу СП-15 на 22 % перевищує наплавлення ВТ-22. Слід зазначити, що наплавлений матеріал майже в два рази більше стійкий до зношування, ніж чистий матеріал ВТ-22 без обробки поверхні. При порівнянні з плазмовим покриттям молибдену зносостійкість наплавлених матеріалів СП - 15 і ВТ - 22 в три рази нижче.

На малюнку 3.2 представлена топографія поверхонь тертя наплавлених матеріалів, матеріалу ВТ-22 без обробки поверхні і зразків протистояння при випробуванні в парі з наплавленими матеріалами СП-15 і ВТ-22

З рисунку 3.2 видно, що топографія поверхонь тертя наплавлених матеріалів СП-15 і ВТ-22 має майже аналогічний рельєф (рисунок 3.2, б, в). Незважаючи на різницю в показаннях зносостійкості цих матеріалів топографії їх поверхонь не відрізняються. При терті контр-зразка з титановим сплавом ВТ-22

без осадження на поверхні простежується більш рівномірний знос, ніж при терті з наплавленими матеріалами СП-15 і ВТ-22.

Поверхні контр-зразків при терті з відкладеннями СП-15 і ВТ-22 відображаються відповідно на рисунок 3.3 а і б. Аналізуючи поверхні контр-зразків, можна сказати, що вони є практично ідентичними і не мають значних відмінностей.

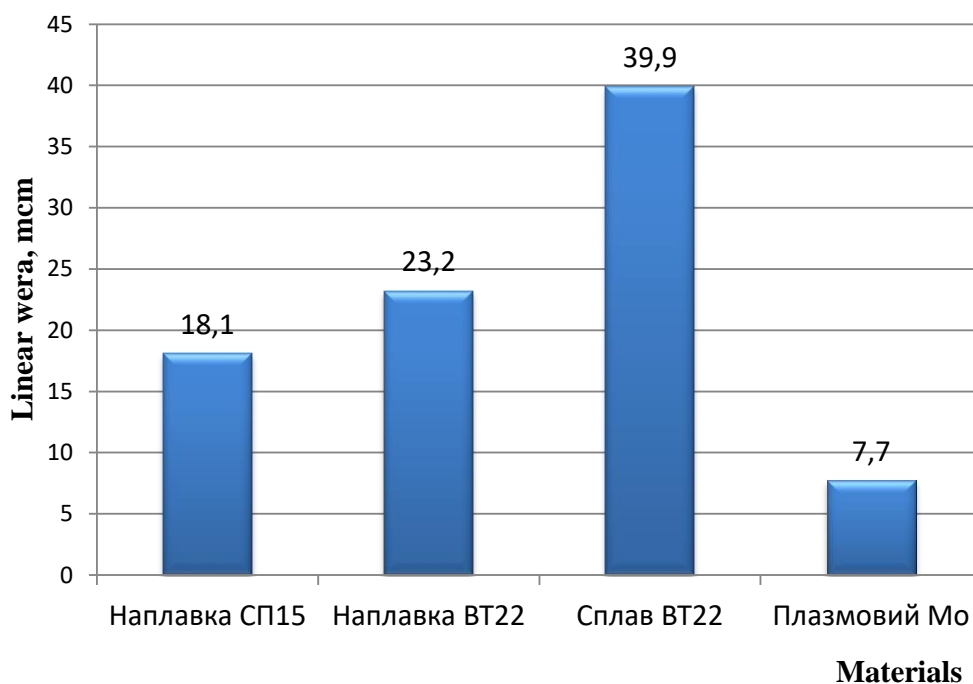
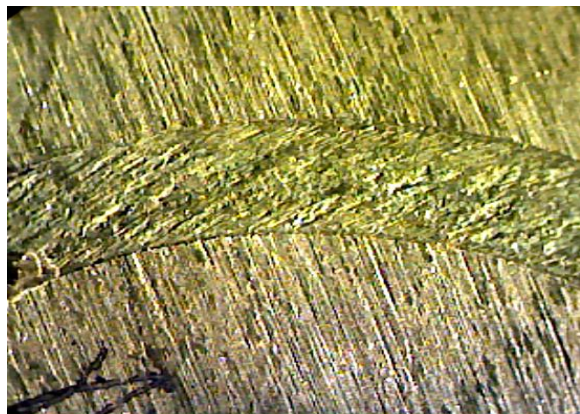
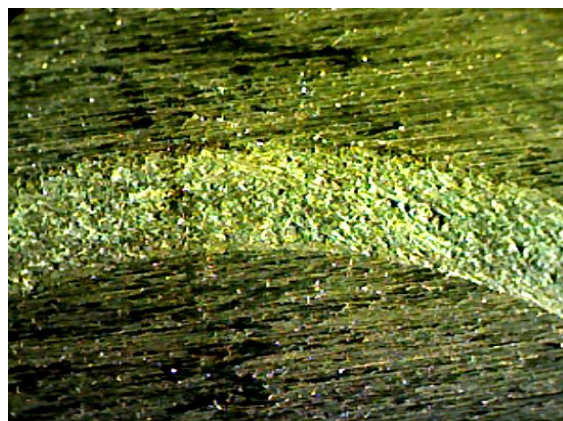
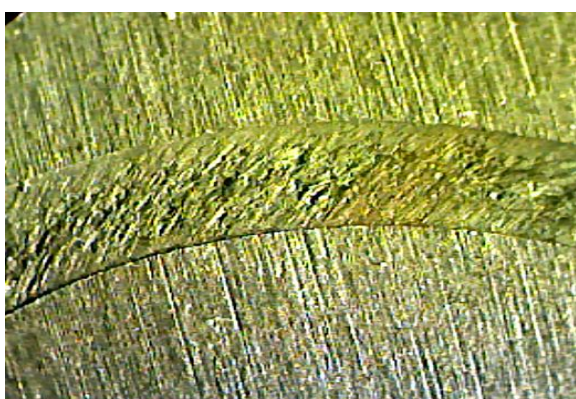
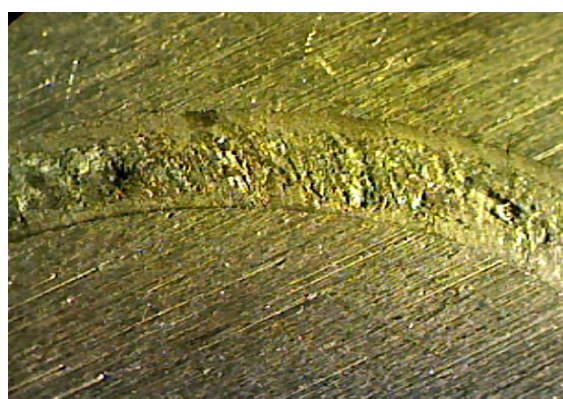
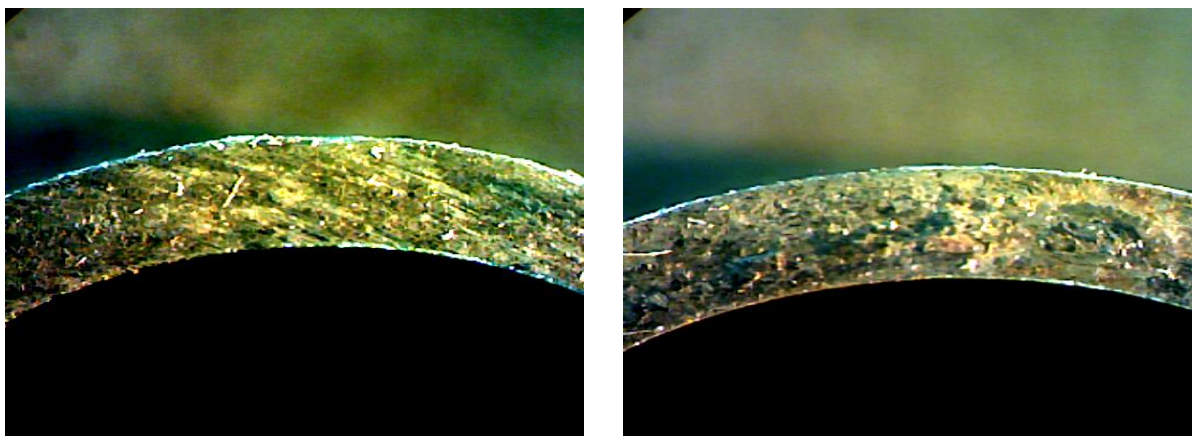


Рисунок 3.1 - Зносостійкість матеріалів при випробуваннях в умовах фреттинг-корозії

*a**б**в**г**д**е*

а), б) - наплавлення СП -15,
в), г) - наплавлення ВТ-22,
д), е) - ВТ -22 без обробки поверхні.

Рисунок 3.2 - Топографія поверхонь тертя матеріалу в умовах фреттинг-корозії



а

б

а) - тертя в парі з наплавленням СП15, б) - тертя в парі з наплавленням ВТ-22.

Рисунок 3.3 - Топографія поверхонь тертя контр-зразків 95Х18 після дослідів на фреттинг-корозію

3.2 Зносостійкість в умовах контактних динамічних навантажень наплавлення СП-15 і ВТ-22

Зносостійкість матеріалів ВТ-22, наплавок СП-15 і ВТ-22 та плазмового розпилення молібдену після експериментів при динамічному контактному навантаженні представлена на рисунку 3.4.

Аналізуючи отримані результати по зносостійкості, можна сказати, що наплавлення ВТ-22 і СП-15 в 2-2,5 рази перевищує чистоту ВТ-22 без обробки поверхні. Наплавлення СП-15 відповідно до зносостійкості в 1,8 рази суттєво чинить опір контактному динамічному навантаженню, ніж наплавлення ВТ-22. Порівняння отриманих результатів контактних динамічних навантажень термічним напиленням покриттів дозволяє стверджувати, що наплавлення ВТ-22 і СП-15 за їх зносостійкістю в 6 разів гірше, ніж термічне напилення молібдену. Зносостійкість наплавлення корелює з результатом випробувань на стійкість фреттингу і пояснюється тим, що наплавлений матеріал відрізняється формою порівняно з вихідним матеріалом ВТ-22.

Високе значення термічного розпилення молібдену пояснюється високою мікро твердістю покритих частин і його структурою.

Топографія поверхонь тертя титанового сплаву ВТ-22, наплавок ВТ-22 і СП-15 і термічного напилення молібдену представлена на рисунку 3.5.

Аналізуючи топографію поверхонь тертя досліджуваних матеріалів, можна сказати, що в ході експериментів відбувся механіко-хімічний знос. Поверхня тертя виглядає гладко без видимих виразок, подряпин і отворів, які показують, що це окисний знос.

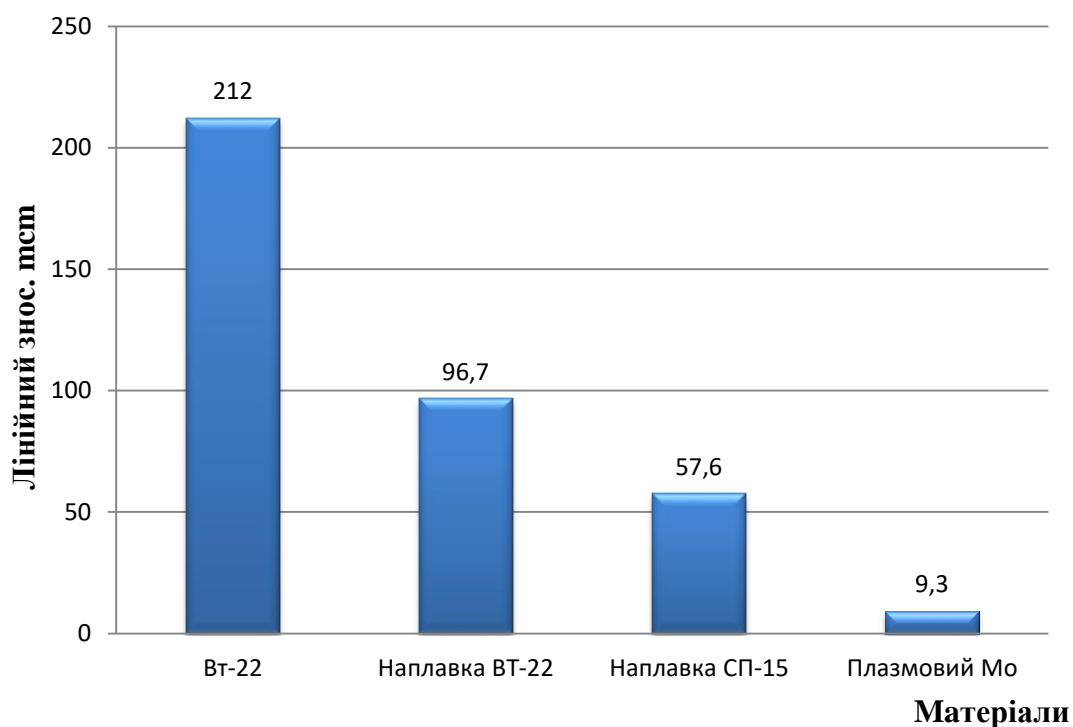
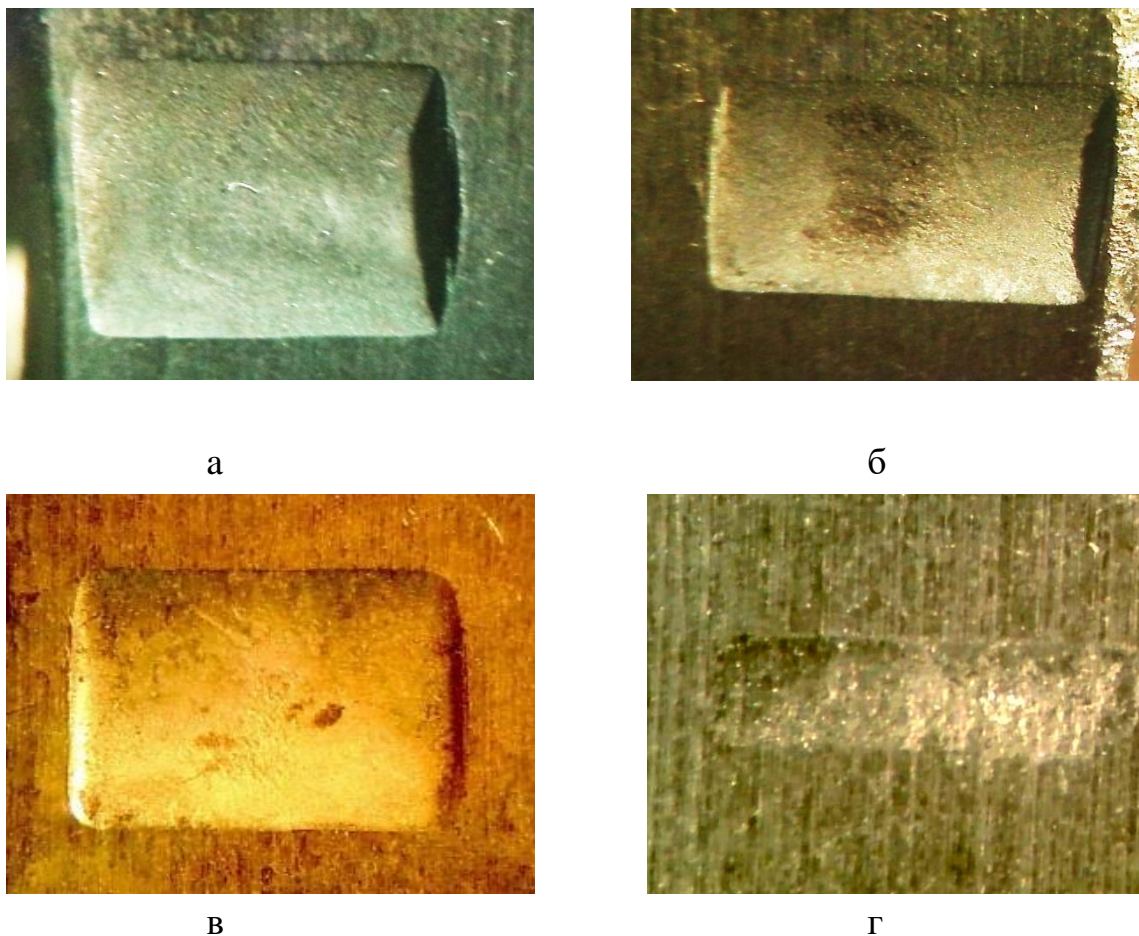


Рисунок 3.4 - Гістограма зносостійкості матеріалів і наплавлення при контактному динамічному навантаженні



а) - чистий VT-22; б) - наплавка VT-22; в) - наплавка СП-15; г) – молибден
 Рисунок 3.5 - Топографія поверхонь тертя матеріалів і наплавлення VT-22 і СП-15 після динамічного контактного навантаження:

3.3 Розробка інструментів для відновлення рейок механізації крила літаків

Процес відновлення монорельсів включає наступні кроки:

- виявлення дефектів рейки та підготовка до відновлення;
- підготовка матеріалів для наплавлення;
- Наплавлення, обробка та контроль якості покриттів.

Виявлення несправностей монорельс виконується найбільшими виробничими робочими поверхнями, що контактують з роликками. Значення

зносу можна визначити за годинниковим індикатором, який встановлюється на робочій поверхні рейки за допомогою спеціального пристрою. Рейки, зношування яких перевищує допустиму амортизацію, виключаються і повинні бути замінені або відновлені.

Крім вимірювання глибини видимого дефекту (зносу) для перевірки рейок, необхідно проводити контроль тріщин за допомогою методу неруйнівних випробувань, наприклад ультразвукового контролю. Якщо виявляються тріщини, рейки будуть піддаватися відхиленню.

Підготовка рейок до відновлення необхідна для прилипання покриттів до підкладки. Експериментальні дослідження показали, що якщо частинка нагрівається до високої температури і вступає у фізичний контакт з підкладкою, внаслідок деформації і поширення на ній, то зварювання твердих частинок відбувається, коли повідомлення атомів субстрату енергією активації достатньо для хімічної взаємодії з атоми на поверхні частинок.

Підготовка поверхневої основи для нанесення покриттів включає наступне:

- механічна обробка;
- Очищення та знежирення;
- спеціальна обробка для поліпшення адгезії розпиленого матеріалу;
- Ізоляція поверхні монорейки, яка не підлягає відновленню.

Механічна обробка використовується для видалення з поверхні деталей різних дефектів, а також отримання необхідної геометричної точності. Видалення дефектного шару рекомендують вручну за допомогою спеціального пристрою, розробленого нами на рисунку 3.6, з пневматичним або електричним приводом за схемою, показаної на рисунку 3.7.

Пристрій дозволяє зняти дефектний шар монорельсової дороги з високою точністю. Переміщення по рейках 4 пристрою з абразивним колесом свердловини 5 утворює спеціальну форму для розпилення покриття. Глибина, до

якої знімається матеріал металу, виставляється на рейки 4 і 7 зупинки, які обидві ноги пристосувань, які б надійно утримували пристрій при видаленні металу.

В якості інструменту рекомендується використовувати алмазний круг спеціальної форми (щоб уникнути подрібнення шару під час осадження, яке, в порівнянні з колами звичайних абразивів, забезпечує зниження сили різання і тепла, що знижує можливість дефектів шліфування. Видалення матеріалу слід проводити на глибину H номінального розміру (рисунок 3.7):

$$H = h_1 + h_2 \quad (3.1)$$

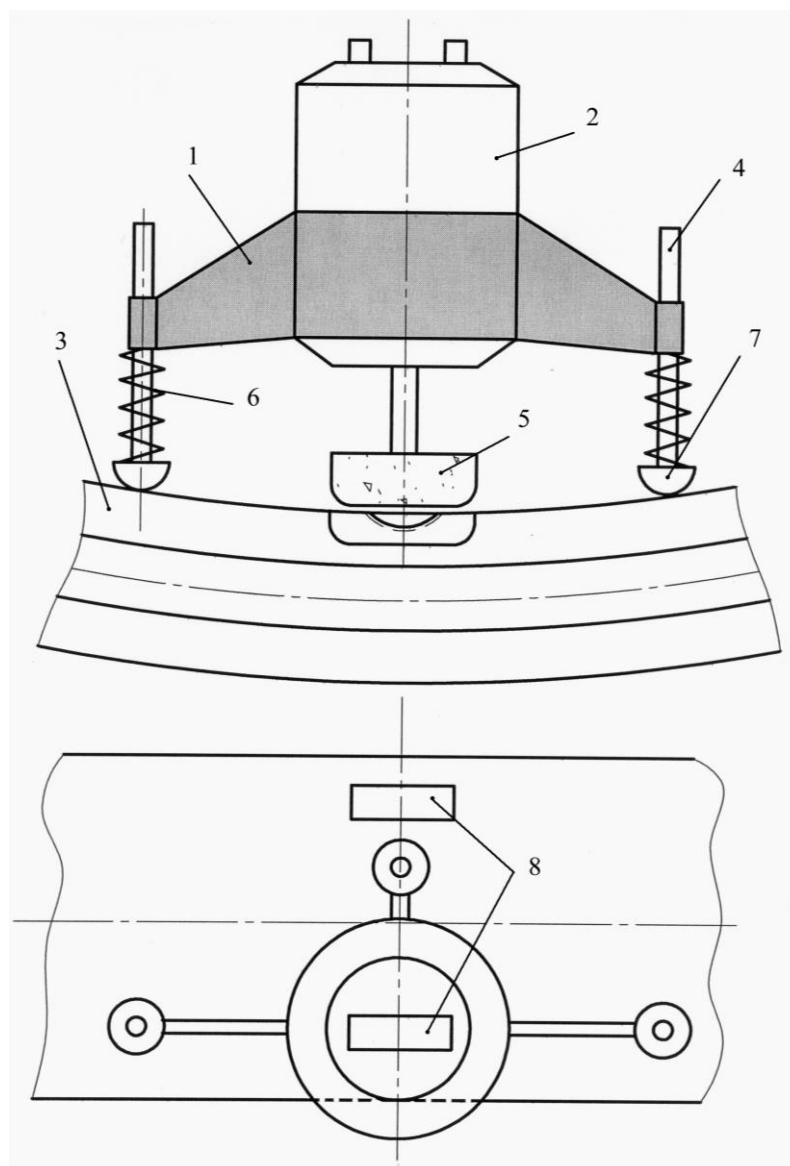
де h_1 - глибина видимого дефекту;

h_2 - глибина дефектного шару.

Очищення і знежирення поверхонь монорейка, які будуть викриті, повинні проводитися в місцях очищення та промивання деталей будь-якими хімічними розчинниками (дихлорметан, ацетон, бензол тощо) або синтетичні миючі засоби тощо. рекомендовано після очищення від знежирення. Для очищення можна використовувати: фільтрувальний папір, тканину і серветки. Відсутність забруднення на серветці відповідає добре очищеній поверхні.

Особливості підготовки поверхні до наплавлення. Титанові сплави, завдяки їх високій активності, покриті оксидною плівкою. Характер і властивості плівки залежать від умов її формування. Наприклад, товщина оксидних плівок утворюється при кімнатній температурі на повітрі до 50 - 75 Å, а плівка, що утворюється при високих температурах, може досягати 500 мкм.

Суть підготовки поверхні до наплавлення полягає в тому, щоб дати їй ашорсткість, що забезпечує збільшення активної поверхні монорельса і створює більш сприятливі умови для механічних і хімічних частинок наплавленого матеріалу з деталями відновлюваних матеріалів.

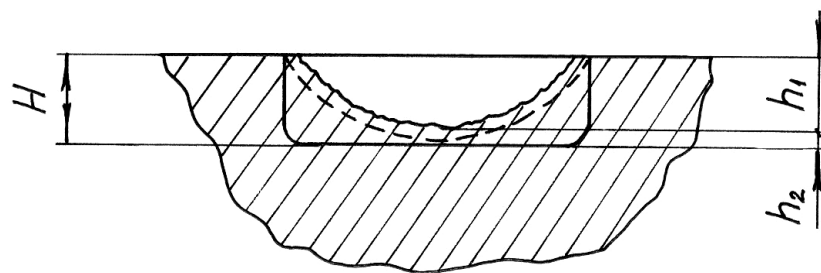


1 - пристрій для кріплення пневматичного інструменту, 2 - пневматичний інструмент, 3 - монорейка, 4 - керівництво для видалення дефектного шару монорельса, 5 - абразивний інструмент, 6 - пружини, 7 - обмежувачі, ніжки для напрямних, 8 - дефекти на монорельсах при експлуатації

Рисунок 3.6 - Схема пристрою для видалення дефектного шару рейки високого підйомного пристрою

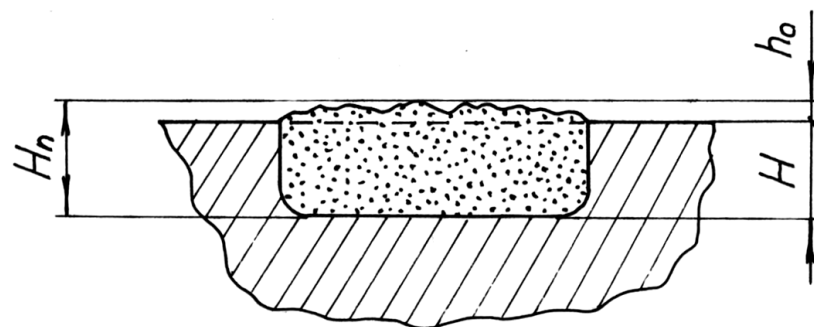
Одним із способів приготування поверхні для наплавлення є абразивний абразивний матеріал. Поверхню вибухозахисту рекомендується використовувати в спеціальній камері для вибуху. В якості абразивного матеріалу наноситься -

корундний пісок. Транспортним абразивним струменем є повітря під тиском 40 - 60 МПа. Після піскоструминної обробки абразивом, монорельсовою додатково видувається чисте повітря і чисту оброблену щітку для видалення залишилися на поверхні рейки абразивних частинок, які при подальшій обробці виробу можуть залишатися в покритті у вигляді включень, що знижує міцність, тому що створює умови для концентрація напружень *in situ* абразивних частинок.



H - глибина пошкодження, h_1 - глибина видимого пошкодження, h_2 - глибина поверхневої частини (0,15 - 0,20 мм), яка видаляється механічною обробкою

Рисунок 3.7 - Схема оцінки необхідної товщини наплавленого покриття при підготовці поверхні з монорельсами для механічної обробки



H - товщина покриття, H_n - товщина поверхонь покриття з урахуванням припуску на механічну обробку, h_0 - припуск на механічну обробку

(для шліфування 0,20 - 0,25 мм)

Рисунок 3.8 - Схема оцінки товщини наплавленого покриття з урахуванням припуску на механічну обробку

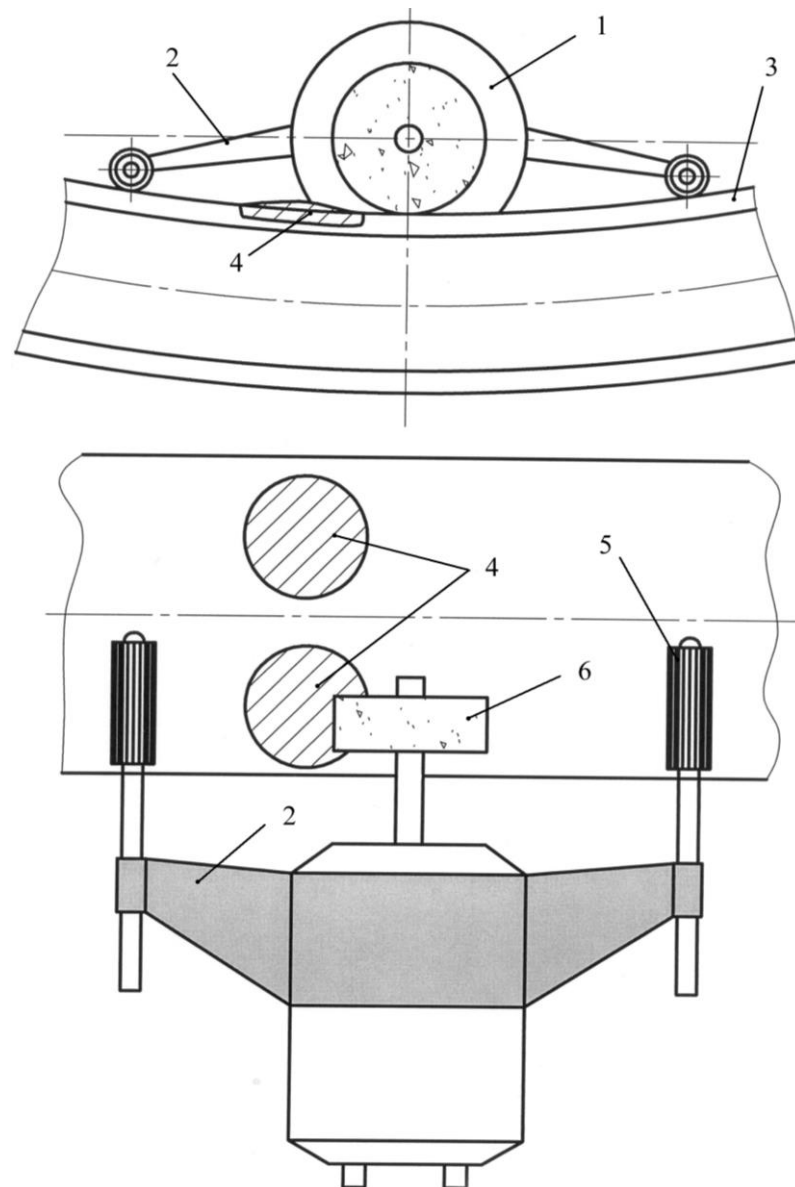
Існують також інші види підготовки поверхні для наплавлення: різання дрібних канавок, грубе планування, травлення прокатки або розрізи, наплавлення проміжних шарів. Всі ці методи були описані авторами, широко використовуються в техніці, але для критичних частин літаків вони використовуються набагато рідше, ніж вибухові роботи.

Ізоляційні поверхні, а не для відновлення, виготовляють з картону або листового металу. Після підготовки поверхні починають наплавлення, а розрив у часі між підготовкою і наплавленим покриттям не повинен перевищувати 2-х годин.

Приготування порошкоподібних матеріалів для розпилення складається з операцій сушіння та скринінгу, метою яких є забезпечення стабільності та оптимального розподілу розміру сировини порошкового матеріалу для осадження.

Наплавлення. Процес наплавлення характеризується нагріванням частинок наплавленого матеріалу в високотемпературній зоні, а потім перенесення їх на поверхневий потік газу. Для хорошої адгезії до підкладки, наплавлений матеріал повинен мати максимальну швидкість відходу, що забезпечує зіткнення високоенергетичних частинок з поверхнею титанового сплаву. В якості джерела тепла, при напавленні порошкових матеріалів, рекомендується використовувати електричну дугову плазму. Матеріал для ремонту зношених деталей монорельсового підйомника рекомендований - молібден.

Контроль якості покриття після наплавлення здійснюється візуально за стандартом, з 10-кратним збільшувальним склом. Якщо якість покриття відповідає стандарту, то воно направляється на рейкову обробку, завдання якої полягає в отриманні заданої геометрії і шорсткості поверхні рейки.



1 - пневматичний або електричний інструмент, 2 - напрямна для полірування рейок після наплавлення, 3 - відновлені монорейки, 4 - поверхнєве покриття, 5 - обмеження перекоосу, 6 - абразивний інструмент

Рисунок 3.7 - Схема пристрою для полірування монорельс після наплавлення

Висновки до розділу 3

1. Результати експериментів з наплавленими матеріалами СП-15 і ВТ-22 на титановому сплаві ВТ-22 і чистому сплаві ВТ-22 без обробки поверхні показують, що наплавлені матеріали СП-15 і ВТ-22 на титановому сплаві ВТ-22 мають стійкість до фритюру у два рази вище титанового сплаву ВТ-22 без обробки поверхні. Наплавлення СП-15 має зносостійкість на 20-25 % вище, ніж наплавлення ВТ-22 на титановому сплаві ВТ-22. Плазмове покриття молібденом в однакових умовах має зносостійкість практично в три рази вище, ніж наплавлення СП-15 і ВТ-22 на титановому сплаві ВТ-22.

2. Були виконані розрахунки консольно-кранової балки, яка використовується як додаткове обладнання при монтажі та демонтажі деталей високих підйомних пристроїв.

3. Наплавлення СП-15 і ВТ-22 під експерименти на контактних динамічних навантаженнях мають зносостійкість у два рази вище в порівнянні з матеріалом на основі ВТ-22 без обробки поверхні. Наплавлення СП-15 має зносостійкість вище, ніж наплавлення ВТ-22, що дає можливість рекомендувати його для відновлення рельсів високих підйомних пристроїв, виготовлених з титанового сплаву.

4. Були розроблені інструменти для підготовки високих підйомних пристроїв до рейок і полірування після наплавлення.

РОЗДІЛ 4

ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1 Небезпечні та шкідливі виробничі чинники при роботі з авіаційною технікою

Згідно ГОСТ 12.0.002 – 80 «Терміни та визначення»:

- шкідливий виробничий чинник – це виробничий чинник, вплив якого на працюючого робітника в певних умовах призводить до захворювання або зниження працездатності;

- небезпечний виробничий чинник – це виробничий чинник, вплив якого на працюючого в певних умовах призводить до травми або раптового погіршення здоров'я [36].

Згідно класифікації небезпечних та шкідливих чинників (правила безпеки праці при технічному обслуговуванні і поточному ремонті авіаційної техніки ДНАОП 5.1.30 – 1.06 – 98), які впливають на стан здоров'я людини під час виробництва, насамперед, це:

- шум, що призводить до розладу нервової та серцево-судинної систем, втрати гостроти слуху, зниженню реакції та працездатності;

- вібрації (використання пневматичних інструментів). Вплив вібрації виробничого обладнання може призвести до вібраційної хвороби, яка характеризується порушенням шкіряної чутливості, спазмами судин рук, та сильним болем в суглобах та кістках;

- незахищеність рухомих елементів обладнання та машин. Обертаючі частини можуть викликати травмування та загибель людини;

- відділення часток оброблюваного матеріалу та інструменту. При обробці деталей на металоріжучих станках, загостренні інструменту на абразивних дисках та інших роботах можливе відділення часток оброблюваного матеріалу та інструменту, а це може призвести до травмування робітників;

- шкідливі хімічні речовини; дана категорія небезпечних виробничих факторів обумовлена утворенням токсичних речовин та газів (вплив ПММ, розчинників);

- використання вибухо- та пожежонебезпечних матеріалів. Небезпека вибуху та пожеж може виникати при технологічних процесах, пов'язаних з використанням та збереженням ПММ; можливість пожеж та вибухів визначається вибухо- та пожежонебезпечними характеристиками речовин (температура спалаху та запалення, нижні та верхні концентрації меж запалення);

- підвищене значення напруги в електричному ланцюзі, замикання, яке може пройти через тіло людини;

- недостатнє природне та штучне освітлення призводить до підвищення зорової втоми, великої кількості помилок, втрати зору, зниженню продуктивності праці та збільшенню ймовірності травмування.

4.2 Технічні та організаційні заходи для зменшення рівня впливу небезпечних і шкідливих виробничих чинників

Застосовуються наступні заходи для зменшення рівня впливу небезпечних та шкідливих виробничих чинників:

- від впливу шуму застосовуються протишумні навушники при роботі на автоматах і пневмоінструментах;

- для зменшення шкідливого впливу вібрації необхідно інструмент облаштувати спеціальними віброрукоятками, а робітників забезпечити віброрукавицями; сумарний час впливу на робітника не повинен перевищувати 2 / 3 робочої зміни; вчасно організовувати проведення медичного огляду робітників; тривалість одноразового безупинного впливу вібрації ручних машин, включаючи мікропаузи, що входять у дану операцію, не повинна перевищувати 15 – 20 хвилин [37];

- рухомі елементи, приводні та передаточні механізми повинні бути обладнані захисними кожухами;
- при обробці деталей на металоріжучих станках, загостренні інструменту на абразивних дисках, та інших подібних роботах робітник повинен мати захисні окуляри, прибрати волосся під головний убір, всі гудзики на спецодязі повинні бути застебнутими;
- у зв'язку з небезпекою руху автокарів у цеху необхідно передбачити розмітку підлоги; проїзди повинні бути закриті захисними кожухами; при експлуатації кран – балки необхідно дотримуватися норм і правил Держнагляду з охорони праці; забороняється підіймати вантаж, маса якого перевищує вантажопідйомність машини; робітникам не дозволяється знаходитись на вантажі чи під ним, коли він переміщується; для попередження небезпечної взаємодії, кабінки візків та електрокари необхідно пофарбувати в жовтий або жовтогарячий колір.

Засоби захисту від аеродисперсних систем та шкідливих хімічних речовин [38]:

- видалення шкідливих та небезпечних речовин з повітряного середовища за допомогою загальнообмінної вентиляції;
- застосування засобів індивідуального захисту органів дихання (респіратори та інші засоби);
- забезпечення захисту шкіряних покривів від потрапляння аерозольних частинок, які можуть мати велику швидкість та високу температуру;
- використання засобів захисту очей;
- для локалізації та видалення шкідливих та небезпечних речовин із зони їх утворення може бути впроваджена організацією місцевих відсмоктувачів.

Заходи захисту від підвищеної напруги.

Згідно ДНАОП 0.00 – 1.21 – 98 струмоведучі частини установок, що експлуатуються, повинні мати огороження зі спеціальним блокуванням, змінювати напругу при відкриванні захисних частин. Конденсаторні батареї

великої ємності повинні розташовуватись або в сусідньому блокувальному приміщенні, або поза приміщенням в спеціальній сталевій шафі. Всі конденсаторні батареї повинні бути обов'язково заекрановані та забезпечені засобом для автоматичного розрядження конденсаторів при зніманні екранів.

Технічні та організаційні заходи для зменшення рівня впливу небезпечних та шкідливих чинників при роботі з композиційними матеріалами. Для забезпечення охорони праці необхідно дотримуватись організаційних і технічних заходів, запобігати впливу на робочих місцях небезпечних і шкідливих чинників, відповідно до нормативних документів.

Заходи щодо техніки безпеки повинні базуватися на підставі вимог "Положення про розробку інструкцій з охорони праці", затвердженого наказом Держнагляду з охорони праці України №9 від 29.01.1998 року з метою забезпечення безпечних умов праці при виконанні робіт по обслуговуванню деталей з композиційних матеріалів. Також необхідно дотримуватися вимог та положень наступних держстандартів: ГОСТ 12.1.003–74 ССБТ; ГОСТ 12.1.004–91 ССБТ; ГОСТ 12.1.007 – 91 ССБТ; ГОСТ 12.1.003 –83 ССБТ; ГОСТ 12.1.005 –88 ССБТ; ГОСТ 12.1.019 –79 ССБТ; ГОСТ 12.4.034 – 85 ССБТ; ГОСТ 12.4.016 – 83 ССБТ.

Згідно цим вимогам розробляють профілактичні заходи по запобіганню випадків травматизму.

1. Необхідно організувати упорядкований кільцевий рух транспорту в виробничих приміщеннях та по території підприємства. Для цього передбачена розмітка підлоги. До управління електрокарами допускаються особи, що досягли 18-ти річного віку, пройшли медогляд, спеціально навчені та отримали посвідчення на керування електрокарами.

2. Рухомі частини обладнання повинні бути закриті кожухами. Забороняється працівникам знаходитись на вантажі або під ним.

3. До роботи з композиційними матеріалами допускаються особи, що досягли 18 років, що пройшли медичний огляд, що вивчили інструкцію з техніки

безпеки, що пройшли інструктаж з охорони праці, атестовані і мають посвідчення на право роботи. Повторний інструктаж проводиться не рідше одного разу на квартал.

4. Усі робітники, що працюють з композиційними матеріалами, повинні бути забезпечені спецодягом, спецвзуттям і індивідуальними захисними засобами: халат чи комбінезон, хустка чи берет, спеціальні рукавички, окуляри з щільно прилягаючою до обличчя оправою, респіратор ПРБ-5, ПРБ-5МП чи "Пелюсток".

5. Виробничі приміщення в яких виготовляються деталі з композиційних матеріалів, повинні бути обладнані обмінною припливно-витяжною вентиляцією, що забезпечує 6-ти кратний обмін повітря за годину. Робочі столи обладнані місцевими бортовідсмоктувачами [39].

6. Для запобігання утворення статичної енергії передбачити заземлення зон, помостів і робочих площадок, ручок дверей, поручнів, східців і рукояток приладів. Щоб уникнути утворення статичної електрики в процесі знежирення арматури передбачити введення в бензин антистатичної протизношувальної присадки типу "Сигбол".

7. Клеї, розчинники зберігати в герметично закритих ємкостях з кольорового металу, з нанесеною на них інформацією, у кількостях, що не перевищують добового запасу.

8. У виробничих приміщеннях двічі за зміну роботи вологе прибирання.

9. У приміщенні, де обслуговуються деталі з композиційних матеріалів, не потрібно здійснювати зварювальних робіт, не користуватись відкритим вогнем, не захарашувати проходи до пожежного інвентаря.

10. У випадку одержання травми, необхідно негайно повідомити майстра чи керівника підрозділу, зберегти обстановку місця події нещасного випадку, якщо це не загрожує життю і здоров'ю поруч працюючих і обов'язково звернутися в медсанчастину (МСЧ) для надання першої медичної допомоги і реєстрації даного нещасного випадку.

11. У випадку появи працівника на робочому місці в стадії алкогольного чи наркотичного сп'яніння, адміністрація не допускає його до роботи, направляє його в наркологічний кабінет або складає відповідний акт. Адміністрація має право звільнити працівника з підприємства за появу на роботі в стадії сп'яніння, згідно статті 40 пункту 7 Кодексу законів України про охорону праці.

12. Працівник зобов'язаний:

– знати і виконувати вимоги нормативних актів про охорону праці, правила поведіння з машинами, механізмами, устаткуванням і іншими засобами виробництва стосовно даної професії, користатися засобами колективного й індивідуального захисту;

– дотримуватися інструкцій з охорони праці, передбачених колективним договором і правилами внутрішнього трудового розпорядку підприємства (стаття 18 закону України „Про охорону праці”).

13. За порушення законодавства й інших нормативних актів про охорону праці, створення перешкод для діяльності посадових осіб, органів державного нагляду і представників профспілок, винні працівники залучаються до дисциплінарної, адміністративної, матеріальної і кримінальної відповідальності відповідно до законодавства (стаття 49 закону України „Про охорону праці”).

4.3 Забезпечення пожежної і вибухової безпеки в робочому цеху

Відповідно з ГОСТ 12.1.004-91 джерелами ініціювання пожежі є:

- електричні розряди при роботі з ручним електроінструментом, а також джерела освітлення робочої зони [39];
- іскри від ударів ручного інструменту при виконанні операцій технічного процесу стикування вузлів і агрегатів;
- ударні хвилі у разі вибуху компресорних станцій, повітропроводів;

- вибух парів гасу при змивальних роботах. Імовірність виникнення пожежі від одиничного технічного виробу чи обладнання при їхній розробці і виготовленні не повинні перевищувати значення 10^{-6} на рік.

Відповідно до вимог ГОСТ 12.1.004-91; ГОСТ 12.1.004 – 85 ССБТ; ГОСТ 12.1.010 – 76 ССБТ; ГОСТ 12.1.011 – 78 ССБТ; ГОСТ 12.1.018 – 76 ССБТ; ГОСТ 12.1.011 – 86 ССБТ; ГОСТ 12.1.041 – 83 ССБТ; ГОСТ 12.1.044 – 84 ССБТ Організаційно-технічні заходи щодо забезпечення пожежної та вибухової безпеки включають:

- необхідність постановки плавких запобіжників в лічильниках електроенергії, для стабілізації напруги в мережу живлення електроприладів повинні включатися стабілізатори напруги;

- застосування на інструментах засобів захисту від іскор, використання такого інструменту, який виготовлений з безіскрових матеріалів або у відповідному пожежобезпечному виконанні;

- додаткове огороження ділянки виконання техпроцесу;

- дотримання персоналом істановлених правил при роботі з пожежо- та вибухонебезпечними речовинами;

- установлення на обладнанні, що може вибухнути або загоріти, знаків, які забороняють користуватися відкритим полум'ям;

- потрібно не допускати виконання виробничих операцій на несправному обладнанні, адже це може призвести до спалахування та пожеж, а також при відключених контрольно-вимірювальних приладах, за якими визначаються технологічні параметри (температура, тиск та інше) [41];

- доставка легкоспалахуючих та горючих рідин у невеликій кількості в безпечній негорючій тарі;

- для миття й знежирення обладнання, виробів, деталей застосовуються негорючі миючі засоби та спеціальні методи очищення;

- профілактичний огляд, планово-попереджувальний та капітальний ремонт технологічного обладнання з врахуванням виконання заходів по забезпеченню пожежовибухобезпеки;
- встановлення компресорних станцій у спеціально відведених місцях (камерах з посиленими стінами і стелями для захисту суміжних приміщень у випадку вибуху, періодичне технічне обслуговування й контроль параметрів роботи);
- застосування спеціальних підпільних оболонок для повітроводів і періодична перевірка кранів і штуцерів на наявність витоку повітря ;
- роботи по очищенню витяжних пристроїв повинні проводитися систематично та фіксуватися в журналі;
- суворе дотримання правил пожежної безпеки при роботі з гасом і іншими вогнебезпечними речовинами, застосування потужної вентиляції, обладнання робочих місць шухлядами з піском, припинення усіх видів інструментальних робіт там, де ведуться змивні роботи.

Ще при проектуванні та будівництві необхідно враховувати, що цех відноситься до категорії А (за ступенем застосування вогнестійких матеріалів). У цеху необхідно встановити жорсткий протипожежний контроль, підвищити вимогливість щодо дотримання правил протипожежної безпеки з боку адміністрації, головного механіка та енергетика. Необхідно забезпечити безпечний виїзд літаків з цеху, для чого передбачають широкі ворота. Ці ворота повинні бути змащені, канавки чисті, під'їзд до воріт повинен бути вільним.

Для запобігання статичної електрики передбачено заземлення. При використанні місцевого освітлення використовують напругу 36 В. Для збирання промасленого ганчір'я застосовуються спеціальні шухляди, які прибираються наприкінці робочого дня.

У цеху заборонено:

- застосування відкритого вогню без спеціального дозволу пожежної охорони;

- збереження сигнальних ракет, ПММ і кислот у не встановлених для цього місцях ;
- робити зборку , пайку за межами спеціальних місць.

Для того, щоб забезпечити гасіння пожежі на початковій стадії, передбачено два пожежних крана, приєднаних до господарсько – виробничого трубопроводу. Довжина кожного шлангу 15 м, продуктивність – 2,5 л/с. Зі стаціонарних вогнегасників необхідно мати двобалонний вогнегасник УП – 2М. Для повідомлення про пожежу в зручних місцях необхідно встановити два телефонних апарата. Для попередження про пожежу у відсутності людей, необхідно встановити автоматичну систему електричної пожежної сигналізації. Як прийомну станцію електричної пожежної системи, використовується система – станція СДПУ – 1 з оповіщувачем [42].

У пожежній охороні потрібно передбачити пожежну автоцистерну АЦ – 30 на базі ЗіЛ – 130. Повинен бути передбачений в'їзд пожежної машини в цех, через розсувні ворота.

4.4 Розрахунок повітрообміну при роботі з азотуванням титану

Під час розрахунку будемо використовувати ГОСТ 12.4.021 – 75 ССБТ.

Так як при роботі з азотуванням титану найбільша кількість летючих речовин, то розрахунок будемо проводити на його основі. Для приклада розрахуємо повітрообмін при азотуванні титанового сплаву VT22. Компоненти, що входять до складу рідини для очищення поверні титанових сплавів перед азотуванням, їх гранично допустима концентрація (ГДК) наведені в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 - Компоненти, що входять до складу зв'язуючого та їх гранично допустима концентрація

Найменування компонентів, які входять до складу зв'язуючого	ГДК шкідливих речовин, мг/м ³
Епіхлоргідрин	1
Толуол	50
Ацетон	200
Спирт етиловий	1000

Кратність обміну повітря визначимо за формулою:

$$n = \frac{Q_{\text{сум}}}{V}, \quad (4.1)$$

де $Q_{\text{сум}}$ – сумарна кількість повітря, яка необхідна для боротьби і захисту від шкідливих випаровувань, м³/год;

V – об'єм приміщення, м³.

$$V = a \cdot b \cdot c ,$$

де a – ширина приміщення;

b – довжина приміщення;

c – висота приміщення.

$$V=8 \cdot 10 \cdot 8=640 \text{ м}^3$$

Визначимо сумарну кількість повітря, необхідного для захисту та боротьби з шкідливими випаровуваннями за формулою

$$Q_{\text{сум}} = \sum_{i=1}^n Q_i , \quad (4.2)$$

де Q_i – кількість повітря, необхідне для захисту та боротьби з шкідливими випаровуваннями кожного з компонентів зв'язуючого.

$$Q_i = \frac{kn_{об}}{(k_1 - k_2) 10^{-6}}, \quad (4.3)$$

де $k=0,1$ – кількість шкідливих випаровувань від одиниці обладнання на протязі години, кг;

k_1 – гранично допустима концентрація шкідливих речовин у повітрі приміщення, мг/м³;

k_2 – концентрація шкідливих домішок у приточному повітрі, мг/м³;

$n_{об}$ – кількість одиниць обладнання, $n=1$

Приймаємо $k_2=0$, вважаючи, що приточне повітря не містить шкідливих домішок. Тоді:

$$Q_1 = \frac{0,1 \cdot 1}{(1 - 0) \cdot 10^{-6}} = 100000 \text{ м}^3,$$

$$Q_2 = \frac{0,1 \cdot 1}{(50 - 0) \cdot 10^{-6}} = 2000 \text{ м}^3,$$

$$Q_3 = \frac{0,1 \cdot 1}{(200 - 0) \cdot 10^{-6}} = 500 \text{ м}^3,$$

$$Q_4 = \frac{0,1 \cdot 1}{(1000 - 0) \cdot 10^{-6}} = 100 \text{ м}^3,$$

Тоді сумарна кількість повітря: $Q_{сум} = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 = 102600 \text{ м}^3/\text{год}$.

Визначимо кратність повітрообміну: $n = \frac{Q_{сум}}{V} = \frac{102600}{640} \approx 160 \text{ 1/год}$.

Для реалізації механічної вентиляції вибираємо відцентровий вентилятор типу Ц-50№16, що має наступні характеристики:

- продуктивність: $L=75000 \text{ м}^3/\text{год}$;

- тиск: $P=1000 \text{ Н/м}^2$;

- коефіцієнт корисної дії: $\eta=0,8$.

Визначимо кількість вентиляторів:

$$n_{вен} = \frac{2Q_{сум}}{L} = \frac{2 \cdot 102600}{75000} \approx 2,736 \quad (4.4)$$

Приймаємо кількість вентиляторів, що дорівнює трьом. Розрахунок здійснюємо за книгою Староверов И.Г. «Справочник проектировщика промышленных, жилых и общественных зданий и сооружений: вентиляция и кондиционирование воздуха», за таблицею «Рекомендуемые комплектующие центробежных вентиляторов общего назначения» вибираємо марку двигуна А4200L4 з такими характеристиками: потужність $N=45$ кВт; частота обертання ротора $n=1475$ об/хв; маса двигуна $m=2245$ кг.

4.5 Інструкція з охорони праці при роботі з титанами

Дана інструкція розроблена на основі вимог „Положення про розробку інструкцій з охорони праці”, затвердженого наказом Держнагляду з охорони праці України №9 від 29 січня 1998 року з метою забезпечення безпечних умов праці при виконанні робіт з композиційними матеріалами [43].

1. Загальні вимоги:

- а) до роботи з титаном допускаються особи, що досягли 18 років;
- б) особи, що пройшли медичний огляд;
- в) такі, що вивчили інструкцію з техніки безпеки, пройшли інструктаж з охорони праці, атестовані і мають посвідчення на право роботи;
- г) повторний інструктаж проводиться не рідше одного разу на квартал;
- д) усі працюючі з титаном, повинні бути забезпечені спецодягом, спецвзуттям і індивідуальними захисними засобами: халат чи комбінезон, хустка чи берет, спеціальні рукавички, окуляри з щільно прилягаючою до обличчя оправою, респіратор ПРБ-5, ПРБ-6 чи "Пелюсток".

2. Вимоги безпеки перед початком роботи:

- а) одягти й упорядкувати спецодяг і засоби захисту, отримані відповідно до галузевих норм індивідуального захисту;
- б) перевірити наявність і справність заземлення обладнання й оснащення;
- в) увімкнути в приміщенні припливо-витяжну вентиляцію;
- г) підготувати необхідний справний інструмент для роботи: шевський ніж для розкрою препрегів зі справною ручкою і чохлам;

д) при виявленні яких-небудь несправностей повідомити майстра і до роботи не приступати аж до усунення цих несправностей .

3. Вимоги безпеки під час виконання роботи:

а) виконувати тільки ту роботу, що доручена майстром чи адміністрацією цеху;

б) усі роботи з виготовлення деталей з титану і їх механічну обробку робити під витяжкою з використанням пиłosоса;

в) очищення поверхні оснащення й устаткування від зварювання робити інструментом, виготовленим з матеріалів, що не утворюють іскор при ударі;

г) не зберігати їжу, особисті речі на ділянці; не приймати їжу на робочих місцях;

д) не захаращувати робоче місце на підходах до нього; відходи складати в ємкості з кришкою, наприкінці зміни ємності вивезти з приміщення.

4. Вимоги безпеки після закінчення роботи [44]:

а) упорядкувати робоче місце, інструмент;

б) залишки легкозаймистих речовин (бензин, ацетон і т.д.) винести у відведене для збереження місце;

в) зняти спецодяг і засоби захисту, забрати їх в індивідуальну шафу;

г) вимкнути вентиляцію;

д) про появу будь-яких несправностей доповісти майстру;

е) вимити обличчя і руки теплою водою з милом, прийняти душ.

Рідини що використовуються при виготовленні та обслуговуванні конструкцій з титану, відносяться, як правило, до категорії шкідливих, пожежо- та вибухонебезпечних речовин. Тому, працюючи з ними, необхідно суворо дотримувати усі інструкції та вимоги з техніки безпеки, охорони праці та протипожежні заходи. Потрібно пам'ятати, що життя людини – найважливіше, а вірно та добросовісне виконання встановлених вимог і правил дозволить його зберегти.

Висновок до розділу 4

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.

В результаті проведеного аналізу небезпечних і шкідливих чинників, які з'являються при процесі азотування, що несе, розроблені конкретні заходи по техніці безпеки, конструктивні заходи, які дозволяють підвищити безпеку праці.

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

РОЗДІЛ 5

ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

5.1 Визначення основних чинників діяльності цивільної авіації, що призводять до негативного впливу на навколишнє середовище

Забруднення атмосферного повітря, вод та земель речовинами, які є шкідливими для здоров'я людини, а також для нормального розвитку рослинного та тваринного світу, на сьогодні є найбільш гострою та невідкладною проблемою захисту навколишнього середовища [45].

Авіація, її діяльність, належать до найбільш високорозвинутих галузей господарства та промисловості, а отже, вона здійснює значний вплив на довкілля. В даному розділі розглянемо ті негативні чинники, що пов'язані з експлуатацією та обслуговуванням літаків, врахуємо також негативні наслідки для екології, спричинені аваріями та катастрофами.

Отже, чинниками впливу діяльності цивільної авіації на навколишнє середовище є:

- забруднення атмосферного повітря;
- забруднення води;
- забруднення ґрунтів;
- вплив авіаційного шуму, інфразвуку, звуковий удар;
- електромагнітні та іонізуючі випромінювання.

Варто зазначити, що при аваріях та катастрофах здійснюється комплексний вплив вищезазначених факторів на довкілля, причому з набагато більшою інтенсивністю та кількістю людських втрат, ніж при нормальній роботі цивільної авіації.

5.2 Захист атмосферного повітря від забруднення повітряними суднами

Повітряні кораблі викидають шкідливі речовини з відпрацьованими газами авіаційних двигунів в зоні аеропорту та на трасах польоту, забруднюючи атмосферне повітря в глобальних масштабах.

До складу відпрацьованих газів газотурбінних двигунів входять наступні основні компоненти, що забруднюють атмосферу: оксид вуглецю, вуглеводні (метан CH_4 , ацетилен C_2H_2 , етан C_2H_6 , етилен C_2H_4 , пропан C_3H_8 , бензол C_6H_6 , толуол $\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_3$ та інші), оксиди азоту, альдегіди (формальдегіди HCHO , акролін $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CHO}$, оцтовий альдегід CH_3CHO та ін.), оксиди сірки, сажа (видимий димний шлейф за соплом двигунів), бенз(а)пірен. Викид дренованого палива в атмосферу авіаційними двигунами нормами ІСАО не допускається і повинен виключатися в процесі конструювання нових авіаційних двигунів в повітряних суден наборі ним висоти польоту [46].

Очевидно, що в зоні аеропорту емісія авіадвигуна залежить від режиму його роботи і тривалості роботи на цьому режимі. Найбільш тривалим і екологічно небезпечним є режим малого газу. Значення величини тяги на цьому режимі для сучасних авіадвигунів складає 3 %...9 % від її максимального значення R_0 .

Для типового сучасного двигуна залежність емісії шкідливих речовин від режиму його роботи має наступний вигляд (рисунок 5.1).

Кількісною характеристикою емісії авіаційного двигуна (АД) є його індекс емісії EI , який показує, скільки грамів того чи іншого поллютанту (шкідливої речовини) викидається двигуном при згорянні 1 кг пального в камері

двигуна, вимірюється в $\left[\frac{г}{кг} \right]$.

В 1981 році комітет з емісії авіаційних двигунів (ІСАО) розробив та прийняв проект норм на емісію та звів їх в Додаток 16 «Охорона навколишнього середовища».

Норми на емісію встановлюють межу газової емісії оксиду вуглецю (CO), вуглеводнів (CH) та оксидів азоту (NO_x), а також „димлення” авіадвигунів. Знаючи під час сертифікаційних випробувань індекси емісії шкідливих речовин на відповідних режимах роботи двигуна, знаходять контрольний параметр емісії $\frac{M_i}{R_0} \left[\frac{г}{кН} \right]$ випробуваного двигуна, по якому встановлені норми ІСАО. Цей параметр характеризує «ступінь шкідливості» двигуна. В ньому: M_i – маса в грамах викинутої і-тої шкідливої речовини (інгредієнта) за деякий визначений час роботи двигуна, R_0 – зльотна тяга двигуна в кілоньютонах.

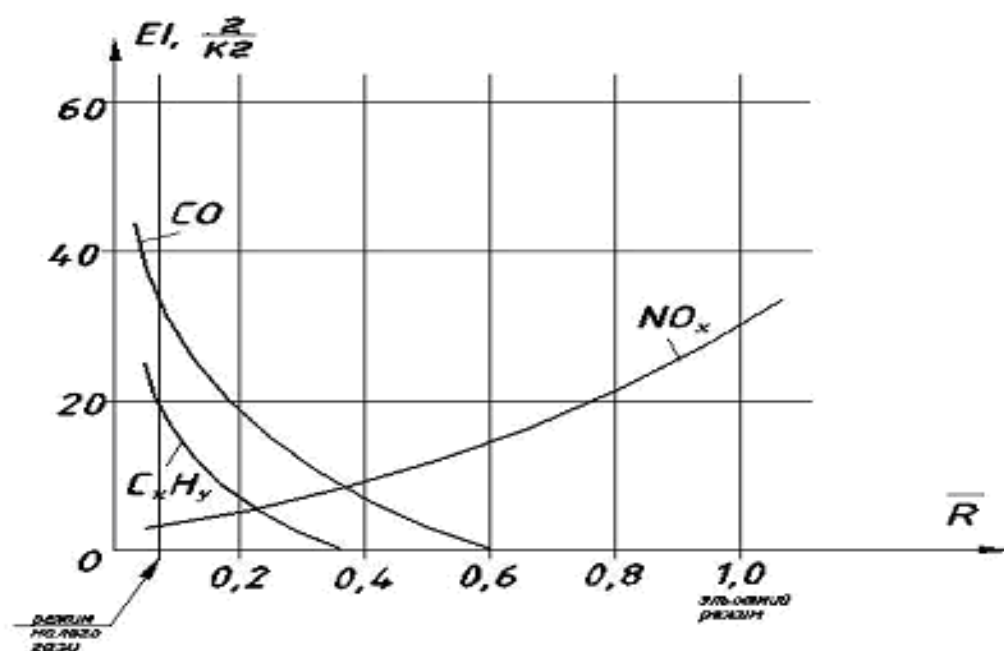


Рисунок 5.1 - Залежність емісії шкідливих речовин від режиму роботи двигуна

Норми ІСАО по контрольному параметру емісії для авіаційних двигунів на сьогоднішній день такі:

$$\frac{M_{CO}}{R_0} = 118 \frac{z}{кН};$$

$$\frac{M_{NO_x}}{R_0} = (40 \dots 80) \frac{z}{кН};$$

$$\frac{M_{C_xH_y}}{R_0} = 19,6 \frac{z}{кН}.$$

Шляхи зниження емісії авіаційних двигунів. Для зниження емісії продуктів неповного згорання палива (СН та СО) при конструюванні необхідно збільшувати коефіцієнт повноти згорання палива, від якого залежить індекс емісії EI_{CO} та EI_{CH} .

Це може досягатися:

- збагаченням паливо-повітряної суміші в зоні горіння;
- збільшенням числа зон горіння в камері згорання, що дозволяє регулювати роботу двигунів шляхом включення або виключення частини форсунок.

Ці конструктивні заходи призводять до зниження питомої витрати палива, тобто поліпшенню економічності авіаційних двигунів, а значить, і до зниження індексів емісії СО і СН [47].

Для зниження емісії оксидів азоту NO_x авіаційними двигунами можуть застосовуватися наступні конструктивні рішення:

- вприскування води в зону горіння;
- застосування двох- та багатозонних камер згорання;
- застосування в камерах згорання каталітичного горіння, при якому температура газів в зоні горіння знижується; збіднення горючої паливно-повітряної суміші.

Також при створенні нових видів палива необхідно враховувати ступінь забруднення довкілля при їхньому спалюванні, досконалість конструкції АД, де ці палива будуть використовуватися.

Експлуатаційні методи зниження емісії шкідливих речовин від авіаційних двигунів ґрунтуються на скороченні тривалості та зміні режимів роботи двигунів в зоні аеропорту на етапі «запуск – руління – зліт – руління після посадки на стоянку».

Зниження емісії шкідливих речовин від авіаційних двигунів в зоні аеропорту може досягатися:

- буксируванням повітряних суден від стоянки до злітно-посадкової смуги;
- рулінням повітряних суден з частиною працюючих двигунів;
- найвигіднішим розподіленням повітряних суден по злітно-посадкових смугах (ЗПС) (при більш ніж одній ЗПС) при їх зльотах та посадках.

Заходи по захисту атмосферного повітря від забруднення також передбачають побудову очисних споруд:

- газоочисні та пилевловлювальні установки;
- мокрі осаджувачі;
- циклонні сепаратори;
- спеціальні фільтри (тканинні, електрофільтри).

5.3 Захист води від забруднення авіаційним транспортом

Основні джерела забруднень водного середовища серед авіапідприємств ЦА – це аеропорти, їхня інфраструктура та приписана до них техніка. Джерелами виробничих стічних вод в аеропортах є:

- будівлі та споруди з технічного обслуговування літаків (авіаційно-технічні бази, допоміжні виробництва та інші);
- будівлі та споруди з технічного обслуговування літаків (авіаційно-технічні бази, допоміжні виробництва та інші);
- будівлі та споруди підсобних приміщень (склади, автобази, пожежні депо, котельні та інші).

Основними джерелами господарсько-побутових стоків є:

- аеровокзали, готелі, їдальні, служби бортхарчування;
- авіамістечка, що розташовані поблизу аеропортів.

Джерелами забруднення водоймищ також є поверхневий стік. До основних джерел забруднення поверхневого стоку відносяться територія авіаційно-технічних баз; ділянки для доводочних робіт, мийки та обробки літаків рідинами проти обледеніння (Арктика); перон та привокзальна площа; приміщення служб ПММ та інші [48].

В стічних водах аеропортів та інших авіапідприємств містяться: бензол, ацетон, нафтопродукти, кислоти, луги, розчинені метали (з'єднання алюмінію, берилію та хрому) та інші забруднюючі речовини, а також отрутохімікати. Для поверхневого стоку з території аеропортів характерна наявність мінеральних домішок, нафтопродуктів, розчинених, органічних домішок та азотоутворюючих речовин.

Стічні води потребують очищення та знешкодження від органічних та неорганічних забруднень. Очистка стічних вод включає наступні процеси: видалення зважених плаваючих речовин, грубо-дисперсних та колоїдних домішок, біологічну переробку та дезінфекцію. Очистка буває механічна та біологічна. Під час механічного очищення відбувається розділення рідкої та твердої фаз стічних вод пісколовками, затримуючими решітками, відстійниками, септиками. За допомогою цих пристроїв можна виловити до 30% забруднень. Принцип біологічного очищення заключається в тому, що наявні у стічних водах органічні речовини, які залишилися після механічного очищення, руйнуються бактеріями в умовах забезпечення стоків великою кількістю кисню. До систем біологічного очищення стічних вод відносяться: аутотенки, зрошувальні поля, поля фільтрації та біологічні водойми. Для очищення води від токсичних металів використовують спеціальні технологічні, реагентні, електрохімічні, іонообмінні та комбіновані методи.

5.4 Захист ґрунтів від забруднення авіаційним транспортом

В умовах інтенсифікації авіатранспортних процесів, широкого використання хімічних речовин для утримання аеродромів і техніки в ґрунт аеродромів, заводів та інших підприємств ЦА надходять в значних кількостях хімічні речовини. Дослідження свідчать, що рівень забруднення ґрунтів в аеропортах та заводах достатньо високий. На 1 м^2 ґрунту припадає до 200...250 г органічних та неорганічних хімічних речовин штучного походження. В районі аеропортів ґрунт забруднений свинцем, який утворюється при згорянні автомобільного палива. У верхніх шарах ґрунту поблизу аеропортів концентрація свинцю складає приблизно 0,5 г на кг ґрунту та вище. Також дуже сильно забруднюється ґрунт через витік та скидання палива. Доля вуглеводнів в загальному об'ємі забруднюючих речовин складає приблизно 75...80 %. Окрім того, в процесі експлуатації авіапідприємств утворюються тверді відходи [49].

Негативні наслідки забруднення. Всі вищезазначені види забруднення негативно впливають на довкілля. Органічні з'єднання металів при надходженні в навколишнє середовище становлять серйозну загрозу життю та здоров'ю людей, оскільки ці з'єднання характеризуються високою летючістю, що сприяє розповсюдженню забруднюючих речовин на великі території. Сильне забруднення ґрунтів нафтопродуктами призводить до зниження урожаїв або повної загибелі рослин. Тверді шкідливі відходи підвищують смертність та викликають серйозні захворювання у населення навколишніх територій.

Захист ґрунтів. Для захисту ґрунтів необхідно: розробити жорсткі нормативи граничної кількості накопичення, застосування токсичних відходів на території авіапідприємств та заходи щодо їх безпечного зберігання. Сміття, відходи необхідно не захороняти (тому що мпри цьому не змінюється їх небезпека), а переробляти, наприклад, Японія успішно переробляє понад 50 % сміття. Утилізувати сміття можна біологічним методом (компостування), коли знешкодження відбувається за рахунок мікробактеріального біохімічного

розпаду органічних речовин. Також досить ефективний біотермічний метод (закладання в парники, спалювання сміття на спеціальних заводах). Енергію, що виділяється при цьому, можна пустити на обігрів приміщень, електропостачання. Також необхідно запровадити сортування сміття: частину спалювати, частину компостувати, а такі відходи, як резина, пластмас, лакофарбові покриття необхідно знищувати шляхом високотемпературного спалювання та подальшого зберігання на спеціальних полігонах.

5.5 Авіаційний шум та способи захисту від нього

Джерелами шуму та інфразвуку є тверді, рідкі, газоподібні тіла, що коливаються. Інфразвук випромінюється під час коливання тіл, що мають велику масу та низьку частоту коливань. Джерелами звукового удару є літальні апарати, які рухаються на надзвуковій швидкості та створюють стрибки ущільнення. Рівень звукового тиску (сили звуку) для зручності вимірюють в дБ. Звуки, що мають однакові рівні, але різні частоти, по-різному сприймаються людиною. Для зіставлення подразливого впливу звукових хвиль різних рівнів і частот введений рівень шуму PNL (скорочення англійських слів „perceived noise level”), що вимірюється в PNдБ [50].

Важливе значення має також тривалість дії шуму, для врахування якої введено ефективний рівень шуму EPNL (скорочення англійських слів „effective perceived noise level”), що вимірюється в EPNдБ.

ІКАО на основі накопиченого досвіду впровадила міжнародний стандарт, згідно з яким на льотному полі вибирають три позиції (рисунок 5.2), в яких вимірюється рівень шуму ЛА: позиція 1 – при розбігу на відстані 450 м від осі ЗПС; позиція 2 – при набірній висоті 500 м на відстані 6500 м від початку розбігу; позиція 3 – при зниженні на посадку на відстані 2000 м до початку ЗПС.

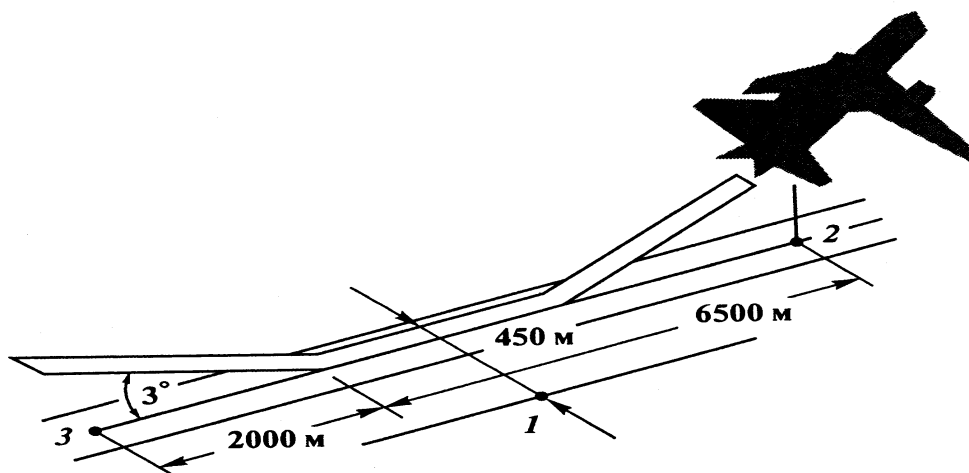


Рисунок 5.2 - Позиції на льотному полі, в яких вимірюється рівень шуму

Допустимий рівень шуму залежить від злітної маси ЛА, кількості двигунів, траєкторії польоту; максимальне значення не повинно перевищувати 108 ЕРНдБ.

Негативний вплив шуму. При рівнях звукового тиску в 140 дБ людина відчуває фізичну біль у вухах. Це так званий „больовий поріг”, перевищення котрого на 20 дБ може призвести до розриву барабанної перепонки, а від так – до глухоти. Авіаційний шум спричиняє негативний вплив на льотно-технічний склад, що безпосередньо пов’язаний з експлуатацією авіаційної техніки; пасажирів; робітників підприємств ЦА; населення, що проживає поблизу аеропорту. Інфразвук також негативно впливає на всі живі організми, адже під дією звукових коливань низької частоти, внутрішні органи також починають коливатися з частотою, яка відповідає частоті збуджуючої сили, з’являються неприємні відчуття в області живота та грудної клітини. Вплив звукового удару може викликати у людини та тварини страх, переляк, пробудження від сну [51].

Методи зниження шкідливого впливу шуму, інфразвуку та звукового удару на навколишнє середовище. Основним джерелом шуму літальних апаратів є їхні силові установки (СУ), тому найбільш ефективні методи зменшення шумового забруднення середовища пов’язані з вдосконаленням авіаційних

двигунів, їх робочого процесу, конструкції, використання засобів шумоглушіння. Необхідно також враховувати компонування двигуна на ЛА.

Заходизі зниження рівня шуму та інфразвуку на авіапідприємствах:

- відмова від руління літаків з працюючими двигунами;
- організація спеціальних служб для контролю за рівнем шуму;
- зменшення загального часу роботи СУ;
- заміна застарілої авіаційної техніки;
- забезпечення раціонального режиму праці та відпочинку працівників;
- при побудові нових аеропортів необхідно враховувати відстань до густонаселених пунктів, наявні траси польоту, рельєф місцевості, метеоумови, типи літаків, що будуть обслуговуватися;

- побудова шумоглушительних ангарів з метою звукоізоляції джерела звуку або інфразвуку;

- застосування стаціонарних та пересувних аеродромних глушників шуму, акустичних екранів;

- використання звукопоглинальних та звукоізолюючих матеріалів в конструкціях ЛА та при побудові аеропортів (зокрема, залів очікування та робочих приміщень для більшого комфорту пасажирів і обслуговуючого персоналу);

- застосування засобів колективного захисту (наушники, вата, спецодяг, шоломи, пояси);

- наявність на авіапідприємстві медпунктів з надання невідкладної допомоги, зокрема, при ушкодження шумом або інфразвуком;

Зменшення рівня впливу звукового удару можна досягти шляхом:

- відмови від використання надзвукових пасажирських літаків;
- розгін до надзвукової швидкості здійснювати лише над незаселеними районами.

5.6 Захист від впливу електромагнітного та іонізуючого випромінювання

Негативний вплив. Найбільшого негативного впливу дії електромагнітних полів (ЕМП) зазнає нервова система, в якій відбуваються виражені зміни: розладнання умовно рефлекторної діяльності, зсуви в електроенцефалограмі, патоморфологічні порушення в головному та спинному мозку. Зміни в нервовій системі викликають зміни в серцево-судинній, ендокринній та інших системах. Вплив ЕМП також викликає катаракту очей. Характер функціональних змін залежить від тривалості опромінення, частоти та параметрів полів, а також від індивідуальних особливостей організму.

Іонізуюче випромінювання є більш згубним, але в ЦА воно зустрічається не так часто, як електромагнітне. В основному, на літаках це - спеціальні датчики, прилади неруйнівного рентгенівського контролю. Таке випромінювання може викликати рак крові, рак щитовидної залози, облісіння, порушення діяльності будь-яких органів, втрату імунітету, різке зменшення тривалості життя. Також радіаційного забруднення зазнає навколишнє середовище.

Захист від електромагнітного та іонізуючого випромінювання. Захистити навколишнє середовище можна наступним чином:

- запровадження жорстких норм випромінювання приладів та обладнання, яке використовується в авіації;
- визначити граничні дози опромінювання та час перебування в зоні опромінювання (особливо це стосується радіоактивного випромінювання);
- територія джерел випромінювання (радіоцентри, радіолокаційні станції) повинна бути огорожена, самі джерела повинні бути розташовані поза населеними пунктами з виконанням умов, що забезпечують досягнення встановлених для них в санітарних нормах гранично допустимих рівнів випромінювання;

- зниження потужності джерел випромінювання шляхом запровадження нових технологій, конструкційних вдосконалень (наприклад, більш точне наведення антени);
- запровадження кордону санітарно-захисної смуги, де напруженість електричного поля менше 1 кВ/м;
- екранування об'єктів захисту;
- застосування засобів попереджувальної сигналізації та індивідуального захисту;
- проведення регулярних медичних оглядів обслуговуючого персоналу.

5.7 Забруднення навколишнього середовища при аваріях та катастрофах

Авіація, її діяльність є складним, багатофункціональним процесом, що вимагає врахування багатьох факторів та чинників, великої відповідальності, організованості, уважності. Але хоча ЦА є досить безпечним видом транспорту, проте і тут відбуваються аварії, катастрофи, різні інші інциденти, в результаті яких значного негативного впливу зазнає довкілля. При цьому здійснюється комплексний інтенсивний вплив: забруднюються повітря, вода, ґрунти, можливі електромагнітне та радіаційне опромінення. Але найжахливіше те, що при таких інцидентах гине велика кількість людей. Тому на будь-якому авіапідприємстві для ліквідації аварій та катастроф необхідно забезпечити діяльність аварійно-рятувальних служб, до складу яких входять [52]:

- пожежно-рятувальні служби;
- пошуково-рятувальні служби
- служби перевезення;
- медичні служби;
- служби спецавтотранспорту;

- відділ внутрішніх справ аеропорту;
 - служби, що забезпечують зв'язок;
 - служби, підрозділи яких здійснюють знезараження території;
 - служби охорони (для попередження терактів, незаконного проникнення на територію аеропорту);
- митні служби, служби контролю (для попередження потрапляння вибухівки та інших небезпечних предметів на борт ЛА).

Всі вищезазначені служби повинні проходити постійні тренування для того, щоб забезпечити швидку та ефективну ліквідацію різних інцидентів, які становитимуть загрозу життю та здоров'ю людини та безпеку для довкілля.

5.8 Екологічна ситуація при азотуванні титанових сплавів

Рідини та гази що застосовуються при азотуванні, як правило, відносяться до категорії шкідливих, пожежонебезпечних і вибухонебезпечних речовин. Тому, працюючи з ними, необхідно ретельно дотримуватись всіх спеціальних інструкцій з техніки безпеки, охорони праці і протипожежних заходів.

Процес азотування титанових сплавів є досить шкідливим і може нанести великої шкоди навколишньому середовищу. Для запобігання цього на території авіапідприємства обов'язково повинен бути передбачений цех утилізації відходів, куди будуть відправлятися усі відходи після азотування (забруднені рідини, спирто-ацетонова суміш, целофан, серветки, залишки тканини від вакуумних мішків та інші відходи).

У процесі підготовки титану перед азотуванням у повітря приміщень виділяється пил, стружка; при мокрому прибиранні підлог пил та стружка може потрапити у воду. Для захисту водойм і ґрунту від забруднення стічними водами необхідно передбачити оборотну систему водопостачання, що дозволяє скоротити споживання води на виробничі витрати.

5.9 Природоохоронне законодавство України

Вирішення проблем природокористування, регулювання процесів взаємодії суспільства з природою здійснюється на основі відповідного екологічного законодавства.

Початком дії природоохоронного права в Україні можна вважати січень 1988 року, коли була прийнята "Постанова про докорінну перебудову справи охорони природи в Україні". Була поставлена мета рішуче перейти від адміністративних до переважно екологічних комплексних методів управління природоохоронною діяльністю [53].

Важливе значення для забезпечення екологічних вимог у всіх сферах людської діяльності має закон України "Про охорону навколишнього природного середовища" від 25 червня 1991 року. Закон визначає пріоритетність вимог екологічної безпеки, обов'язковість додержання екологічних стандартів, лімітів незалежно від сфери господарювання, необхідність збереження просторової видової різноманітності та цілісності природних об'єктів і комплексів, гарантування екологічно безпечного середовища для життя та здоров'я людей, науково обґрунтоване узгодження екологічних, економічних і соціальних інтересів суспільства.

Нормативно-правову основу захисту атмосфери складає прийнятий 16 жовтня 1992 року закон України "Про охорону атмосферного повітря". Основні вимоги цього закону спрямовані на запобігання хімічного та біологічного забруднення атмосфери, а також фізичного та механічного впливу на атмосферне повітря. Важливе значення для підприємств цивільної авіації має проблема відвернення і зниження шуму транспортних засобів.

У разі порушення підприємствами цивільної авіації законодавства про охорону навколишнього природного середовища їхня діяльність може бути тимчасово припинена або заборонена на основі затвердженого Верховною Радою

України 29 жовтня 1992 року "Порядку обмеження, тимчасової заборони (зупинення) чи припинення діяльності підприємств, установ, організацій і об'єктів".

Серед нормативно-правових актів, спрямованих на виконання екологічних вимог виключно підприємствами цивільної авіації, слід відмітити затверджений Верховною Радою України 4 травня 1993 року "Повітряний кодекс України", який визначає зобов'язання підрядчика та експлуатанта щодо охорони навколишнього середовища при розвідуванні, будівництві, реконструкції та експлуатації об'єктів, при впровадженні нових технологій в цивільній авіації. Повітряний кодекс визначає також загальні положення щодо захисту від шкідливого шумового впливу польотів повітряних суден цивільної авіації та емісії шкідливих речовин авіаційних двигунів.

Правила сертифікації повітряних суден та захист від шуму і нормування емісії авіаційних двигунів визначені згідно з документами Міжнародної організації цивільної авіації (ІСАО) - Додатком 16 " Охорона навколишнього середовища "

Фундаментом для нового природоохоронного законодавства став закон України "Про підприємства", затверджений Верховною Радою України 27 березня 1991 р. Закон закріпив принципи здійснення підприємством природоохоронних заходів за рахунок власних коштів та кредитів

Правова охорона землі регулюється головним чином "Земельним кодексом України". Земельне законодавство чітко визначає порядок надання земель в користування і їхнє вилучення. Зафіксовані конкретні правові вимоги, які відносяться до організації землекористування на підприємствах цивільної авіації.

Використання водних об'єктів підприємствами цивільної авіації здійснюється згідно з „Водним кодексом України”. Водне законодавство регулює порядок надання водних об'єктів для загального і соціального водокористування і визначає підстави для припинення права користування водою, встановлює

правові вимоги, що стосуються конкретних видів водокористування, у тому числі транспортного водокористування. "Водним кодексом України" передбачається комплекс вимог, які визначають обов'язки водокористувачів щодо раціонального використання водних ресурсів.

З метою забезпечення ядерної безпеки та виконання вимог утилізації радіоактивних відходів при роботі з джерелами іонізуючого випромінювання Верховною Радою України були прийняті закони України "Про використання ядерної енергії та радіаційну безпеку" від 8 лютого 1995 року та "Про поводження з радіоактивними відходами" від 30 червня 1995 року.

Важливе значення у справі забезпечення екологічної безпеки, охорони довкілля, раціонального використання і відтворення природних ресурсів, захисту екологічних прав та інтересів громадян має прийнятий Верховною Радою України 9 лютого 1995 року "Закон України про екологічну експертизу".

Таким чином, підсумовуючи все вище зазначене діяльність авіації супроводжується значним впливом на довкілля. Але забруднюється не лише навколишнє середовище, найголовніше – це загибель людей. Варто завжди пам'ятати, що: „Людина, її життя і здоров'я, честь і гідність, недоторканість і безпека визнаються в Україні найвищою соціальною цінністю” (Конституції України, стаття 3). Цим правилом потрібно користуватися постійно, впроваджувати такі міри і заходи, які б сприяли б комфортній і безпечній роботі та відпочинку людини. Необхідно прийняти всі відповідні закони, взаємодіяти з іншими державами з питань охорони життя людини та довкілля. На всіх підприємствах, організаціях та фірмах необхідно проводити роз'яснювальну роботу, здійснювати відрахування у фонд захисту навколишнього середовища, кошти з якого фірми витрачали б на ліквідацію або попередження наслідків свого негативного впливу на довкілля та здоров'я своїх співробітників.

Велику увагу необхідно приділяти реалізації маловідходних процесів виробництва, зокрема, це:

- комплексна переробка сировини, при якій одержують максимальний вихід продукції на кожній стадії переробки сировини та мінімальну кількість відходів;
- застосування мікробіологічних методів очищення;
- впровадження безстічних та замкнених систем водопостачання;
- утилізація відходів виробництва споживання, які являють собою повторні матеріальні ресурси;
- створення територіально-промислових комплексів з замкненим технологічним циклом матеріальних потоків сировини і відходів;
- впровадження нових технологій, які відрізняються мінімальною кількістю технологічних стадій та устаткування, а також високою ефективністю виробництва.

Окрім того, необхідно приймати нові стандарти щодо раціонального природокористування, які встановлювали жорсткіші норми викидів забруднюючих речовин, тривалості роботи обслуговуючого персоналу з небезпечними для життя і здоров'я органічними і неорганічними сполуками та інше (наприклад, сертифікація на відповідність стандартів ISO серій 9000, 9001, 9004 та ISO 19011) [54].

Не потрібно забувати, що людина підвласна законам природи. Але, пізнавши закони природи і суспільства і розумно їх застосовуючи, вона може використовувати і поліпшувати природу на своє благо. Адже охорона природи – це охорона людини.

Висновок до розділу 5

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

Кількість стічних вод і їх склад змінюються протягом доби, тижня, місяця. Для ряду виробничих процесів характерний залповий скид сильно концентрованих стічних вод. Найбільшу небезпеку для водних об'єктів становлять стоки з території аеропорту: передангарного та доводневого майданчиків, складів паливо-мастильних матеріалів, майданчиків для миття.

Поверхневі стоки з територій транспортних підприємств містять рідкі нафтопродукти, залишки миючих, дезінфікуючих, антиобмерзаючих і протижеледних реагентів, формувальних сумішей, розчинів, використовуваних у металообробці, відпрацьовані електроліти акумуляторних батарей, продукти руйнування штучних покриттів і зносу шин.

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

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

Для зниження викидів продуктів парів при виготовленні рідини необхідно розробляти нові гідравлічні рідини, від якого залежить чистота навколишнього середовища. Це може досягатися застосуванням нової рідини на біологічній основі. Ці новітні рідини призведуть до зниження викидів шкідливих парів в атмосферу, тобто поліпшенню навколишнього середовища.

ОСНОВНІ ВИСНОВКИ

Аналізуючи методи відновлення деталей авіаційної техніки, можна сказати, що аргонодугове наплавлення є альтернативним методом відновлення монорельсів у випадку, якщо інші методи, такі як газотермічне напилення, можуть бути неефективними через високий знос.

Аналіз випробувальних установок показує, що під час виконання експериментів по зносостійкості покриттів на титановому сплаві ВТ-22 необхідно використовувати установку, що імітує фретинг-корозію за ГОСТ 23.211-80 і моделюючу установку, що імітує контакт і навантаження, що з'являються на рейках механізації крила літаків в процесі експлуатації.

Після проведення дослідів зносостійкості наплавок СП-15 і ВТ-22 в умовах контактного динамічного навантаження і фретинг-корозії можна сказати, що наплавлення СП-15 і ВТ-22 мають більш високу зносостійкість у порівнянні з основою титанового сплаву. В ході експериментів по фретинг-корозії зносостійкість СП-15 в 2,2 рази вище в порівнянні з матеріалом основи. В ході експериментів по контактному динамічному навантаженню зносостійкість наплавлення СП-15 в 4 рази вище в порівнянні з матеріалом основи рейки. В ході експериментів на фретинг-корозію та контактного динамічного навантаження зносостійкість наплавок СП-15 на 20-25 % перевищує зносостійкість наплавки ВТ-22.

Зносостійкість газотермічного молибдену в 2 рази вище в порівнянні з наплавками СП-15 і ВТ-22 при експериментах на фретинг-корозію і контактне динамічне навантаження. Але й аналіз показує, що термічне напилення молибдену може бути ефективним, тільки якщо товщина покриття від 0,4 до 0,6 мм. Аргоно-дугова наплавка може бути використана для більшої глибини і має міцність приклеювання вище, ніж теплові напилення покриттів. Отже, при пошкодженні рейки глибиною більше 0,6 мм неефективно використовувати термічне напилення як метод відновлення. Аргоно-дугова наплавка СП-15 більш ефективна як матеріал для відновлення зрізних рейок понад 0,6 мм.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Xie, H.; Jiang, B.; He, J.; Xia, X.; Pan, F. Lubrication performance of MoS₂ and SiO₂ nanoparticles as lubricant additives in magnesium alloy-steel contacts. *Tribol. Int.* 2016, 93, 63–70.
2. Gulzar, M.; Masjuki, H.H.; Varman, M.; Kalam, M.A.; Mufti, R.A.; Zulkifli, N.W.M.; Yunus, R.; Zahid, R. Improving the AW/EP ability of chemically modified palm oil by adding CuO and MoS₂ nanoparticles. *Tribol. Int.* 2015, 88, 271–279.
3. Kocjan, A.; Logar, M.; Shen, Z. The agglomeration, coalescence and sliding of nanoparticles, leading to the rapid sintering of zirconia nanoceramics. *Sci. Rep.* 2017, 7, 2541.
4. Голего Н.Л., Алябьев А.Я., Шевеля В.В. Фреттинг-коррозия металлов. – К.: Техника, 1974. – 272 с.
5. Алябьев А.Я., Духота А.И. Влияние условий виброконтактного нагружения на изнашивание титановых сплавов при фреттинг-коррозии // Трение и износ. – 1982. Т. III, №5. – С. 821 – 826.
6. Wang, L.; Wang, B.; Wang, X.; Liu, W. Tribological investigation of CaF₂ nanocrystals as grease additives. *Tribol. Int.* 2007, 40, 1179–1185.
7. Оцуки Юкио, Акикава Наофуми. Применение титановых сплавов в ГТД авиационного и промышленного назначения. *Kinzoku // Metal and Technol.* – 1998. – 68, №12. P. 72 – 75.
8. Металознавство та термічна обробка чорних та кольорових металів: підруч. для студ. вузів / Борис Петрович Серета; В.о. Запоріж. держ. інженерна акад.– Запоріжжя: ЗДІА, 2008.– 302 с.– 300 пр.– Бібліогр.: с. 300—301 . — ISBN 966-84620-5-0
9. Кузьмин Б. А. Металлургия, металловедение и конструкционные материалы [Текст]: учебн. для мех. и машиностроительных техникумов /

Кузьмин Б. А., Самохоцкий А. И. — 3-е изд., перераб. и доп. — М. : Высшая школа, 1984. — 256 с.

10. Выполнить исследование работоспособности защитных покрытий и упрочняющих технологий для восстановления рельсов механизации крыла самолета. Отчет по НИР №133Х – 92 / Науч. рук. П.В. Назаренко К.: КИИГА, 1992. – 44с.

11. Металознавство і термічна обробка зварних з'єднань: курс лекцій для студ. спец. 7.092301 «Технологія і устаткування зварювання» ден. і заоч. форм навчання / Л. В. Плеханова; В.о. Донбас. держ. машинобуд. акад.– Краматорськ: ДДМА, 2009.– 120 с.– 40 пр. — ISBN 966-379-321-4

12. Verilli M.J., Gastelli M.G. Thermo mechanical fatigue behavior of materials // ASTM. – 1996. – Vol. 2. – 390 p.

13. Waterhouse R.B., Trowsdale A.J. Residual stress and surface roughness in fretting fatigue // Int. Conf. Front Tribol. J. Phys. D.: Appl. Phys. – 1992. – Vol. 25, №1. – P. 236 – 239.

14. Sun N.P. The dilamination theory of wear // Wear. – 1973. № 25.– P. 111–124.

15. Jahanmir S., Sun N.P., Abrahamson E.P. Microscopic observation of the wear shell formation by delamination – Wear 1974. – 28. – P. 235 – 249.

16. Fernando U.S., Webster K., Waterhouse R.B. The development of friction force in fretting contacts // International Tribology Conference. – Jokohama. – 1995. – p.184.

17. Металознавство високотемпературної технології нерознімних з'єднань: монографія / В. М. Радзієвський, А. Ф. Будник, В. Б. Юскаєв, Сум. держ. ун-т; Відп. за вип. А. Ф. Будник.– Суми: Сум. держ. ун-т, 2011.– 254 с. : іл.– 300 пр. — Бібліогр.: с. 241—254 .– ISBN 978-966-657-395-0

18. Шевеля В.В.,В.П. Олександренко. – Хмельницький: ХНУ, 2006. 278 с.

19. Шевеля В.В., Колда И.В. Фреттинг-усталость металлов. – Хмельницький: Поділля, 1998. – 278 с.

20. Лященко Б.А., Рутковий А.В., Міриненко В.І., Петренко А.М. Газобразивна стійкість титанового сплаву VT-20 з вакуум-плазмовими покриттями // Проблеми трибології. – 2004. №2. – С. 142 – 148.

21. Глосарій термінів з хімії // Й. Опейда, О. Швайка. Ін-т фізико-органічної хімії та вуглехімії ім. Л. М. Литвиненка НАН України, Донецький національний університет — Донецьк: «Вебер», 2008. — 758 с. ISBN 978-966-335-206-0 (С.?)

22. Гірничий енциклопедичний словник : у 3 т / за ред. В. С. Білецького. — Д. : Східний видавничий дім, 2001—2004.

23. https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A3%D0%BD%D1%96%D0%B2%D0%B5%D1%80%D1%81%D0%B0%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D0%B8%D0%B9_%D1%81%D0%BB%D0%BE%D0%B2%D0%BD%D0%B8%D0%BA-%D0%B5%D0%BD%D1%86%D0%B8%D0%BA%D0%BB%D0%BE%D0%BF%D0%B5%D0%B4%D1%96%D1%8F

24. Бялік О. М. Металознавство: Підручник / О. М. Бялік, В. С. Черненко, В. М. Писаренко, Ю. Н. Москаленко. — 2-ге вид., перероб. і доп. — К.: Політехніка, 2006. — 384 с. ISBN 966-622-090-3

25. Матеріалознавство. 1. Основи виробництва конструкційних матеріалів та металознавство: Навчальний посібник для вузів / В. І. Большаков, А. М. Лук'янська, Л. І. Котова. — К. : [б. в.], 1993. — 238 с.

26. Словарь справочник по трению, изнашиванию и смазке деталей машин / В.Д. Зозуля, Е.Л. Шведков, Д.Я. Ровинский и др.; - 2 изд. перераб. и доп. — К.: Наук. думка, 1990. — 264 с. (АН УССР Ин-т проблем материаловедения)

27. Білецький В. С., Смирнов В. О. Моделювання процесів збагачення корисних копалин: (Монографія) — Донецьк: Східний видавничий дім, 2013.- 304 с.

28. Адлер Ю.П., Маркова Е.В., Грановский Ю.В. Планирование эксперимента при оптимальных условиях. – 2-е изд. – М.: Наука, 1991. – 254с.

29. Шевеля В.В, Колда Г.С, Олександренко В.П. О природе повышения фреттингостойкости стали некоторыми видами поверхностной обработки // Трение и износ. – 2004 (25). - №2. – С. 140 -147.

30. Сергеев П. В., Білецький В. С. Комп'ютерне моделювання технологічних процесів переробки корисних копалин (практикум) — Маріуполь: Східний видавничий дім, 2016. — 119 с. ISBN 978—966 — 317—258– 3

31. Колда Г.С., Шевеля В.В, Дворук В.І., Радченко О.В. Моделювання зношування при фреттинг-корозії металів // Вісн. Технолог. ун-т Поділля. – Хмельницький: ТУП, 1999. - №2. – С. 6 – 10.

32. Запорожец В.В. Динамические характеристики прочности поверхностных слев и их оценка // Трение и износ. – 1980. – Т. 1, № 4. – С. 602 – 609.

33. Л.А. Буріченко, В.Д. Гулевець Охорона праці в авіації / За ред. Л.А. Буріченка. – К.: НАУ, 2003. – 448 С.

34. Протоєрейський О.С., Запорожець О.І. Охорона праці в галузі: Навч. посіб. – К.: НАУ, 2005. – 268 С.

35. Ісаєнко В.М., Криворотько В.М., Франчук Г.М. Екологія та охорона навколишнього середовища // Дипломне проектування: Навч. посіб. – К.: НАУ, 2005. – 192 С.

36. Бойчук Ю. Д. Шульга М. В. Основи екології та екологічного права. Навч. посіб. Суми; Київ: Університетська книга, 2005.

37. Довідник чинних міжнародних договорів України у сфері охорони довкілля : / [А. Андрусевич, Н. Андрусевич, З. Козак]. — Львів: ресурс.-аналіт. центр «Суспільство і довкілля», 2009. — 203 с. — Вид. за сприяння Канад. фонду підтримки місц. ініціатив.

38. Європейське право навколишнього середовища: Навч. посіб. / М. М. Микієвич, Н. І. Андрусевич, Т. О. Будякова; Львів. нац. ун-т ім. І.Франка. — Л., 2004. — 255 с.

39. Закон України «Про охорону навколишнього природного середовища». Закон від 25.06.1991 № 1264 — XII. Кодекс України «Про надра». Закон. Кодекс від 27.07.1994 № 132/94 — ВР.

40. ДНАОП 0.03-3.14-85 Санітарні норми допустимих рівнів шуму на робочих місцях №3223-85.-М., 1985.

41. ГОСТ12.1.012-90 ССБТ. Вибрационная безопасность. Общие требования. -М., 1990.

42. ГОСТ 12.1.028-80 ССБТ. Шум. Определение шумовых характеристик источников шума. Ориентировочный метод (СТ СЭВ 1413-78). -М., 1980.

43. ГОСТ 12.1.029-80 ССБТ. Средства, и методы защиты от шума. Классификация (СТ СЭВ 1928-79). -М., 1980.

44. ДСТУ 2867-94 Шум. Методи оцінювання виробничого шумонавантаження. Загальні вимоги. - К., 1994.

45. ДСТУ 3010-95 Обладнання для кондиціонування повітря та вентиляції. Методи визначення шумових характеристик кондиціонерів. - К., 1995.

46. Основи екології та охорона навколишнього природного середовища: Навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл. / Я. І. Бедрій, В. С. Джигирей, А. І. Кидисюк, В. І. Конарський, О. С. Мурін, П. І. Огринський, В. М. Сторожук, М. І. Шевченко; ред.: В. С. Джигирей; Укр. держ. лісотехн. ун-т. — Л., 1999. — 239 с. — Бібліогр.: 14 назв.

47. ДНАОП 0.03-1.65-79 Санітарні правила робота з джерелами невикористаного рентгенівського випромінювання №1960-79.

48. ГОСТ 12.2.006-87 ССБТ. Безопасность аппаратуры электронной сетевой и сходных с ней устройств, предназначенных для бытового и аналогичного общего применения. Общие требования и методы испытаний.

49. ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов.

50. ГОСТ 12.1.013-78 ССБТ. Строительство. Электробезопасность. Общие требования.

51. ГОСТ 12.1.030-81 ССБТ. Электробезопасность. Защитное заземление, зануление.

52. ДНАОП 0.00-8.02-93 Перелік робіт з підвищеною небезпекою.

53. ДСТУ 2817-94 (ГОСТ 12.2.007.6-93) Система стандартів безпеки праці. Апарати електричні комутаційні на напругу до 1000 В. Вимоги безпеки.

54. Природоохоронні технології: навч. посіб. / [Северин Л. І. та ін.] ; Вінниц. нац. техн. ун-т. — Вінниця: ВНТУ, 2012— . — 21 см.