

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Кафедра підтримання льотної придатності повітряних суден

ДОПУСТИТИ ДО ЗАХИСТУ
Завідувач кафедри
канд. техн. наук, доц.
_____ О.В. Попов
«__» _____ 2020 р.

ДИПЛОМНА РОБОТА
(ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА)

ВИПУСКНИКА ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ
«МАГІСТР»

Тема: «Методика підвищення надійності та ресурсу агрегатів гідравлічної системи повітряних суден»

Виконав: _____ **Кравченко С.С.**

Керівник: канд. наук, доц. _____ **Ю.П. Пучков**

Консультанти з окремих розділів пояснювальної записки:

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

охорона навколишнього середовища:
канд. біолог. наук, доц. _____ **В.Д. Савицький**

Нормоконтролер _____

Київ 2020

НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Аерокосмічний факультет

Кафедра підтримання льотної придатності повітряних суден

Освітній ступень «Магістр»

Спеціальність 272 «Авіаційний транспорт»

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

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

канд. техн. наук, доц.

_____ О.В. Попов

«__» _____ 2019 р.

ЗАВДАННЯ

**на виконання дипломної роботи
Сергія Сергійовича КРАВЧЕНКА**

1. Тема роботи: **«Методика підвищення надійності та ресурсу агрегатів гідравлічної системи повітряних суден»**
затверджено наказом ректора від 2 листопада 2019 року № 2676/ст.
2. Термін виконання роботи: з 14 жовтня 2019 року по 29 грудня 2019 року та з 20 січня 2020 року по 09 лютого 2020 року.
3. Вихідні дані до роботи: статистичні дані з результатів експлуатації повітряних суден, нормативно-правова документація з підтримання льотної придатності авіаційної техніки, вимоги та умови виконання робіт з технічного обслуговування виробів авіаційної техніки.
4. Зміст пояснювальної записки: аналіз існуючої нормативно-правової документації з підтримання льотної придатності авіаційної техніки; структура та вимоги щодо регулювання системи підтримання льотної придатності авіаційної техніки; дослідження методів поверхневого відновлювання та ремонту деталей насосу; методика підвищення надійності та ресурсу агрегатів, розробка заходів щодо охорони праці і навколишнього середовища.
5. Перелік обов'язкового графічного (ілюстративного) матеріалу: схема досліджень, результати аналізу надійності гідравлічної система літака Іл-76, принципові схеми та характеристики наплення, установки для визначення параметрів плазмового наплення, загальні висновки.

Графічний (ілюстративний) матеріал виконано із застосуванням Microsoft Office Power Point та надано у вигляді листів.

6. Календарний план-графік

Завдання	Термін виконання	Відмітка про виконання
Ознайомлення з нормативно-правовою документацією з підтримання льотної придатності авіаційної техніки	18.10 – 23.10.2019 р.	
Дослідження шляхів удосконалення підтримання льотної придатності повітряних суден на основі отриманих даних при дослідках	25.10 – 02.11.2019 р.	
Вивчення гідравлічної системи та доцільність їх використання для підвищення підтримання льотної придатності	03.11 – 09.11.2019 р.	
Розробка специфікацій інформаційного забезпечення задач технічної експлуатації авіаційної техніки	10.11 – 21.11.2019 р.	
Розробка методики розрахунку вхідних магістралей об'ємних насосів змінної подачі, що дозволяє визначити виникнення кавітації	22.11 – 27.11.2019 р.	
Виконання окремих розділів роботи: охорона праці, охорона навколишнього середовища	28.11 – 10.12.2019 р.	
Оформлення пояснювальної записки та ілюстративного матеріалу	11.12 – 19.01.2020 р.	
Попередній захист дипломної роботи	20.01 – 24.01.2020 р.	

7. Консультанти по окремим розділам

Розділ	Консультант	Дата, підпис	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Охорона праці	Канд. техн. наук, доцент Казанець В.І.		
Охорона навколишнього середовища	Канд. біолог. наук, доцент Савицький В.Д.		

8. Дата видачі завдання: «__»_____2019 року.

Керівник дипломної роботи _____

Завдання прийняв до виконання _____

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до дипломної роботи: « Методика підвищення надійності та ресурсу агрегатів гідравлічної системи повітряних суден »:

106 с., 30 рис., 7 табл., 21 джерел

Об'єкт дослідження – технічний стан, відмови і несправності конструктивних елементів гідравлічної системи.

Предмет дослідження – пари тертя в аксіально-плунжерних насосах гідравлічної системи літака.

Мета дипломної роботи – розроблення відносно дешевих технологій плазмових електролітичних та композиційно-електролітичних покриттів для деталей та вузлів тертя.

Метод дослідження:

- метод статичного дослідження надійності елементів гідравлічної системи;
- метод плазмового напилення зносостійкими матеріалами;
- метод експериментальних досліджень та обробка отриманих результатів;
- метод математичного моделювання.

Практичне значення результатів дипломного проекту визначається збільшенням ресурсу вузлів тертя, збереженням надійності та довговічності.

Матеріали дипломної роботи рекомендується використовувати в практичній діяльності спеціалістів з відновлення авіаційної техніки, технічно – експлуатаційних частинах та ремонтних заводах.

ЗБЕРЕЖЕННЯ НАДІЙНОСТІ, ВУЗЛИ ТЕРТЯ ГІДРАВЛІЧНОЇ СИСТЕМИ ЛІТАКА, ПОВЕРХНЕВЕ ЗМІЦНЕННЯ, ВІДНОВЛЕННЯ ДЕТАЛЕЙ, МЕТОД ПОЛІМЕРНИХ ПОКРИТТІВ

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ, УМНОВНИХ ПОЗНАК

ОДИНИЦЬ І ТЕРМІНІВ.....

ВСТУП

1 АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ НАДІЙНОСТІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ЛІТАКА Іл-76.....

1.1 Загальні відомості про літак Іл-76.....

1.2 Аналіз результатів надійності експлуатації ПС.....

1.3 Розподіл відмов за типами та системами ПС Іл-76.....

1.4 Вимоги нормативних документів до гідравлічної системи літака.....

1.5 Гідравлічна система літака Іл-76.....

1.6 Дефекти і відмови гідросистеми.....

1.6.1 Гідронасос НП-89. Опис і робота.....

1.7 Розрахунок показників надійності гідравлічної системи літака Іл-76.....

1.8 Мета і задачі дослідження.....

Висновки до розділу 1.....

2 МЕТОДИ ПОВЕРХНЕВОГО ЗМІЦНЕННЯ

ТА ВІДНОВЛЕННЯ ДЕТАЛЕЙ.....

2.1 Основні методи поверхневого зміцнення та відновлення деталей.....

2.1.1 Поверхнєве пластичне деформування.....

2.1.2 Комбіновані методи поверхневого зміцнення.....

2.1.3 Гальванічні і електролітичні покриття.....

2.1.4 Композиційні електромеханічні покриття.....

2.1.5 Хіміко-термічна обробка.....

2.1.6 Електроконтактне припікання металевих порошків.....

2.1.7 Наплавлення.....

2.1.8 Газотермічні методи.....

2.1.9 Електроіскрове легування.....

2.1.10 Іонно – променева технологія.....	
2.1.11 Електро – променеве оброблення.....	
2.1.12 Іонна імплантація.....	
2.1.13 Полімерні покриття.....	
2.1.14 Лазерна обробка.....	
Висновки до розділу 2.....	
3 ОСНОВНІ МЕТОДИ ПІДВИЩЕННЯ ЗНОСОСТІЙКІСТІ ДЕТАЛЕЙ ТА АГРЕГАТИВ ГІДРАВЛІЧНОЇ СИСТЕМИ.....	
3.1 Характерні зношення деталей та агрегатів гідравлічної системи.....	
3.2 Особливості метода нанесення покриттів напиленням.....	
3.3 Плазмове напилення поверхні.....	
Висновки до розділу 3.....	
4 МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ ПО ПЛАЗМОВОМУ НАПИЛЕННЮ ПОКРИТТІВ.....	
4.1 Експериментальне обладнання та робочі матеріали.....	
4.1.1 Обґрунтування вибору робочих матеріалів напилення для напилення.....	
4.1.2 Методика визначення швидкостей газової і дисперсної фаз плазмового струменя.....	
4.1.3 Методика дослідження температурних умов процесу.....	
4.1.4 Методика дослідження температурних умов підкладки при формуванні покриття.....	
4.1.5 Методика визначення зносу об абразивно-масляний прошарок.....	
4.2 Визначення оптимальних режимів напилення.....	
4.3 Математична модель струменя плазмотрона.....	
4.3.1 Модель однофазного стаціонарного плазмового струменя.....	
4.3.2 Моделювання руху частинок.....	
Висновки до розділу 4.....	
5 ОХОРОНА ПРАЦІ.....	

5.1	Небезпечні та шкідливі виробничі чинники при ремонті гідравлічної системи літаків типу Іл.....
5.2	Організаційні та технічні заходи по зниженню впливу небезпечних та шкідливих виробничих чинників.....
5.2.1	Розрахунок вентиляції цеху з ремонту гідравлічної системи.....
5.3	Пожежна і вибухова безпека в цеху ремонту гідравлічної системи літака.....
5.4	Інструкція з техніки безпеки у цеху ремонту гідравлічної системи літаків типу Іл.....
5.4.1	Загальні вимоги.....
5.4.2	Спеціальні вимоги перед початком роботи.....
5.4.3	Спеціальні вимоги під час роботи.....
5.4.4	Спеціальні вимоги по закінченні робіт.....
	Висновки до розділу 5.....
6	ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА.....
6.1	Захист навколишнього середовища від забруднення авіаційними відходами.....
6.2	Фільтрування (механічний спосіб доочищення).....
6.3	Засоби очищення стічних вод від нафтопродуктів.....
6.4	Опис роботи очисних споруд в цілому.....
6.5	Екологічна небезпека експлуатації повітряних суден та їх двигунів.....
	Висновки до розділу 6.....
	ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....
	СПИСОК БІБЛІОГРАФІЧНИХ ПОСИЛАНЬ
	ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

АД – авіаційний двигун;
АП – авіаційні пригоди;
АРЗ – авіаремонтний завод;
АСО – абразивно-струменева обробка;
АТ – авіаційна техніка;
ВКН – виробничо-конструктивний недолік;
ДТГА – динамічний термогравіметричний аналіз;
ЕДЗ – електродеформаційне зміцнення;
ЕІЛ – електроіскрове легування;
ЕКПП – електроконтактне припікання порошків;
ЕМН – електромагнітне наплавлення;
ЗПС – злітно-посадкова смуга;
КВТ – каскад високого тиску;
КЕП – композиційні електромеханічні покриття;
ККД – коефіцієнт корисної дії
ЛА – літальний апарат;
МТО – механотермічна обробка;
НМ – напилюваний матеріал;
ППД – поверхнєве пластичне деформування;
ПС – повітряне судно;
РН – руль направлення;
СВЧ – струм високої частоти;
СЗП – служба забезпечення польотом;
ТО – технічне обслуговування;
ХТО – хіміко-термічна обробка;
ЦА – цивільна авіація;

ВСТУП

В даний час зростає роль і значення авіації в рішенні широкого спектра життєво важливих для держави завдань в економічній військово-стратегічній, політичній, соціальної, наукової та культурної сферах. Поглиблюються інтеграційні процеси і міжнародний поділ праці на світовому ринку авіаційних товарів і послуг в області авіації, одночасно загострюється конкурентна боротьба між розвиненими країнами світу з метою завоювання сегментів цього ринку.

Тому проблема забезпечення безпеки польотів набуває особливо важливе соціальне значення.

Виконання програми передбачається в два етапи.

Завдання першого етапу:

- доведення льотно-технічних характеристик повітряних суден до рівня, що відповідає новим міжнародним нормам (по шуму, емісії, аеронавігації), і забезпечення їх конкурентоспроможності. Проведення модифікації експлуатованих повітряних суден;
- вдосконалення законодавчої бази діяльності в галузі авіації та приведення її у відповідність з міжнародними вимогами;
- вдосконалення системи реалізації і післяпродажного обслуговування повітряних суден, впровадження системи обслуговування за технічним станом;
- створення науково-технічну доробку для нового покоління цивільних судів.

Завдання другого етапу:

- розробка науково-технічних рішень з метою забезпечення поліпшення льотно-технічних, економічних та експлуатаційних характеристик авіаційної техніки;
- створення нового покоління цивільної авіаційної техніки, конкурентоспроможної на світовому авіаційному ринку XXI століття.

Безпека польотів, як властивість авіаційної транспортної системи, характеризується рівнем безпеки польотів, який визначається ймовірністю того, що в польоті не виникає катастрофічна ситуація. Під особливою ситуацією

розуміють ситуацію, яка виникає в польоті в результаті впливу окремих несприятливих факторів або їх сполучень і приводить до підвищення ризику неблагополучного завершення польоту. Зазвичай, до таких факторів відносять:

- відмови і несправності окремих елементів або функціональних систем в цілому;
- несприятливі впливу зовнішніх умов;
- недоліки у взаємодії з наземним забезпеченням польотів;
- помилки та порушення пілотами правил експлуатації функціональних систем ПС та пілотування;
- прояв несприятливих і невідомих раніше конструктивних і виробничих особливостей ВС.

Актуальність даної теми

Актуальність теми підтверджена аналізом досвіду експлуатації і стану безпеки польотів цього літака.

Одна з основних проблем, що визначає напрям і темпи розвитку сучасної АТ – підвищення надійності та довговічності вузлів тертя. У комплексі заходів, спрямованих на вирішення цієї проблеми, найбільш значущим є питання забезпечення працездатності деталей, що контактують в ході тертя. Особливо це стосується деталей вузлів тертя, які працюють в умовах найбільш поширених видів зношування, а саме: абразивного, ерозійного, газо- та гідро абразивного, корозійно-механічного і втомного зношування, кавітації, схоплення, фретинг – корозії та ін.

У зв'язку з тим, що при терті основні процеси розвиваються на робочих поверхнях деталей вузла тертя особлива увага приділяється їх поверхневій зносостійкості.

Сучасні технології методів поверхневого зміцнення відкривають необмежені можливості для створення захисних структур, що забезпечують надійну роботу вузлів тертя у найрізноманітніших умовах, а саме: великих навантажень, високих і низьких температур, швидкостей тертя, впливу вібрації, радіації, кавітації, корозійних і абразивних середовищ тощо. Особливо це

стосується деталей вузлів тертя плунжерних насосів гідравлічної системи як одної з основних систем конструкції АТ.

Проведений аналіз численних досліджень дає змогу констатувати, що до основних технологічних методів створення захисних структур триботехнічного призначення відносяться:

- 1) змінювання структури поверхневого прошарку зовнішнім механічним (або тепловим) впливом без зміни його хімічного складу;
- 2) змінювання структури поверхневого прошарку легуванням його різними хімічними елементами;
- 3) нанесення на поверхню тертя покриттів;
- 4) комбінація наведених методів, на сьогоднішній день є найбільш інноваційним.

Метою дипломної роботи є підвищення надійності та ресурсу пар тертя агрегатів паливної системи за допомогою останнього методу з метою найбільш повної відповідності її вимогам норм льотної придатності літаків щодо характеристик живучості, пожежо- та вибухобезпеки, масовим, габаритним характеристикам, ремонтно-, контролепридатності і експлуатаційної технологічності.

РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ НАДІЙНОСТІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ЛІТАКА Іл-76

1.1 Загальні відомості про літак Іл-76

Літак Іл-76 призначений для перевезення великогабаритної техніки і вантажів в стандартній тарі (контейнерах). Експлуатація літака можлива як з бетонованих злітно-посадкових смуг аеродромів, так і з ґрунтових смуг. Літак являє собою вільнонесучий моноплан з високорозташованим стрілоподібним крилом і стрілоподібним хвостовим оперенням, виконаним за Т-образною формою.

Герметична частина фюзеляжу розділена на кабіну екіпажу і вантажну кабіну. Кабіна екіпажу є двопалубний відсік: на верхній палубі розташована кабіна пілотів, на нижній - кабіна штурмана.

Вантажна кабіна має вантажно-розвантажувальне обладнання, яке забезпечує навантаження, розміщення і кріплення техніки й вантажів, допущених до перевезення повітряним транспортом відповідно до діючих норм за масою, габаритними розмірами і особливим властивостям. Крило літака - трапецієподібної форми з подовженням 8,5 і кутом стрілоподібності 25 градусів по лінії $\frac{1}{4}$ хорди. Крило забезпечено потужною злітно-посадковою механізацією, що складається з передкрилків, що охоплюють всю передню кромку, і триланковими, розсувними закрилками, які займають 70% розмаху. Кінцеві перетину кінцевої частини крила зайняті елеронами. На верхній поверхні крила, над закрилками, розташовані спойлери і гальмівні щитки [1].

Спойлери в середній частині крила спільно з елеронами використовуються в якості органів поперечного керування, крім того, спойлери можуть застосовуватися як гасителі підйомної сили при симетричному відхиленні їх на правій і лівій половинах крила. Гальмівні щитки займають кореневу частину крила. Щитки відхиляються тільки при русі по злітно-посадковій смугі (ЗПС) (пробіг, перерваний зліт). У шляховому напрямку застосовується кермо напрямку. Органи поздовжнього балансування і управління використовують кермо висоти і

стабілізатор. Для зменшення шарнірних моментів і балансування по зусиллям кермо висоти забезпечене тримерами, а кермо напрямку і елерони - пружинними сервокомпенсаторами і тримерами.

Система управління рулями, елеронами і спойлерами - бустерна, виконана за незворотною схемою. Управління кермом висоти і напрямку та елеронами здійснюється за допомогою автономних рульових машин. Спойлери відхиляються гідравлічними приводами. У разі крайньої необхідності система управління кермом висоти, елеронами і кермом напрямку дозволяє перейти на безбустерне - пряме управління. Управління гальмівними щитками, передкрилками і закрилками електрогідравлічне, управління стабілізатором - електричне.

Під крилом, на пілонах, встановлені чотири турбореактивні двигуни Д-30КП. Двигуни двоконтурні, двокаскадні, з пристроєм для реверсування тяги. В обтікачах лівих, головних опор шасі розміщена допоміжна силова установка, яка використовується для повітряного запуску двигунів, роботи системи кондиціонування на землі, а також для забезпечення бортсеті електроенергією змінного і постійного струму [1].

Літак обладнаний багатоколісним, п'ятиопорним шасі, що складається з чотирьох головних опор з чотирма гальмівними колесами на кожній опорі при тиску в шинах 0,45...0,5 МПа. На амортизаційній стійці передньої опори встановлено чотири колеса при тиску в шинах 0,55...0,6 МПа.

Гідросистема літака забезпечує управління прибиранням і випуском шасі, гальмуванням коліс головних опор, поворот коліс передньої опори, передкрилками, закрилками, спойлерами, гальмівними щитками, вхідними дверима, стулками вантажного люка, хвостовою опорою і склоочисниками і складається з двох самостійних систем.

Противообліднювальна система забезпечує захист від обмерзання передкрилків, носків горизонтального і вертикального оперення, повітрязбірників, вхідних направляючих апаратів і коків двигунів, приймачів повного тиску і датчиків кутів атаки.

Завантаження в літак техніки і вантажів здійснюється через люк в хвостовій частині фюзеляжу по відхиляючійся рампі. Несамохідна техніка і вантажі завантажуються за допомогою електротельферів і лебідок, самохідна - власним ходом.

За рівнем льотних характеристик Іл-76 належить до категорії літаків, у яких забезпечується безпечне завершення або припинення зльоту в разі відмови одного двигуна на розбігу, а також безпечне завершення польоту і виконання посадки з одним або двома непрацюючими двигунами.

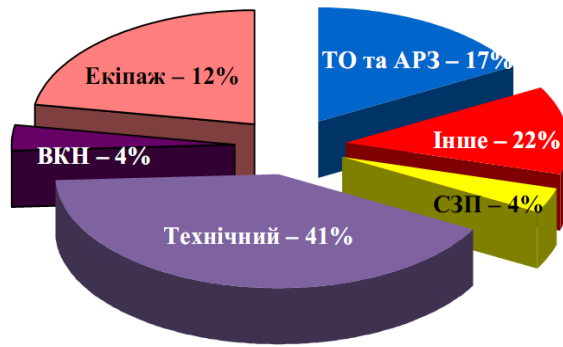
При базуванні на бетонованих аеродромах літак Іл-76 з максимальною злітною масою 170000 кг забезпечує перевезення максимальної маси корисного навантаження 47000 кг на практичну дальність 3000 км; 20 000 кг корисної маси навантаження літак перевозить на відстань 6500 км.

Режим, відповідний мінімальному кілометровому витраті палива, забезпечується при польоті "по стелях" на швидкості крейсерського режиму 750...800 км/год , на висоті 9...12 км і режимі роботи двигунів при частоті обертання ротора каскаду високого тиску (КВТ) дорівнює 10120 об / хв.

Такі якості та можливості літака Іл-76 дозволяють його широко використовувати для перевезення вантажів і техніки в багатьох регіонах нашої країни і за кордоном, в тому числі з аеродромів, що мають порівняно невеликі по довжині ЗПС [3].

1.2 Аналіз результатів надійності експлуатації ПС

Результати аналізу надійності й досвід експлуатації авіаційними спеціалістами з ТО не використовуються, тому й повторюються помилки при експлуатації ПС, що знижує якість ТО. Зібравши інформацію з різних джерел можливо зобразити розподіл АП та інцидентів по факторах на рисунку 1.1



ТО та АРЗ – технічне обслуговування та авіаремонтний завод;

ВКН – виробничо-конструктивний недолік;

СЗП - служби забезпечення польотів;

Технічний – технічні відмови;

Інше – середовище, персонал замовника

Рисунок 1.1 - Розподіл АП та інцидентів по факторам

Аналіз технічного стану ПС, які надходять в ремонт, показує, що в даний час недостатньо уваги приділяється збереженню цілісності конструкції в процесі експлуатації, це призводить до чисельних корозійних пошкоджень обшивки фюзеляжу та тріщин елементів конструкцій, що впливає на рівень безпеки польотів, а також значно підвищує матеріальні та почасові витрати на їх усунення при ремонті[2].

Низькою є якість виконання технічне обслуговування (ТО) авіаційно-ремонтними підприємствами. Майже кожна п'ята подія (17%) відбувається з причини недоліків у технічному обслуговуванні і ремонті авіаційної техніки.

Зберігається велика кількість (41%) подій, викликаних відмовами авіаційної техніки, що свідчить про недостатній рівень підтримання льотної придатності та технічного контролю в процесі експлуатації.

1.3 Розподіл відмов за типами та системами Іл-76

За звітний період надійшла інформація про результати експлуатації літаків Іл-76 загальне напрацювання яких склало 2483,27 год.

Відомості про відмови систем літака Іл-76 надані в таблиці 1.1, а порівняння відсотку розподіл відмов за видами обладнання за 2010-2014 роки на рисунку 1.2.

Таблиця 1.1 - Відомості про відмови систем Іл-76

Найменування системи	Всього	В польоті	Складові елементи, які відмовили
021 - Система кондиціонування повітря	3	0	СКВ; МПК-13А-5
022 - Обладнання автоуправління польотом	1	0	пульт САУ
023 - Обладнання зв'язку	3	0	батарея "Прибой" Р-855УМ
024 - Система електропостачання	2	0	блок БРН208М7Б; ВУ-6А
026 - Пожежне обладнання	4	0	датчик ДПС 2
027 - Система керування повітряним судном	1	0	СЛМ-61
028 - Паливна система	6	0	пожежний кран СУ
029 - Гідравлічна система	2	0	потертості дюриту передньої правої основної стійки шасі; малий тиск азота в г/системі
031 - Приладне обладнання	2	0	ВБЭ-2; ДКУ-26Р
032 - Шасі	1	0	УА-54-2
033 - Освітлення та світлова сигналізація	8	0	СМИ-2КМ; АЗС "Освітлення робочого місця б/радиста і б/інженера"; ЛФСМ-28
034 - Пілотажно-навігаційне обладнання	2	0	ЗСД-75
073 - Паливна система	1	0	НР-30КП
074 - Система запалювання	2	0	СКНА-22-2А; СП-0,6
076 - Система управління двигуном	1	0	КВ ПКТ-6М "ВНА раб."
079 - Масляна система	1	0	трубка суфлювання

080 - Система запуску	2	0	ТКЕ 52; ЭМТ-713
110 - Радіоапаратура літаководіння	5	0	ПП-5М; бл.8Г (КП2)
113 - Радіоапаратура розпізнавання, сповіщення й активної відповіді	1	0	IVA-81D системи TCAS
118 - Комплекси функціонального зв'язку	1	0	мікрофон в КМ-114М
132 - Десантно-транспортне обладнання	1	0	задній лівий тельфер на вивантажувачу
142 - Бортові засоби контролю польот.даних	2	0	УП2-2; МЛП-14-6
ЗАГАЛОМ	56	1	

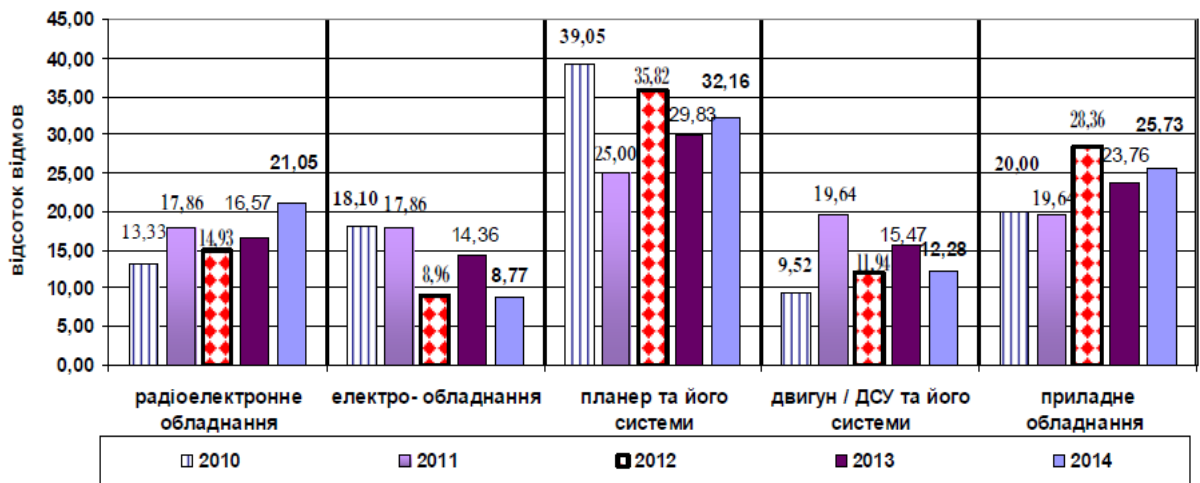
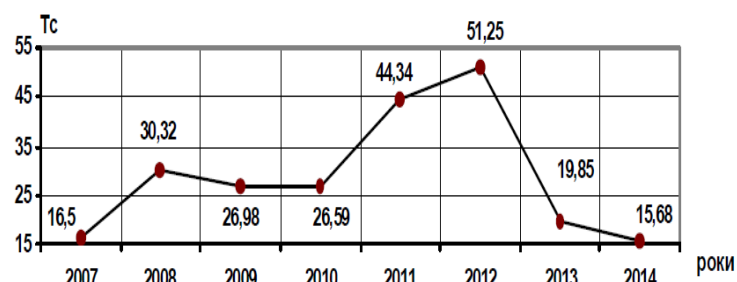
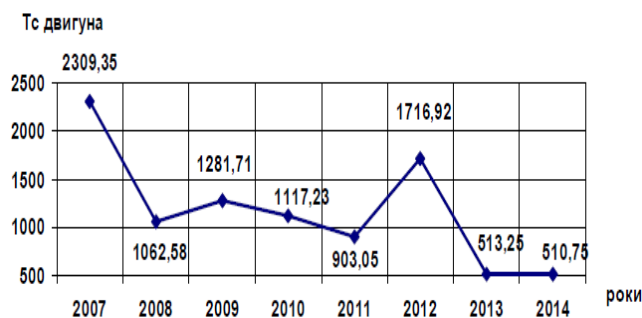


Рисунок 1.2 - Порівняння відсотку відмов за системами обладнання у 2010-2014 роках

Показники надійності літаків Іл-76 $T_c = 44,34$, $K_{1000h} = 0,4$, що відповідає контрольному рівню, який було рекомендовано на 2014 рік.

Динаміка змінювання T_c для літаків та авіадвигунів за 2010-2014 років надана на рисунку 1.3.





а)

б)

Рисунок 1.3 - Характер змінювання T_c АД (а) і ПС (б)

Характерні несправності ПС, що були виявлені при ТО на Іл-76:

- корозійні пошкодження по передньому лонжерону крила, гайок кріплення вузлів навіски двері, на поличках рами під встановлення акумуляторів;
- численні корозійні пошкодження обшивки фюзеляжу (в місцях встановлення кришок люків датчиків паливомірів, навісок дверей, панелей зализів фюзеляжу, на вантажній рампі), а також у відсіку хвостової опори, механізму замка убраного положення хвостової опори;
- корозія в районі верхнього обтікувача, стабілізатора й нижнього вузла навіски рулю напрямку РН;
- відмова елементів системи кондиціонування УРВК-18, МПК-13А5, ЕП309Т, ВВР-5415Т, 5395Т;
- відмова елементів системи електропостачання та приладного обладнання ПТ-12БЦ, БРН-208М7Б, ВУ-6А, ДС-11, ЕУП-53, РП-7, ВБЕ-2;
- тиск азоту в гідроакумуляторі не відповідає ТУ;
- зношення гальмівних дисків КТ-158.030, люфт шарового вкладишу на тязі розвороту лівої основної опори шасі, руйнування гумових рукавів шасі;
- корозія елементів маслонасосу МН-4Б та РВ-6Б ДСУ ТА-6А [2].

1.2 Вимоги нормативних документів до гідравлічної системи літака

Гідросистеми повинні бути сконструйовані таким чином, щоб в очікуваних умовах експлуатації забезпечувалося надійне виконання функцій живлення приводів, що входять в інші системи літака, на всіх режимах, на яких робота зазначених приводів передбачається .

Потужність джерел тиску гідросистеми повинна бути достатньою для забезпечення працездатності систем-споживачів при найбільш несприятливому поєднанні їх одночасної роботи відповідно до Керівництва з льотної експлуатації. Коли частина цієї потужності знімається з гідравлічного акумулятора, його енергоємність повинна бути достатньою для виконання потрібного числа робочих циклів (операцій) з необхідними інтервалами часу між ними.

В кабіні екіпажу повинні бути передбачені:

- засоби контролю тиску в кожній системі;
- сигналізація або засоби контролю кількості робочої рідини і тиску наддуву в гідробаку;
- сигналізація про відмову кожної системи;
- сигналізація (контроль) включення аварійних джерел. Повинні бути передбачені заходи, що виключають перевищення.

Гідросистеми не повинні викликати пожежі або вибуху на літаку і повинні задовольняти застосовним до них вимогам пожежної безпеки.

Для захисту агрегатів систем від відмов і несправностей через забруднення рідини системи повинні бути обладнані фільтрами очищення з відсічними і пропускними пристроями. Елементи гідросистеми повинні бути виконані, встановлені або (і) захищені таким чином , щоб у разі витoku:

- а) токсична гідросуміш або її пари в концентрації, що перевищує допустиму, не могли проникнути в кабіни екіпажу і пасажирів;
- б) потрапляння нетоксичної рідини в кабіни екіпажу і пасажирів не приводило до ситуації гірше ускладнення умов польоту.

Гідросистеми повинні бути виконані за принципом резервування. Кратність резервування гідросистеми повинна визначатися вимогами , що пред'являються до

обслуговуваних ними споживачам , з метою забезпечення виконання вимог в частині живлення споживачів [4].

Повинні проводитися випробування агрегатів, сполучної арматури і трубопроводів систем на герметичність, на міцність і щільність (опресовування) і на руйнування, а також випробування системи на герметичність.

1.3 Гідравлічна система літака Іл-76

Гідравлічна система на літаку Іл-76 призначена для виконання наступних робіт:

- прибирання і випуску шасі;
- гальмування коліс головних опор шасі;
- повороту коліс носової опори шасі;
- прибирання і випуску передкрилків і закрилків;
- відкриття та закриття входних дверей;
- управління рампою, гермостворкой і стулками вантажного люка;
- управління хвостовою опорою;
- управління спойлерами і гальмівними щитками;
- управління склоочисниками.

Рулі та елерони, керовані бустерами, мають автономні електрогідравлічні станції, не пов'язані з гідросистемою літака .

Гідравлічна система літака ділиться на дві самостійні і незалежні одна від одної системи № 1 і 2.

Кожна гідравлічна система до споживачів має наступні агрегати зображені на рисунок 1.4 гідробак, чотири рознімних клапана, два гідронасоси НП89, два дроселя постійної витрати НУ-5810-40М1, зворотні клапани, радіатор, зливний і лінійні фільтри, гідроаккумулятор А5579-0-3, запобіжний клапан ГА186М, реле тиску

ГА-135Т-00-155, сепаратор, насосну станцію НС51А (гідромотор, насос, регулятор оборотів і запобіжний клапан), датчик манометра МИ-8 і датчик термометра ТУЭ-48

Конструкцією передбачено, що багато споживачів живляться одночасно від обох гідросистем, отримуючи, приблизно, по половині потужності від кожної [4].

Це підвищує надійність їх роботи, так як при виході з ладу однієї з систем споживач продовжує одержувати живлення від іншої системи.

Робочий тиск в гідросистемі 210 МПа. В якості робочої рідини застосовується гідравлічне масло АМГ-10. В гідросистему заливається близько 200 л рідини.

Джерелами тиску в кожній гідросистемі є два гідронасоси змінної продуктивності НП89, встановлені на двигунах. Насоси гідросистеми № 1 встановлено на двигунах - 1 і 2, а гідросистеми № 2 - на двигунах 3 і 4 – у згоди з сертифікації типів ПС ЦА;

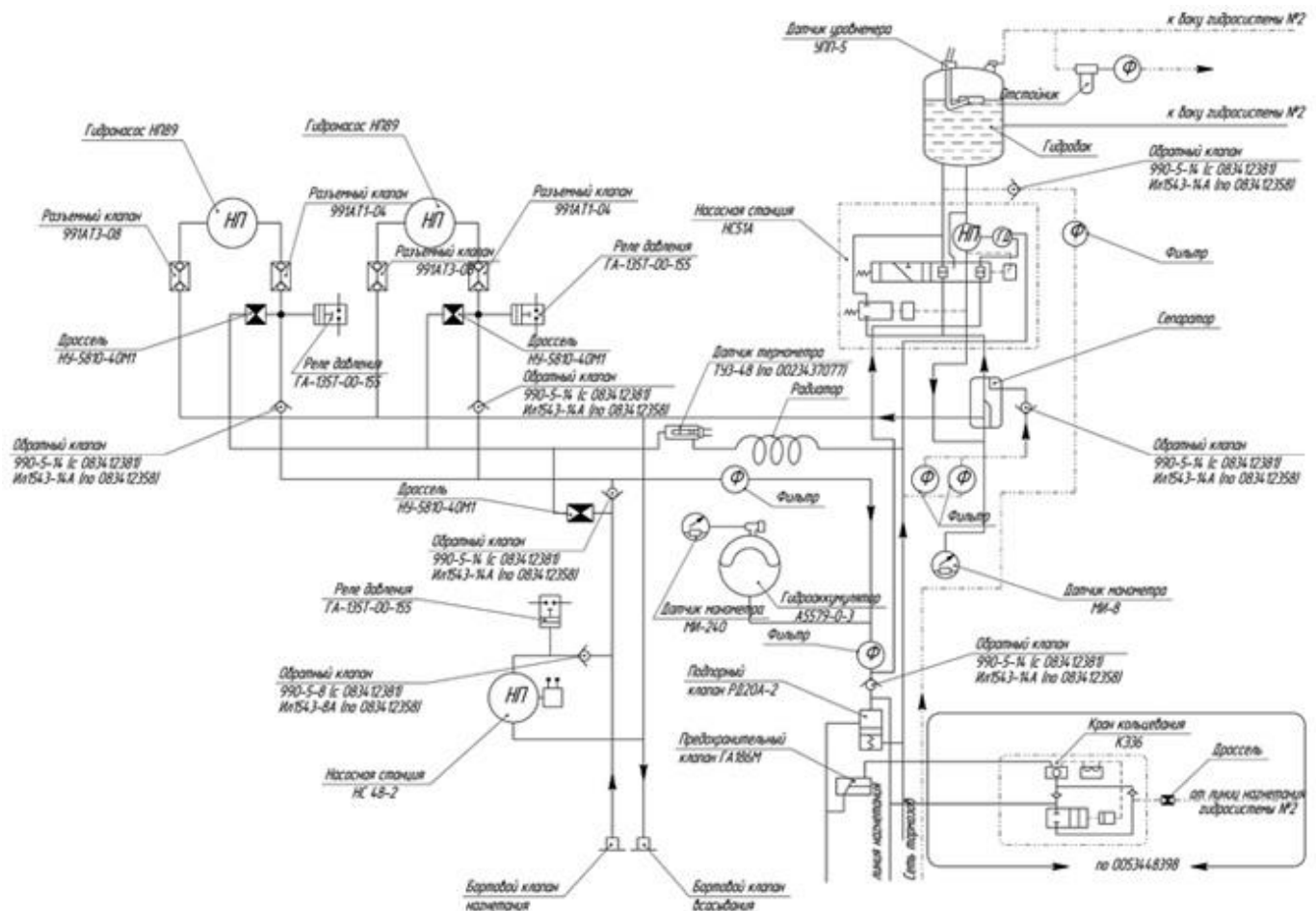


Рисунок 1.4 - Схема контури живлення гідросистеми Іл-76

Гідронасос НП89 має регулятор, який змінює його продуктивність в залежності від тиску в системі. При тиску в системі 210 МПа насос

перекладається на "нульову" (малу) продуктивність. Для запобігання гідронасосів від перегріву під час роботи з малою продуктивністю рідина з ліній нагнітання насосів через дроселі НУ-5810-40М1, що обмежують витрату, надходить в спеціальну лінію, з'єднану з лінією зливу. У цій лінії встановлюється радіатор, що забезпечує охолодження рідини.

При падінні тиску рідини в лінії нагнітання зменшується сила, що діє на золотник, та під дією блоку пружин золотник спільно з повідцем і втулками переміщається вправо, збільшуючи робочий хід плунжерів, а отже, і продуктивність насоса. При тиску рідини нижче 200 МПа - продуктивність насоса стає максимальною.

У лініях всмоктування і нагнітання гідронасосів НП89 встановлюються роз'ємні клапани, що дозволяють виробляти роз'єднання цих ліній без втрати рідини з гідросистеми (при знятті двигуна або гідронасоса). Для підключення наземної гідроустановки з метою створення тиску рідини в гідросистемі кожна гідросистема має бортові клапани всмоктування і нагнітання.

На шляху тиску рідини від насосів до споживачів встановлено два фільтри 8Д2.966.018-2 з тонкістю фільтрації 12...16 мікрон. Фільтри включені послідовно. Для підтримки тиску в системі і зменшення величини пульсацій тиску лініях нагнітання обох гідросистем (між фільтрами) підключається по одному сферичному гідроаккумулятору А5579-0-3.

Азотні порожнини гідроаккумуляторів заряджаються азотом до тиску 75 МПа (при тиску в гідросистемі, що дорівнює нулю). Зарядка азотом здійснюється від наземного джерела тиску [1].

На гідробаку кожної системи встановлений датчик рівноміра УПП-5. Показники кількості рідини в баках розташовані на щитку гідросистеми. Нормальна кількість рідини в кожному баку 16 л. Для контролю за мінімальним і максимальним рівнями рідини в гідробаках (крім показника рівноміра) є електрична сигналізація. Лампи жовтого кольору сигналізації мінімального рівня рідини в гідробаках обох гідросистем розташовані біля вказівника рівнемірів. Лампи червоного кольору сигналізації максимального рівня рідини в гідробаках

розташовані в відсіках задніх головних ніг шасі біля бортових клапанів для підключення наземної гідроустановки.

Лампа сигналізації мінімального рівня рідини загоряється, якщо у відповідному їй баку кількість рідини стане рівним 2 л, а лампа сигналізації максимального рівня загоряється при кількості рідини 28 л, гідробаки мають загальний дренаж з виведенням в вантажну кабіну. У лінії дренажу баків встановлені повітряний фільтр і відстійник.

На гідробаку кожної системи встановлений датчик рівноміра УПП-5. Показчики кількості рідини в баках розташовані на щитку гідросистеми. Нормальна кількість рідини в кожному баку 16 л. Гідросистеми при цьому повинні знаходитися в початковому положенні. Для контролю за мінімальним і максимальним рівнями рідини в гідробаках (крім показчика рівноміра) є електрична сигналізація.

1.6 Дефекти і відмови гідросистеми

Можливі несправності гідросистеми.

1. Порухення герметичності систем № 1 і № 2.

Ознаки:

- поступове зменшення кількості АМГ в баках.

Дії інженера:

- якщо дозволяють умови польоту випустити шасі, механізацію, використовуючи наявний запас рідини;
- виконати посадку на найближчий аеродром.

2. Відмова систем № 1 і № 2.

Ознаки:

- горять табло "миним. УРОВЕНЬ";
- на показчиках "0";
- не горять зелені лампи наявності тиску в гідросистемах;
- не функціонують системи літака обслуговуються гідросистемами.

Дії інженера:

- припинити виконання завдання;

- якщо шасі не випущено, механізація 0/0 °, виконати посадку на фюзеляж;
- якщо шасі, механізація випущені, виконати посадку в даній конфігурації.

3. Відмова гідросистеми № 1.

Ознаки:

- не прибираються (випускаються) передні головні опори шасі;
- не працюють лівий склоочисник, управління фотолюками.

Дії інженера :

- застосувати основний випуск шасі, а потім аварійний .

4. Відмова гідросистеми № 2.

Ознаки:

- не випускаються (прибираються) носова нога і задні головні опори;
- не працює правий склоочисник.

Дії інженера:

- застосувати спочатку основний випуск шасі, потім аварійний.

Примітка. У разі відмови однієї з гідросистем, час випуску (прибирання) механізації, відкриття (закриття) входних дверей, грузолюка, ефективність гальм, спойлерів, гальмівних щитків, управління носової опори знижується в 2 рази [4].

1.6.1 Гідронасос НП-89. Опис і робота

Гідронасос НП89 призначений для створення тиску в гідросистемі. Він є насосом аксіально-плунжерного типу з регульованою продуктивністю і клапанним розподілом робочої рідини. Кріпиться насос НП89 до фланця коробки приводів двигуна.

На корпусі задньої коробки приводів двигуна Д30КП є оброблені фланці, на які кріпляться шпильками і болтами перехідники та агрегати.

Гідронасоси НП89 на перехідники кріпляться за допомогою швидкоз'ємних хомутів. На приводах насосів передбачені граничні муфти, які в разі заклинювання агрегатів зрізаються і оберігають зубчасті передачі від руйнування.

Зубчасті колеса задньої коробки приводів розташовані в порожнинах, утворених переднім і заднім корпусами коробки, корпусом і кришкою перебору турбіни. Зубчасті колеса шийками валиків спираються на кулькові підшипники[4].

Кулькові підшипники зубчастих коліс встановлюються в сталеві обойми які зафіксовані штифтами.

Корпус насоса відлитий зі сплаву АЛ-5. Він має два фланця. Один фланець служить для кріплення насоса, а до другого за допомогою десяти шпильок кріпиться кришка. На корпусі є два гнізда з різьбленням. В одне гніздо утвинчується штуцер всмоктування, а в другу - дренажний штуцер. Внутрішній об'єм корпусу є порожниною всмоктування. Ця порожнина каналом в корпусі повідомлена зі штуцером всмоктування.

Під час роботи двигуна ресора приводить в обертання п'яту. За рахунок скоса п'яти плунжери рухаються зворотно поступально. Під час ходу всмоктування через всмоктувальні вікна порожнини циліндрів блоку заповнюються рідиною. При зворотному ході кожного плунжера після перекриття перепускного вікна втулкою рідина витісняється через зворотний клапан в порожнину нагнітання насоса і далі в лінію нагнітання гідросистеми.

Продуктивність насоса при даному числі оборотів залежить від величини робочого ходу плунжерів. Під величиною робочого ходу плунжера розуміється його хід з моменту перекриття втулкою перепускного отвору плунжера, так як тільки з цього моменту починається нагнітання рідини в порожнину нагнітання насоса. У насосі НП89 величина робочого ходу плунжерів регулюється і залежить від тиску рідини в лінії нагнітання, яке в свою чергу залежить від витрати рідини споживачами[3].

Тиск рідини з порожнини нагнітання підводиться до золотника регулятора продуктивності. При тиску рідини меншому 200 МПа сила, що діє на золотник, не подолає пружність його блоку пружин, і золотник займає положення, що забезпечує максимальну величину робочого ходу плунжерів, а отже, і максимальну продуктивність насосу. При збільшенні тиску понад 200 МПа створюється сила, яка долає пружність блоку пружин золотника, і в міру

збільшення тиску золотник починає переміщатися вліво (рисунок 1.5). Разом з золотником вліво рухаються поводи і втулки плунжерів.

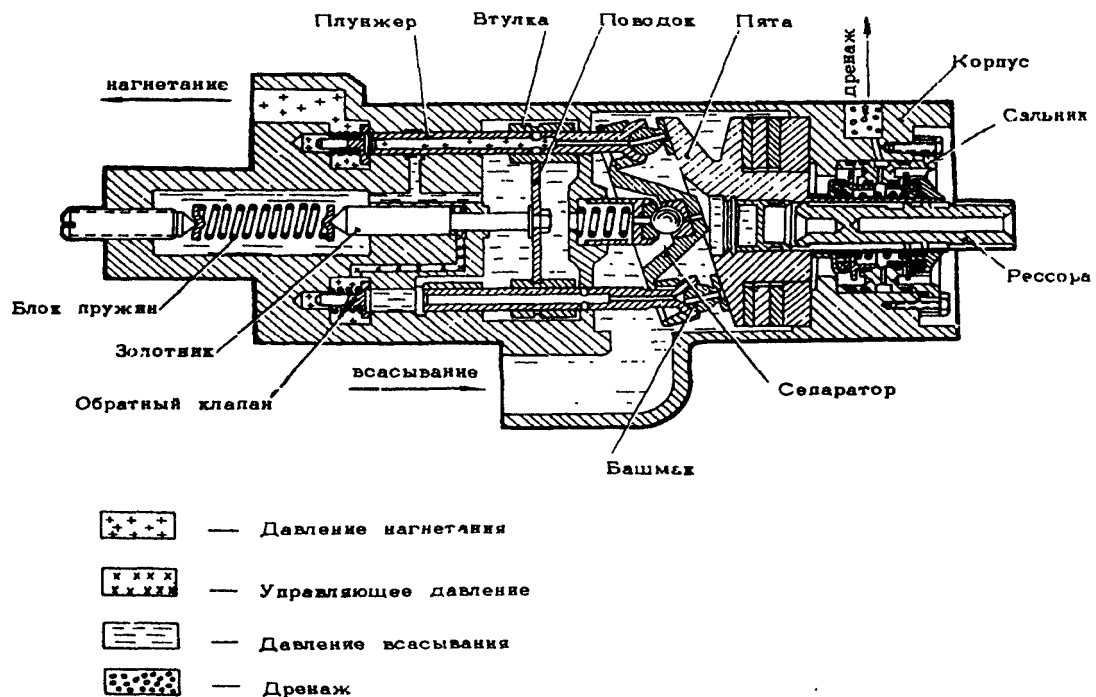


Рисунок 1.5 - Схема роботи гідронасоса НР89

Переміщення втулок плунжерів призводить до зменшення робочого ходу плунжерів, тобто до зменшення продуктивності насоса. Завдяки підключенню до лінії нагнітання спеціальної лінії з дроселем насос не переводиться на нульову продуктивність.

При тиску 210 МПа продуктивність насоса стає рівною $2^{+0,5}$ л / хв.

Робота насоса в цьому випадку з малою, а не нульовий, продуктивністю необхідна для запобігання його від перегріву.

При падінні тиску рідини в лінії нагнітання зменшується сила, що діє на золотник, та під дією блоку пружин золотник спільно з повідцем і втулками переміщається вправо, збільшуючи робочий хід плунжерів, а отже, і продуктивність насоса. При тиску рідини нижче 200 МПа - продуктивність насоса стає максимальною[3].

Дросель постійного тиску НУ-5810 40М1. Дросель забезпечує постійний штучний витік рідини з лінії нагнітання. Кількість рідини, що проходить через

дросель постійної витрати, залежить від величини тиску рідини перед ним. Чим більше тиск в гідросистемі, тим більше проходить рідини через дросель.

1.7 Розрахунок показників надійності гідравлічної системи літака Іл-76

Оцінка основних характеристик надійності використовується шляхом статистичної обробки даних про відмови та наробітки парку ПС, що спостерігаються в польоті та експлуатації.

Для визначення рівня надійності ПС за основними показниками в системі приймаються наробіток на відмову, та коефіцієнт кількості відмов, виявлених в експлуатації на 1000 годин наробітку (або посадок). В таблиці 1.2 вказані напрацювання парку літака Іл-76 за 2010...2014 роки, а в таблиці 1.3 вказані результати розрахунків, на рисунках 1.6, 1.7, 1.8 зображені результати надійності по отриманим даним [2].

Таблиця 1.2 - Напрацювання парку літака Іл-76

Роки	Наліт, годин	Кількість відмов та несправностей (всього)
2010	2792	105
2011	2483	56
2012	6868	134
2013	3593	181
2014	2681	171

Наробіток на відмову:

$$T_c = \frac{N}{n}. \quad (1.1)$$

Коефіцієнт K_{1000n} кількість відмов виявлених :

$$K_{1000n} = \frac{n}{N} \cdot 1000, \quad (1.2)$$

де n – кількість відмов (несправностей), виявлених у компонентах ПС;

N – наробіток за розрахунковий період (кількість посадок).

За 2010 рік:

$$T_c = \frac{N}{n} = \frac{2792}{105} = 26,59;$$

$$K_{1000n} = \frac{n}{N} \cdot 1000 = \frac{105}{2792} \cdot 1000 = 37,6.$$

За 2011 рік:

$$T_c = \frac{N}{n} = \frac{2483}{56} = 44,3;$$

$$K_{1000n} = \frac{n}{N} \cdot 1000 = \frac{56}{2483} \cdot 1000 = 22,5.$$

За 2012 рік:

$$T_c = \frac{N}{n} = \frac{6868}{134} = 51,25;$$

$$K_{1000n} = \frac{n}{N} \cdot 1000 = \frac{134}{6868} \cdot 1000 = 19,5.$$

За 2013 рік:

$$T_c = \frac{N}{n} = \frac{3593}{181} = 19,85;$$

$$K_{1000n} = \frac{n}{N} \cdot 1000 = \frac{181}{3593} \cdot 1000 = 50,37.$$

За 2014 рік:

$$T_c = \frac{N}{n} = \frac{2681}{171} = 15,67;$$

$$K_{1000n} = \frac{n}{N} \cdot 1000 = \frac{171}{2681} \cdot 1000 = 63,78.$$

Таблиця 1.3 - Результати розрахунків експлуатаційної надійності

Роки	T_c	K_{1000n}
2010	26,59	37,6
2011	44,3	22,5
2012	51,25	19,5
2013	19,85	50,37
2014	15,67	63,78

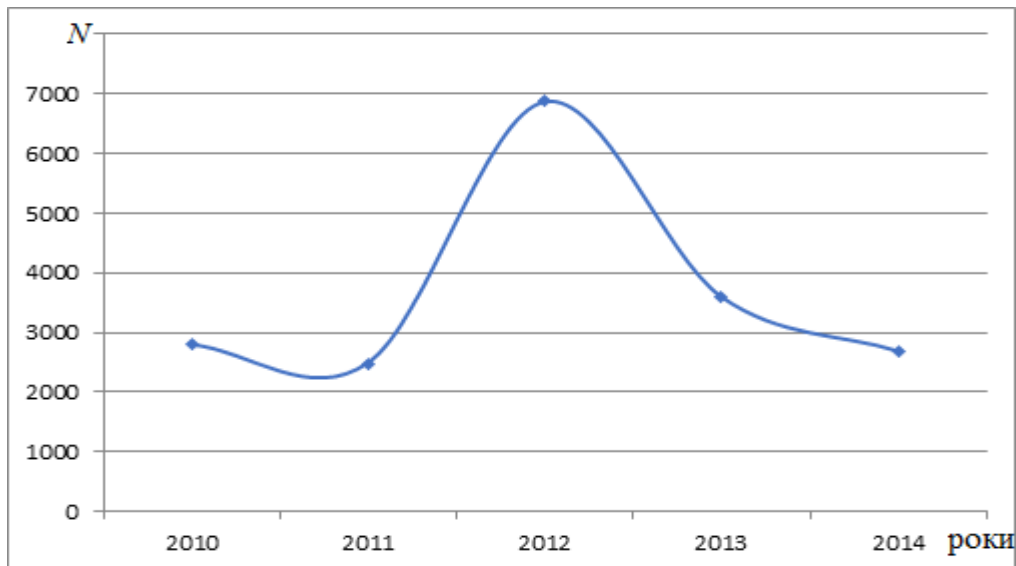


Рисунок 1.6 - Залежність нальоту ПС за роками

З графіка бачимо, що у період з 2010...2012 роки нальот парку літаків Іл-76 збільшується, але за деякий час він знов зменшується, причини такі:

- зношення деталей в процесі експлуатації;
- якість рідини яка заправляється не завжди високоякісна;
- не завжди можуть бути якісні деталі від заводу виробника та ремонтних підприємств.

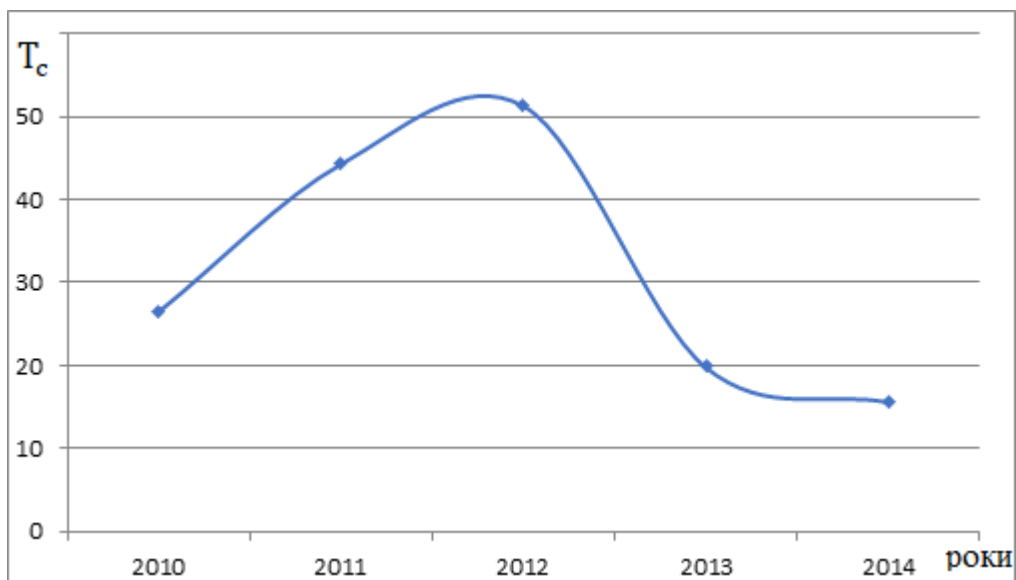


Рисунок 1.7 - Характер змінювання T_c за роками

Проаналізувавши графік зміни T_c за роками можемо говорити що надійність літаку зменшується з того, що літак вже не новий і його експлуатація виконується дуже давно.

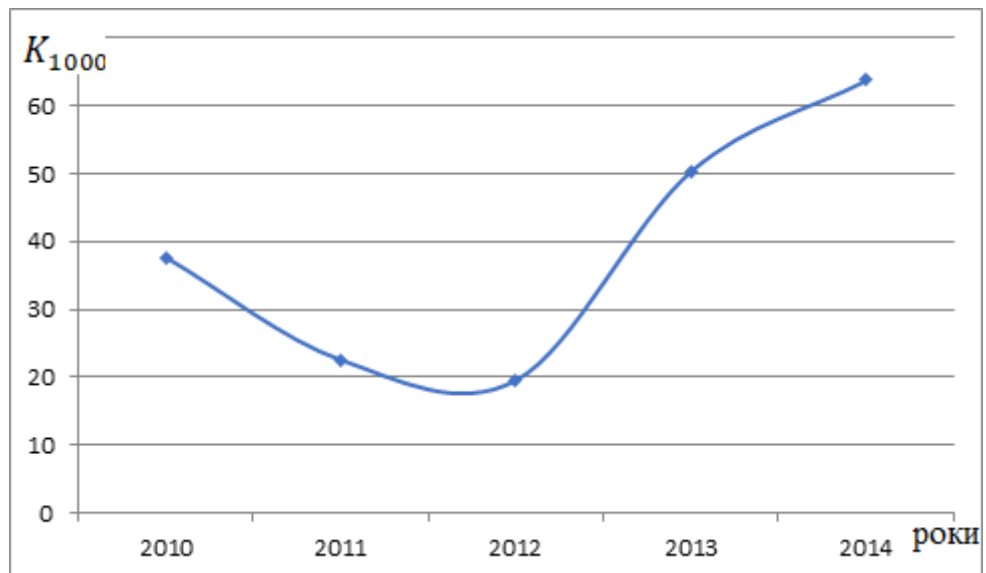


Рисунок 1.8 - Характер змінювання K_{1000n} за роками

Судячи з даного графіку кількість відмов з роками збільшується, надійність гідросистеми зменшується [2].

1.8 Мета і задачі дослідження

Мета досліджень – розроблення відносно дешевих технологій плазмових електролітичних та композиційно-електролітичних покриттів для деталей та вузлів тертя.

Об’єкт дослідження – технічний стан, відмови і несправності конструктивних елементів гідравлічної системи.

Предмет дослідження – пари тертя аксіально-плунжерних насосів гідравлічних системи ЛА.

Метод дослідження:

- метод статичного дослідження надійності елементів гідравлічної системи;
- метод плазмового напилення зносостійкими матеріалами;
- метод експериментальних досліджень та обробка отриманих результатів;
- метод математичного моделювання.

Висновки до розділу 1

В даному розділі був представлений аналіз технічного стану Іл-76, що надходять в ремонт.

Аналізуючи дані отримані від різних джерел можливо зробити висновок, що присутні такі фактори як:

- недостатній рівень підтримання льотної придатності;
- слабкий технічний контроль в процесі експлуатації.

Це можна підтвердити аналізом технічного стану який свідчить, що нараховується 41 % подій з цих факторів.

Показники надійності літаків за деякий період часу відповідають рівням контролю, а саме:

1) Іл-76

Показники надійності літаків Іл-76 $T_c = 44,34$, $K_{1000n} = 0,4$.

Були проведені розрахунки по показникам надійності літака за деякий період часу та аналізу досвіду експлуатації літака Іл-76 і гідравлічної системи. З отриманих кінцевих результатів можливо зробити висновок, як змінюється продуктивність роботи літака. Ми можемо говорити що надійність літаку зменшується з того, що літак вже не новий і його експлуатація дуже давно проводиться, кількість відмов з роками збільшується, надійність гідросистеми зменшується.

Були замічені характерні несправності в ході проведення ТО:

- корозійні пошкодження по передньому лонжерону крила, гайок кріплення вузлів навіски дверей, на поличках рами під встановлення акумуляторів;
- численні корозійні пошкодження обшивки фюзеляжу (в місцях встановлення кришок лючків датчиків паливомірів, навісок дверей, панелей зализів фюзеляжу, на вантажній рампі), а також у відсіку хвостової опори, механізму замка убраного положення хвостової опори;
- корозія в районі верхнього обтікувача, стабілізатора й нижнього вузла навіски рулю напрямку РН;

- тиск азоту в гідроаккумуляторі не відповідає ТУ;
- корозія елементів маслонасосу МН-4Б та РВ-6Б ДСУ ТА-6А.

Виходячи з результатів першого розділу пропонуються декілька методів поверхневого зміцнення та відновлювання деталей для підвищення надійності агрегатів, про які більш детально розглянемо в наступному розділі.

РОЗДІЛ 2

МЕТОДИ ПОВЕРХНЕВОГО ЗМІЦНЕННЯ ТА ВІДНОВЛЕННЯ ДЕТАЛЕЙ

2.1 Основні методи поверхневого зміцнення та відновлення деталей

Аналіз матеріалів розслідування інцидентів з літаками Іл-76, в яких були виявлені відмови і порушення в польоті роботи агрегатів гідросистем показав, що в значній кількості таких подій (не менше 30% досліджених інцидентів) відмова в роботі гідронасоса НІ89 приводив до необхідності вимикати в польоті відповідний двигун. Це відбувалося в зв'язку з попаданням в коробку приводів двигунів Д30КП продуктів руйнування агрегатів гідросистеми. Найчастіше такі продукти утворювалися в зв'язку з руйнуванням ресори гідронасоса в місці її з'єднання з приводом, або у зв'язку із зносом бронзових черевиків насоса в плунжерній парі.

Згідно зі статистикою найбільш характерними відмовами і несправностями гідравлічної системи є пошкодження ресори гідронасоса в місці її з'єднання з приводом, або у зв'язку із зносом бронзових черевиків насоса в плунжерній парі зображених на рисунку 2.1.



а) плунжерна пара



б) корпус, шестерні, втулки

Рисунок 2.1 – Загальний вигляд деталей гідронасоса

Підвищений знос у трибосполученнях може зумовити порушення роботи гідравлічної системи, що, у свою чергу, призводить до перерозподілу

навантажень, а в деяких випадках до відмови в роботі гідронасоса НП-89 що приводить до необхідності вимикати в польоті відповідний двигун. Значну частку (у загальному обсязі відмов) становлять відмови, пов'язані з утомленим руйнуванням, спричиненим нагромадженням пластичної деформації (понад 55 %) та корозійно-механічного зношування (приблизно 20 %). Зношування поверхні пар тертя у плунжерній парі, що приводить до зміни її геометрії і може позначитися на надійності гідравлічної системи ПС в цілому. Все це потребує заходів щодо поліпшення якості поверхневого шару в процесі виготовлення та ремонту поверхонь деталей і вузлів в умовах високих експлуатаційних навантажень [5].

Таким чином, гідравлічна система виходять із ладу через різноманітні поверхневі пошкодження, пов'язані з порушенням геометричних розмірів та погіршенням якості їх поверхневого шару, якому сприяють високі експлуатаційні навантаження. Характер ушкоджень деталей свідчить про те, що причиною масового бракування під час ремонту АТ є локальне зношування, яке характеризується як впливом зовнішнього середовища на конструкцію, різноманітністю видів зношування (механічного, молекулярного, абразивного, ерозійного, кавітаційного, окиснювального), так і сукупністю їх дій. Найбільший вплив із зазначених видів чинить абразивне зношування.

В умовах абразивного зношування взаємодія абразивних частинок з поверхнею тертя деталей, їх працездатність будуть визначатись структурою і фазовим складом матеріалу, твердістю їх робочих поверхонь, межею текучості, модулем пружності, пластичністю, опором на зріз, силами міжатомного зв'язку, а також абразивністю середовища та його агресивністю.

Сучасними тенденціями в виробництві і експлуатації машин і механізмів являється поліпшення їх якісних і економічних показників. Підвищення одного із

основних показників якості машин – довговічності рівноспільно не тільки підвищенням виробництва, але і економії сировини, матеріалів та енергії.

Технологічні процеси поверхневого зміцнення і нанесення покриттів отримують все більше значення як ефективний засіб досягнення економії матеріалів і енергії паралельно з поліпшенням техніко – економічних характеристик машин.

Створення захисних структур на робочих поверхнях деталей машин, механізмів і технологічної оснастки дозволяє підвищити їх надійність і довговічність, продуктивність праці, зменшити витрату чорних і кольорових металів і як результат – заощадити величезні матеріальні, енергетичні й трудові ресурси.

Працездатність захисних структур триботехнічного призначення залежить від багатьох чинників, основні з яких такі: технологічні режими одержання покриттів, умови експлуатації (середовище, питома навантаження, швидкість переміщення, температура, тощо) [5].

2.1.1 Поверхневе пластичне деформування

Основний метод створення на виробках структур з потрібними триботехнічними характеристиками шляхом механічного впливу на їхні поверхневі прошарки без зміни хімічного складу – поверхневе пластичне деформування (ППД).

Зміцнення металів і сплавів ППД ґрунтується на використанні їхніх пластичних властивостей, тобто спроможності за певних умов одержувати під дією зовнішніх сил залишкові деформації гребінців без порушення її цілісності. У результаті впливів зовнішніх навантажень положення атомів у кристалічній гратці деформованої області металу виходить за мінімальний рівень кінетичної енергії, порушуючи структуру гратки і приводячи його до визначеного напруженого стану. При цьому відбувається здрібнювання структури, її текстурування, роздрібнення, поворот і зсув зерен, збільшення щільності дислокації, виникнення залишкових напружень тиску.

Зміцнення поверхневих прошарків деталей ППД сприяє підвищенню їх твердості, поверхневої тривкості, зносостійкості, згладжуванню мікронерівностей.

Структури в поверхневому прошарку закріпленої деталі створюють тепловим впливом без зміни хімічного складу за допомогою термічної обробки. Для поверхневої термічної обробки застосовують струми високої частоти (СВЧ) і лазерне опромінення.

Одним з напрямів розвитку методу ППД є диференційоване опрацювання, що включає пластичну деформацію і термічну обробку в різній послідовності, що дозволяє створювати на поверхні деталі макронеоднорідну структуру сприятливого впливу на її триботехнічні характеристики[6].

2.1.2 Комбіновані методи поверхневого зміцнення

Слід зазначити, що можливості створення структур з потрібними триботехнічними характеристиками методами ППД і термічної обробки обмежені. Більш широкий діапазон триботехнічних властивостей мають структури, створювані комбінованими методами поверхневого зміцнення, що поєднують силовий і тепловий впливи на робочі поверхні, а також нанесення на вироби різноманітних покриттів. Одним із методів поєднання силового і теплового впливів на структуру поверхневого прошарку є механотермічна обробка (МТО).

В основі фізичних явищ, що супроводжують МТО, лежать процеси структурних перетворень металевих сплавів, що розвиваються в результаті спільних теплових і механічних впливів. Різновиди методу МТО – метод електромеханічної обробки (ЕМО) і метод електродеформаційного зміцнення (ЕДЗ)

Метод ЕМО полягає в тому, що через місце контакту інструмента та виробом пропускають електричний струм великого значення і низької напруги, унаслідок чого виступні гребінці поверхні піддаються сильному нагріванню, під тиском інструмента деформуються і згладжуються, а поверхневий прошарок зміцнюється.

Прикладом використання методу ЕМО є зміцнення чавунних напрямних станин високоточних верстатів, зносостійкість яких після ЕМО збільшується в 1,3...2,5 рази, а сполучених деталей, виготовлених із самотвердіючої пластмаси АС-Т, у 1...3 рази.

Метод ЕДЗ передбачає поєднання термомеханічної обробки з поверхневим легуванням. Термомеханічну обробку рекомендується застосовувати разом з лазерним випромінюванням або електроіскровим легуванням. Покриття, утворенні при цьому, набувають високих триботехнічних характеристик за рахунок легування поверхневого прошарку і створення в ньому залишкових напружень стиску.

Термін служби деталей, зміцнених методом ЕДЗ збільшується в 1,7...2,1 разу [6].

2.1.3 Гальванічні і електролітичні покриття

Один з традиційних методів – одержання покриттів триботехнічного призначення (гальванічних й електролітичних). Як гальванічні покриття з періодичної системи Д.І. Менделєєва застосовуються 16 елементів, проте до покриттів триботехнічного призначення належить хромування, залізнєння, нікелювання, кадміювання, фосфатування, оксидування, анодування, емалювання і латунювання. Багато з них здійснюють методом електроліту.

Із метою забезпечення антифрикційного трибосполучення на їхні робочі поверхні наносять гальванічні покриття з міді, срібла, олова, свинцю, індію, вісмуту, сурми, кобальту, латуні.

Застосування електролітичних покриттів для зміцнення деталей машин дозволяє підвищити їх поверхневу міцність, зносо - і корзійну стійкість, опір схоплювання, абразивному зношуванню та ін. Перевага цього методу зміцнення – можливість відновлення зношених деталей. Тільки в авіаційній техніці номенклатура хромованих деталей складає декілька десятків найменувань.

Подальший розвиток цих методів сприяло активізації наукових досліджень зі створення нового напрямку – композиційних електромеханічних покриттів (КЕП) [7].

2.1.4 Композиційні електромеханічні покриття

Ці покриття одержують із суспензії, що являють собою електроліти з додаванням визначеної кількості вискодисперсного порошку. Як катод використовують закріплювальну деталь. Під час проходження через електроліт

електричного струму на деталі осаджується метал (перша фаза або матриця) і частинки порошку (друга фаза).

Використання КЕП у машинобудування дуже перспективне, оскільки можна замінювати дорогі леговані сталі на звичайні конструкційні, зміцненні за допомогою цього методу. Особливо це стосується вузлів тертя, що працюють в умовах корозійно-механічного зношення.

2.1.5 Хіміко-термічна обробка

Для поверхневого зміцнення деталей машин та інструментів найбільшого поширення набули методи хіміко – термічної обробки (ХТО), зокрема: цементація, нітроцементація, азотування, борування, хромування, силіціювання, ціанування, алітування. Промисловість з успіхом використовує в триботехнічних цілях різноманітні багатокомпонентні дифузійні покриття, такі як боросиліціювання, алюмоборосиліціювання, алюмохромосиліціювання та інші залежно від умов тертя. Дво – і більш компонентні дифузійні покриття значно підвищують працездатність зміцнених деталей.

Процеси ХТО широко застосовують для зміцнення деталей авіаційної і ракетної техніки.

2.1.6 Електроконтактне припікання металевих порошків

Одержувати триботехнічні покриття на зміцнених поверхнях виробів можна електроконтактним припіканням металевих порошків (ЕКПП). Перевага цього методу полягає в поєднанні силового і температурного активування. Силевий сплав у разі застосування ЕКПП на два – три порядки вищий, ніж у випадку відцентрового, індукційного, вібраційного й інших технологічних варіантів одержання порошкових варіантів. При цьому швидкість нагрівання порошкового прошарку може досягати декількох тисяч градусів за секунду. Поєднання двох вище наведених чинників, що активують, дозволяє здійснювати технологічний процес в середньому в 100 разів швидше, ніж, наприклад, за індукційного способу нанесення покриттів[7].

2.1.7 Наплавлення

Серед численних методів одержання захисних поверхонь прошарків різного функціонального призначення особливе місце займають засоби, за яких покриття утворюються в процес кристалізації металу, формованої на зміцненій поверхні, а необхідні фізико-механічні властивості забезпечуються легувальними присадковими матеріалами, які вводяться в розплав. Ці методи одержали назву наплавлення електродами, дротом, стрічкою, порошками і т. ін.

Наплавлення застосовують здебільшого для відновлення зношених деталей. Після наплавлення на деталях утворюються захисні структури високої поверхневої міцності та зносостійкості.

Різновидом наплавних покриттів є електромагнітне наплавлення (ЕМН). Сутність цього методу полягає в напавленні феромагнітного порошку на поверхню зміцненої деталі в постійному магнітному полі з пропусканням через зону контакту постійного струму великих значень.

Вищі експлуатаційні властивості можна отримати поєднанням ЕМН із процесами ППД. При цьому підвищується втомна міцність, твердість, зносостійкість і знижується шорсткість поверхні.

Ця технологія поверхневого зміцнення характеризується ощадливими витратами енергії і матеріалів, універсальністю та простотою технологічного устаткування. Пристосування для ЕМН і ППД можна використовувати на будь-якому токарному верстаті.

2.1.8 Газотермічні методи

Швидких темпів набирають газотермічні методи нанесення зносостійких і антифрикційних покриттів, що включають газополуменеве, плазмове і детонаційне напилення, а також електродугову металізацію. Ці методи ґрунтуються на єдиному принципі формування захисного прошарку з дискретних частинок матеріалу, нагрітих і прискорених струменем високотемпературного газу.

Газотермічні методи нанесення трибостійких покриттів на деталі, що працюють в умовах абразивного і корозійного зношування, фретинг-корозії, кавітаційного і гідроабразивного зношення забезпечують їх високу працездатність. Ці методи з успіхом застосовують для зміцнення колінчастих валів, валів і лопаток газових турбін, клапанів, розподільних валів, шестерень, шарнірних з'єднань і багатьох інших деталей.

2.1.9 Електроіскрове легування

У триботехнічних покриттях застосовують електроіскрове легування (ЕІЛ) поверхонь тертя, що ґрунтується на використанні дії електричного імпульсного розряду який перебігає між електродами, у результаті чого спостерігається спрямоване перенесення матеріалу анода (електрода) на катод (деталь). Істотному поліпшенню триботехнічних характеристик ЕІЛ сприяє опаленню їх променем лазера або плазмовим струменем. Електроіскрове покриття застосовують для підвищення корозійної стійкості, поверхневої міцності, твердості, відновлення геометричних розмірів деталей, проте основне їх призначення – це забезпечення високої працездатності деталей тертьових вузлів машин, механізмів, а також інструментів і технологічної оснастки.

2.1.10 Іонно – променева технологія

Серед методів іонно – променевої технології інтенсивний розвиток одержали методи іонно-плазмового напилювання покриттів, що одержали назву PVD-методів. Сутність методу PVD полягає в осадженні іонізованих атомів і молекул нанесених матеріалів на деталь, що знаходиться під негативним потенціалом, що досягає 103 В. Натепер існує велика кількість різноманітних модифікацій іонно-плазмового напилювання. Найбільшого поширення в машинобудуванні набув метод конденсації з іонним бомбардуванням і осадженням у плазмі електродугового розряду.

У переважній більшості випадків іонно-плазмові покриття триботехнічного призначення формуються на основі карбідів, боридів, нітридів, оксидів і деяких інших сполук перехідних металів. Покриття цього типу найчастіше застосовують

для поверхневого зміцнення інструмента. Стійкість інструментів (різців, свердел, фрез, розгорток, мітчиків і ін.) Після іонно-плазмового напилювання TiN, Zr зростає в 1,5...2 рази.

Серед покриттів, одержуваних хімічними засобами набув поширення CVD метод. Він ґрунтується на конденсації газоподібних з'єднань на поверхні зміцнення деталей із наступним утворенням твердих осадів і дозволяє одержувати високоміцні прошарки карбідів, нітридів, карбонітридів, боридів, силіцидів, а також оксидів. Порівняно з газотермічними покриттями отримані хімічним засобом покриття мають більш високу щільність, міцність зчеплення з основою і рівнотовщинністю[8].

2.1.11 Електро – променеве оброблення

Електро – променеве оброблення рекомендується для зміцнення лопаток парових турбін і інших виробів машинобудування, для експлуатації яких потрібна висока ерозійна стійкість за збереженням стійкості до ударних навантажень.

В останні роки розвинуто чимало нових технологій поверхневого зміцнення металів і сплавів, що ґрунтуються на електронно-променевому обробленні. Одна з них – технологія наплавлення (легування) сталі в пучку електронів. Глибина проникнення електронів сумірна з товщиною необхідного прошарку розплавлення (0,001 м), що забезпечує високу продуктивність процесу.

2.1.12 Іонна імплантація

Потужним методом модифікування поверхневих прошарків вузлів тертя, їх хімічного складу і структури є іонна імплантація.

Сутність процесу полягає у введенні атомів металів та неметалів у поверхневий прошарок деталі бомбардуванням її іонами. Імпантовані іони з енергією і декількох кілоелектронвольтів проникають у середину твердого тіла, формуючи прошарок завтовшки 0,001...1 мкм, що відрізняється фізико-хімічними властивостями від основи. Підвищення втомної міцності, зносу – і корозіє стійкості металів і сплавів після іонної імплантації зумовлено їх поверхневим легуванням,

спотворенням кристалічних частинок, створення радіаційних дефектів, а також утворення у разі випадків, дисперсних аморфних структур.

2.1.13 Полімерні покриття

Для забезпечення працездатності вузлів тертя в багатьох випадках на робочій поверхні спряжених деталей наносять антифрикційні та зносостійкі полімерні покриття.

Основними способами полімерних покриттів є: газополуменевий, вихровий, вібровихровий, струменевий, напилувальний в електростатичному полі та плакування. Матеріали для нанесення покриттів такі: фторопласт, поліпропилен, поліетилен, поліуретан вінілбутираль, капрон та ін.

Для підвищення навантажувальної здатності полімерних покриттів до них додають наповнювачі (бронзу, скло, азбест, оксид алюмінію та ін.)

В умовах тертя ковзання без мастильного матеріалу і в разі великих питомих навантажень застосовують металокерамічні матеріали, просочені фторопластом. Знос і коефіцієнт тертя цих матеріалів майже не відрізняється від чистого фторопласта.

2.1.14 Лазерна обробка

Одним із перспективних методів поверхневого зміцнення та відновлення деталей є лазерна обробка. Особливий інтерес становлять процеси лазерної обробки покриттів, отриманих іншими методами.

Надійним напрямом в підвищенні зносостійкості різального інструменту є лазерне зміцнення. Його застосовують для підвищення стійкості різальних інструментів, виготовлених з різних сталей (вуглецевих, легованих і швидкорізальних). Лазерний метод зміцнення заснований на явищі високошвидкісного нагріву металу під дією лазерного променя до температур, що перевищують температуру фазових перетворень в сталі (але нижче за температуру

плавлення), і наступного швидкого відведення тепла в основну масу металу. Швидкості нагріву і охолодження дуже високі. При цьому утворюється, як і у разі звичайного загартування, структура мартенситу і залишкового аустеніту. Перетворення на мартенсит призводить до збільшення твердості матеріалу.

Переваги лазерного зміцнення полягають в зменшенні об'єму додаткової обробки і можливість обробки неоднорідних тривимірних заготовок. Завдяки незначній тепловій дії деформація залишається на обмеженому рівні, витрати на додаткову обробку зменшуються або не виникають зовсім.

Новим кроком в розвитку лазерної технології поверхневого зміцнення є створення адаптуючих, самонастроюваних «інтелектуальних» покриттів триботехнічного призначення, здатних до самовідновлення повторюваними діями зовнішніх впливів [9].

Висновки до розділу 2

В даному розділі були наведені і проаналізовані різні методи підвищення надійності агрегатів як гідравлічної системи так і різних систем в цілому.

Представлені методи зарекомендували себе в таких цілях як забезпеченням працездатності вузлів тертя, підвищення ресурсу агрегатів ПС.

В процесі тертя зношуванню деталей піддаються саме поверхневі шари, що унеможлиблює їх подальшу експлуатацію, хоча сама деталь не втратила міцності і могла би забезпечити надійну роботу будь-якої конструкції, механізму чи агрегату.

Тому першочерговим завданням є зміцнення шарів поверхонь тертя.

Одним з основних резервів підвищення зносостійкості деталей та вузлів гідросистеми ПС є створення і застосування в авіаремонтному виробництві нових видів покриттів різноманітних структур з високим комплексом фізико – механічних властивостей.

Проаналізувавши всі типи поверхневих зміцнень поверхонь гідравлічної системи, найбільше на мою думку в даному завданні справляться поєднання композиційного покриття на основі плазмового напилення з подальшою термічною обробкою. Для створення захисних плазмових покриттів застосовують різні фізичні, хімічні та фізико-хімічні методи, що дозволяють одержувати на робочих поверхнях деталей машин і інструмента структури із заздалегідь заданими властивостями.

В наступному розділі буде розглянуто більш детальніше методи нанесення покриттів, за допомогою яких проводяться відновлювальні роботи агрегатів гідравлічної системи.

РОЗДІЛ 3

ОСНОВНІ МЕТОДИ ПІДВИЩЕННЯ ЗНОСОСТІЙКІСТІ ДЕТАЛЕЙ ТА АГРЕГАТІВ ГІДРАВЛІЧНОЇ СИСТЕМИ

3.1 Характерні зношення деталей та агрегатів гідравлічної системи

Проблема забезпечення зносостійкості деталей плунжерних гідравлічних насосів як на стадії виробництва, так і під час виконання ремонту є актуальною і потребує вирішення. Для поліпшення експлуатаційних характеристик гідравлічних насосів необхідно в першу чергу підвищити зносостійкість їх тертьових деталей. Це дасть змогу забезпечити їх працездатність в широкому діапазоні впливу зовнішніх чинників.

Гідравлічні агрегати сучасних машин використовують для автоматичного регулювання подачі гідрорідини в гідравлічну систему, для підтримання або зміни тиску в гідравлічних системах, для регулювання продуктивності насосів.

Для плунжерних і особливо золотникових пар гідравлічних агрегатів при всій різноманітності їх конструктивних форм і функціональних особливостей вимога стабільності тертя є загальним параметром, яка визначає безвідмовність їх роботи в процесі експлуатації. На всіх етапах проектування, виготовлення і експлуатації аксіально-плунжерних насосів інженери намагаються оптимізувати параметри процесів тертя і зносу як складових робочого процесу залежно від заданих умов (вхідних параметрів). Це зумовлює до зниження енергетичних і матеріальних витрат, а отже, підвищення економічного ефекту. Ще одним способом збільшення терміну експлуатації насосів є поверхневе зміцнення та відновлення деталей.

Для оцінювання працездатності деталей рухомих спряжень агрегатів і розроблення засобів з підвищення їх зносостійкості потрібно знати зовнішні та структурні ознаки видів зношування, які віддзеркалюють умови навантаження та інші чинники, що характеризують силу тертя, інтенсивність пошкодження деталей.

Одним з поширених видів зношування гідравлічних насосів є кавітація. Кавітаційне зношування виникає в результаті турбулентного потоку рідини. Кавітація належить до нестационарних явищ, оскільки вона являє собою процес виникнення, зростання і закриття каверн. При цьому в рідині поширення імпульсу тиску у вигляді ударної хвилі (тиск може досягати значень 103 МПа), яка може спричинити руйнування поверхні твердого тіла на великих відстанях[11].

Кавітаційне руйнування має чітко виражений характер і недопустиме під час роботи деталей гідромашин. Глибина каверн може сягати від кількох одиниць до ста мікрометрів і більше, а площа уражених ділянок може становить від часток в квадратних міліметрах до кількох квадратних метрів. Макрофотографія повзуна плунжера з явним руйнуванням у результаті гідрокавітаційного вимивання показано на рисунку 3.1. В результаті розвитку кавітаційних процесів на поверхні повзуна виникають каверни, вириви, які характеризуються неоднорідним рельєфом з виступами та заглибинами.



Рисунок 3.1 – Руйнування повзуна плунжера в результаті кавітаційного вимивання

Процесом дослідження для деталей, які працюють в умовах повторно-змінних навантажень, є втомне руйнування. Зовнішнім проявом втоми металів є поява і розвинення у наслідок кількоразових навантажень характерного виду тріщин, які виникають за напружень, нижчих за межу міцності. Тріщини

зароджуються на мікрорівні. Надалі тріщини розвиваються в макротріщини, які призводять до руйнування (рисунки 3.2, 3.3). У процесі проведення досліджень виявлено, що мікротріщини втомного зношування виникають не тільки на поверхні деталей, а й у підповерхневих шарах. Основним джерелом зародження поверхневих і підповерхневих мікротріщин є змінні поля напружень. Для статичного пружного контакту максимальні напруження стиснення виникають на поверхні, а максимальні дотичні напруження – на деякій глибині від неї.



Рисунок 3.2 – Руйнування плунжера в результаті втомного розтріскування

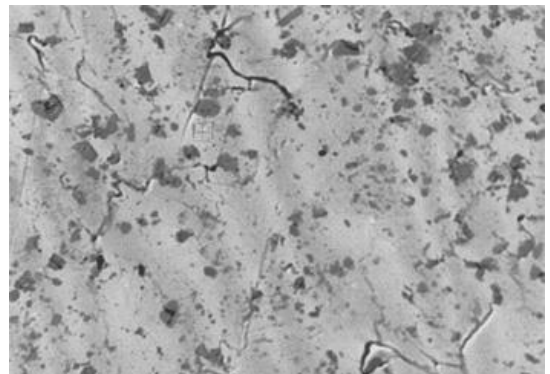


Рисунок 3.3 – Поверхнєве руйнування при втомному зношенні

Процес руйнування металів за одночасної дії багаторазового (циклічного) деформування і адсорбування поверхнево-активних речовин називають абсорбційною втомою. Механізм утворення втомної тріщини при абсорбційній втомі аналогічний механізму її утворення при звичайному процесі втомного руйнування, але після появи тріщини на поверхні твердого тіла по ній починає мігрувати поверхнево-активне середовище, що сприяє розповсюдженню мікротріщини в поверхневому шарі унаслідок активізації внутрішніх джерел дислокацій. Цей вид зношування спостерігається на деталях гідромашин, що працюють в середовищах мастильних матеріалів, гідросумішей і за циклічного деформування [12].

Зовнішній вигляд робочої поверхні вузла тертя гідронасоса з пошкодженням, типовим для фретинг-корозії (рисунок 3.4).

На пошкоджених ділянках третьових поверхонь спостерігаються вириви, що підвищують її шорсткість, а оксиди металів як продукти зношування у вигляді порошку ініціюють абразивне зношування, оскільки оксиди металів завжди мають твердість значно більшу, ніж метали. Різноманітний колір порошку свідчить про те, що при фретинг-корозії енергія розсіюється у вигляді тепла, яке інтенсифікує фізико-механічні процеси на робочих поверхнях деталей.

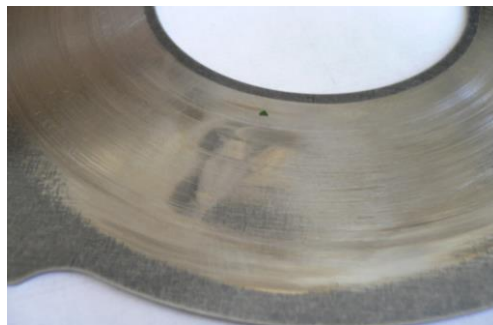


Рисунок 3.4 – Пляма контакту на сталій опорній пластині як результат фретинг-корозії в парі з похилою сталлюю п'ятою

У зв'язку з малою амплітудою коливань поверхонь частинки зносу не виводяться із зони контакту, що стимулює подальший розвиток пошкоджень робочих поверхонь. Слід зазначити, що поверхневе пошкодження та мікротріщини, які виникають в процесі фретинг-корозії, ініціюють розвиток втомних тріщин за навантажень значно менших, ніж навантаження, що стимулюють втомне зношування.

Одним із катастрофічних видів зношування є абразивне, яке являє собою процес усунення або зміщення матеріалу в результаті появи у зоні контакту третьових поверхонь жорстких частинок (оксидів металів, піску та ін.) (рисунок 3.5).



Рисунок 3.5 – Риси та задири на внутрішній поверхні сервоциліндра в наслідок гідроабразивного зношування

Згідно з працею цього виду зношування зазнають поверхні циліндрів амортизаторів шасі, зовнішні поверхні штоків, верхні й нижні бронзові букси, манжети ущільнювання, болтові з'єднання в шарнірах, органи механізації крила та інші форми і механізми. Руйнування визначаються взаємодією поверхонь тертя з абразивним середовищем, сутність якого полягає не тільки в ковзанні твердих частинок по поверхні деталі, а і в її пластичному деформуванні, зануренні в місцях контакту, руйнуванні поверхневих шарів без відокремлення металу або із появою мікростружки.

Типовим представником цього виду руйнування є пошкодження циліндра силового сервоциліндра керування похилою шайбою аксіально-плунжерного насоса.

Значна кількість деталей вузлів тертя гідромашин працює в умовах механохімічного зношування, яке характеризується мінімальними значеннями коефіцієнта тертя та зносу. Робочі поверхні деталей мають блискучий або матовий вигляд пошкоджень з плівками вторинних структур [10].

3.2 Особливості метода нанесення покриттів напиленням

Напилення є одним із способів обробки поверхні матеріалів, який використовується вже на протязі декількох десятиліть. Основне призначення

напилення – захист від корозії, ремонт зношеної поверхні деталей машин та інструментів. Розробка нових методів напилення, основаних на використанні плазмових струй, енергії детонації і других явищ, дозволяє отримувати покриття з таких матеріалів, які б не можна було використати (рисунок 3.6).

Напилення відносять до механічного методу отримання покриттів, використовуючи теплоту газового полум'я або електричної дуги, нагріваючи частинки напилюваного матеріалу (НМ) до плавлення або близького до цього стану й напилюють на оброблювальну поверхню (рисунок 3.7).

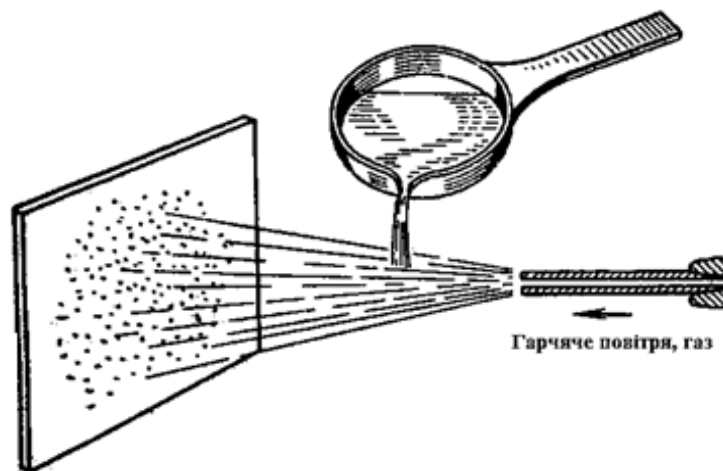
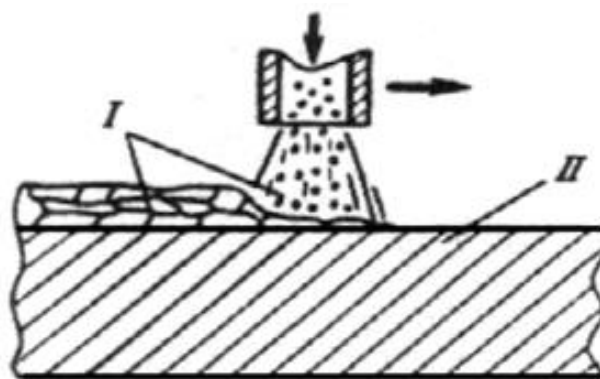


Рисунок 3.6 – Напилення, основане на розпиленні розплавленого металу



I – матеріал покриття; II – виріб (деталь)

Рисунок 3.7 – Схема нанесення газотермічного покриття

До переваг методу напилення можна віднести такі:

– рівномірне покриття можна напилювати як на велику площу, так і на обмежені ділянки великих виробів;

– напилення є найбільш ефективним методом у випадку, коли необхідно значно збільшити розмір деталі;

– обладнання, на якому виконують напилення є порівняно простим і легким і його можна достатньо швидко переміщувати (наприклад, в деяких випадках напилення, достатньо мати компресор, котрий можна використовувати для різних методів обробки);

– для напилення можна використовувати різні метали та їх сплави, а також велику кількість з'єднань та сумішей. Також можна напилювати декілька матеріалів в декілька шарів, що дозволить отримати покриття з спеціальними характеристиками;

– основа, на яку наносять покриття, мало деформується, так як при інших методах нанесення покриттів необхідно нагрівати до високої температури всю деталь чи більшу її частину, що частіше приводить до її деформації;

– технологічний процес напилення забезпечує високу продуктивність нанесення покриття й характеризується відносно невеликою трудомісткістю.

До недоліків даного методу можна віднести:

– при нанесенні покриттів на невеликі деталі процес напилення є малоефективним із-за великих втрат **НМ**, тобто не економічним. В такому випадку покриття краще наносити іншими методами;

– для попередньої підготовки поверхні основи перед напиленням широко використовують різні методи обробки, які забруднюють робочу поверхню й погіршують умови роботи операторів, обслуговуючих установку;

– в процесі напилення частинки **НМ** можуть розлітатись, а також утворювати різні сполуки з повітрям, що є шкідливим для здоров'я працюючих. Тому на ділянці напилення потрібні потужні вентиляційні установки.

По типу джерела напилення теплової енергії, яка використовується для розплавлення **НМ**, існуючі конструкції апаратів для напилення в основному

можна розбити на два класи: газополум'яні та електричні (до якого і відноситься плазмове напилення) [13].

В перших використовується теплота, яка виділяється при горінні суміші горючого газу – кисню. Другі основані на використанні теплоти електричної дуги (рисунок 3.8).

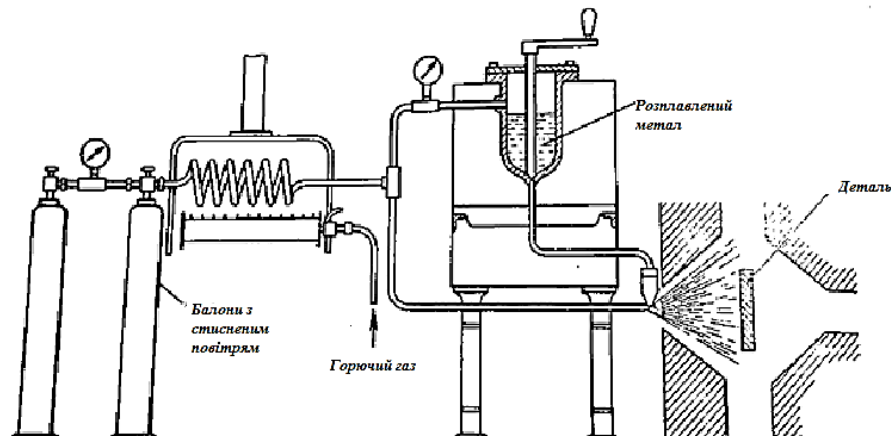


Рисунок 3.8 – Пристрій для напилення покриттів з розплавленого матеріалу

В якості напилюваного матеріалу найбільш широко використовують дротові та порошкові матеріали. Використання дроту дозволяє здійснювати неперервну і рівномірну подачу напилюваного матеріалу в горілку, що підвищує стійкість процесу напилення і якість отриманого покриття. Дроти можуть бути використанні як з матеріалу так і з сплаву. В якості матеріалу використовують цинк, алюміній, молібден, свинець, мідь, нікель, залізо та їх сплави, вуглецеві сталі, корозійностійкі (нержавіючі) сталі та ін.

Також в якості НМ може використовуватись порошок, але при однакових джерелах теплоти покриття, отримані напилюванням дроту, мають більшу щільність і містять меншу кількість окислів, ніж покриттів, отриманих напиленням порошку того ж матеріалу [11].

До недоліків порошкового напилення слід віднести складність забезпечення постійного розходу НМ, що обумовлено його гранулометричним складом, формою частинок і іншими факторами.

В останні роки були розроблені і почали застосовувати в промисловості плазмові методи напилення та пристрої для високочастотного індукційного

напилення, які в порівнянні з більш старішими методами мають більш широкі технологічні можливості для напилення покриття[13].

3.3 Плазмове напилення поверхні

При плазмовому способі нанесення покриттів НМ розігрівається до рідкого стану і переноситься на оброблювану поверхню за допомогою потоку плазми з високою температурою (рисунок 3.9). НМ випускається у вигляді прутків, порошоків або дроту. Порошковий спосіб найбільш поширений.

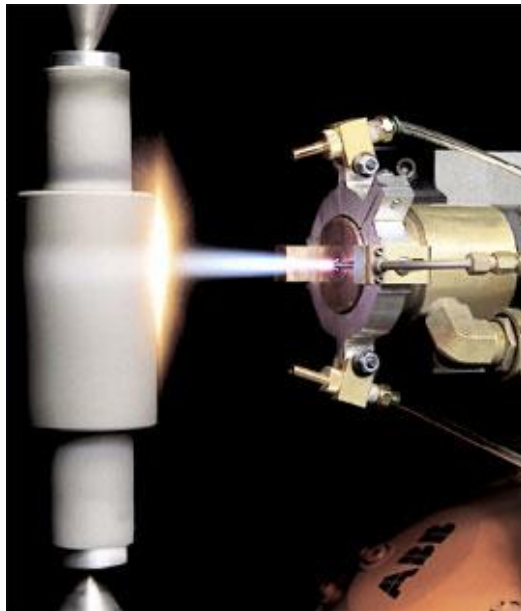


Рисунок 3.9 – Приклад плазмового напилення

Унікальність методу плазмового напилення полягає у високій температурі (до 50 тис. °С) плазмового струменя і високій швидкості (до 500 м/с) руху частинок в струмені. Нагрівання ж напиляємої поверхні невелике і становить не більше 200 °С.

Продуктивність плазмового напилення становить 3...20 кг/год для плазмотронів установок потужністю 30...40 кВт і 50...80 кг/год для обладнання потужністю 150...200 кВт. Міцність зчеплення покриття з поверхнею деталі в середньому дорівнює 10...55 МПа на відрив, а в деяких випадках до 120 МПа.

Пористість покриття знаходиться в межах 10...15 %. Товщина покриття зазвичай не більше 1 мм, так як при її збільшенні в напилюваному шарі виникають напруги, які прагнуть відокремити його від поверхні деталі.

Плазмово-дугове напилення в поєднанні з одночасною обробкою поверхні обертової металевої щіткою дозволяє зменшити пористість покриття до 1...4 %, а загальну товщину напилення збільшити до 20 мм. Плазموутворюючими газами служать азот, гелій, аргон, водень, їх суміші та суміш повітря з метаном, пропаном або бутаном.

Для плазмового напилення використовують дріт, в тому числі порошкового типу, порошки з чорних і кольорових металів (рисунок 3.10), нікелю, молібдену, хрому, міді, оксиди металів, карбіди металів і їх композиції з нікелем і кобальтом, сплави металів, композиційні матеріали (нікель-графіт, нікель-алюміній і ін.) і механічні суміші металів, сплавів і карбідів. Регулювання режиму напилення дозволяє наносити як тугоплавкі матеріали, так і легкоплавкі.

Основою для плазмового напилення можуть служити метали і неметали (пластмаса, цегла, бетон, графіт і ін.). Для нанесення покриттів на невеликі поверхні застосовується мікроплазмовий спосіб напилення, який дозволяє заощадити втрати напилюваного матеріалу (ширина напилення 1...3 мм).



Рисунок 3.10 – Порошки для напилення

З метою підвищення адгезії напилених покриттів, захисту від окислення, зменшення пористості використовується метод плазмового напилення в захисному середовищі (вакуум, азот, суміш азоту з аргоном і воднем) і з застосуванням спеціальних сопел, що закривають область між розпилювачем і

оброблюваної поверхнею (рисунок 3.11). Перспективним напрямком в технології плазмового напилення є надзвукове напилення [15].

Процес плазмового напилення включає 3 основних етапи:

- підготовка поверхні;
- напилювання і додаткова обробка покриття для поліпшення властивостей;
- механічна обробка для досягнення чистових розмірів.



Рисунок 3.11 – Деталі плазмотрону

Попередні розміри поверхонь під напилення повинні бути визначені з урахуванням товщини напилення і припуску на подальшу механічну обробку.

Переходи поверхонь повинні бути плавними, без гострих кутів, щоб уникнути відшаровування покриття. Відношення ширини паза або діаметра отвору до його глибини має бути не менше 2.

Деталі перед напиленням повинні бути ретельно очищені і знежирені. Ремонтні деталі, що мають замаслені пази або канали, слід нагріти в печі при температурі 200...340 °C протягом 2...3 годин для випарювання масла.

Далі проводиться активація поверхні – надання їй певної шорсткості для забезпечення адгезії. Активацію виробляють за допомогою обдування деталі стисненим повітрям з абразивом або нарізуванням рваною різьблення.

Абразив вибирають зернистістю 80...150 по ГОСТ3647, або застосовують чавунний/сталевий дріб ДЧК, ДСК №01...05 по ГОСТ 11964. Металевий дріб не застосовується для обробки жаростійких, корозійностійких сталей і кольорових

металів і сплавів, тому що може викликати їх окислення. Шорсткість поверхні під плазмового напилення повинна складати 10...60 мкм, поверхня повинна бути матовою.

Поверхні, що не підлягають абразивної обробки, захищають екранами. Зона обдування на 5 ± 2 мм повинна бути більше, ніж номінальний розмір напилень поверхні. Тонкі деталі закріплюють у пристосуваннях з метою запобігання їх викривлення під час обробки.

Відстань від сопла до деталі при абразивно-струменевій обробці (АСО) має перебувати в межах 80...200 мм, менших значень набувають для більш твердих матеріалів, великі – для м'яких. Після цього деталі знепилюють шляхом обдування стисненим повітрям [15].

Проміжок часу між очищенням і напиленням повинен складати не більше 4 год., а при покритті алюмінію та інших швидко окислюються матеріалів – не більше години.

Нарізування рваним різбленням замість АСО застосовують для деталей з формою тіл обертання. Різблення нарізають на токарному верстаті звичайним різбовим різцем, зміщеним нижче осі деталі. Різблення нарізають без охолодження за один прохід. Крок різби вибирають по таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Крок різби

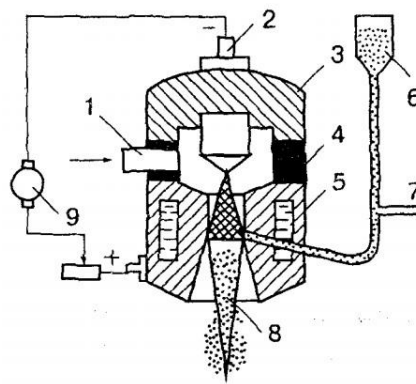
Діаметр деталі, мм	Крок різби, мм
До 20	0,5
25...50	0.8...1
60...100	1,5

Для плазмового напилення слід застосовувати порошки однієї фракції, форма частинок – сферична. Оптимальний розмір часток для металів складає близько

100 мкм, а для кераміки – 50...70 мкм. У разі, якщо порошки зберігалися в

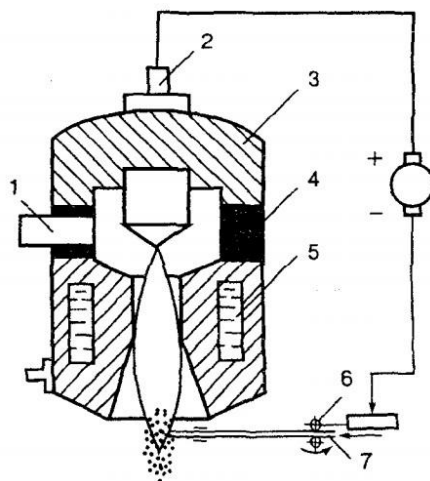
негерметичній тарі, їх потрібно прожарити при температурі 120...130 °С протягом 1,5...2 год. в сушильній шафі. Принципова схема процесу плазмового порошкового покриття наведена на рисунку 3.12, принципова схема процесу плазмового покриття із застосуванням дроту наведена на рисунку 3.13.

Ті частини деталі, що не піддаються напилюванню, захищають екранами з азбесту або металу, або обмазками. Попередній підігрів деталі перед напиленням здійснюють плазмотроном до температури 150...180 °С. Рекомендовані режими та характеристики напилення наведені у таблицях 3.2, 3.3.



1 – підведення плазмоутворюючого газу; 2 – катод плазмотрона; 3 – корпус катода; 4 – ізолятор; 5 – корпус анода; 6 – порошковий живильник; 7 – підведення газу-носія порошку; 8 – плазмова дуга; 9 – джерело живлення

Рисунок 3.12 – Принципова схема плазмового порошкового покриття



1 – підведення плазмоутворюючого газу; 2 – катод плазмотрона; 3 – корпус катода; 4 – ізолято; 5 – корпус анода; 6 – механізм подачі дроту; 7 – суцільний або порошковий дріт; 8 – плазмова дуга; 9 – джерело живлення

Рисунок 3.13 – Принципова схема плазмового напилення із застосуванням дроту

Режими обробки визначають дослідним шляхом. Середні значення режимів плазмового напилення наступні:

- відстань від сопла до деталі – 100...150 мм;
- швидкість струменя – 3...15 м/хв;
- швидкість обертання деталі – 10...15 м/хв.;
- кут напилення – 60...90 °С.

Таблиця 3.2 – Рекомендовані режими джерела живлення для різних матеріалів

Тип напиляемого матеріалу	Режими джерела живлення для			
	Аргон		Азот	
	Напруга, В	Сила зварного струму, А	Напруга, В	Сила зварного струму, А
Самосуфлюючія нікелеві сплави	65-75	450-460	75-85	450-460
Сплави Ni-Al, Ni-Ti	65-75	430-435	80-85	430-435
Бронза	60-70	490-500	74-80	490-500
Алюміній	60-60	490-500	74-80	490-500

Загальну товщину покриття набирають декількома циклами з перекриттям смуг напилення на 1/3 діаметра плями напилення. Після напилення деталь знімають з плазмотрона, видаляють захисні екрани і охолоджують до кімнатної температури.

Таблиця 3.3 – Рекомендовані характеристики напилення для різних матеріалів

Тип напильного матеріалу	Витрата газів, м ³ /год.		Витрата газу	Тиск, МПа	Дистанція напильня, мм		Витрата порошку, кг/год.	Коефіцієнт використання порошку, %
	Аргон	Азот			Аргон	Азот		
Самосуфлюючія нікелеві сплави	3,6-4,0	3,1-3,6	0,5-0,8	0,7-0,78	0,35-0,4		140-160	8-10
Сплави Ni-Al, Ni-Ti	3,0-3,6	2,9-3,1	0,6-0,8	0,6-0,7	0,3-0,35		140-155	7-9
Бронза	3,2-3,6	3,0-3,1	0,4-0,7	0,65-0,7	0,3-0,35		140-150	7,5-9
Алюміній	3,6-4,0	3,1-3,5	0,45-0,75	0,65-0,7	0,3-0,35		140-150	8-9

Для поліпшення якості напильних покриттів застосовують такі прийоми:

- обкатка роликми під електричним струмом;
- напильня з одночасною обробкою металевими щітками;
- оплавлення покриттів з самофлюсуючих сплавів.

Оплавлення виробляють за допомогою печей, нагрітих розплавів солей і металів, плазмовим, лазерним або газополуменевим способом. Температура оплавлення покриття нікель-хром-бор-кремній-вуглець становить 900...1200 °С. Плазмове напильня (рисунок 3.14) різко підвищило якість покриттів, оскільки з'явилася можливість в широких межах управляти енергетикою процесу (робоча температура плазмового струменя від 5000 до 15000 К) і створювати покриття практично з будь-яких матеріалів, в тому числі і з композиційних матеріалів, які не можуть бути отримані іншими методами [16].

Чистові розміри деталей після плазмового напильня отримують гострінням і шліфуванням з охолодженням водними розчинами і водно-олійними емульсіями. Шліфкруги вибирають з електрокорунду марки Е на керамічній зв'язці, зернистістю 36...46, твердістю СН. Режими шліфування наступні: швидкість обертання кола 25...30 м/с, подача кола 5...10 мм/об, швидкість обертання деталі 10...20 м/хв.



Рисунок 3.14 – Структура покриття, напиляного плазмовим способом

Далі проводять остаточний контроль, в разі, якщо на поверхні деталі з напиленням є тріщини, відшарування, ризики, чорнота, що не витримані чистові розміри, то деталь повертають на виправлення дефекту (не більше 1 рази), при цьому область напилення повинна бути збільшена на 10...15 мм по периметру [13].

Висновки до розділу 3

Даний огляд наочно демонструє ту важливу роль, яку відіграють дротові та порошкові матеріали в підвищенні зносостійкості вузлів тертя та агрегатів гідравлічної системи з технологічним поєднанням композиційного покриття на основі плазмового напилення з подальшою термічною обробкою.

Для створення захисних плазмових покриттів застосовують різні фізичні, хімічні та фізико-хімічні методи, що дозволяють одержувати на робочих поверхнях деталей машин і інструмента структури із заздалегідь заданими властивостями.

З метою підвищення адгезії напилених покриттів, захисту від окислення, зменшення пористості використовується метод плазмового напилення в захисному середовищі.

Плазмове напилення за своїми характеристиками має значну кількість переваг в порівнянні зі своїми аналогами - газополум'яного, електродугового процесу, а цілому одні з самих головних переваг це :

- висока продуктивність процесу;
- високий коефіцієнт використання порошку (до 85 %), міцність зчеплення покриття з основою (до 60 МПа), низька пористість;
- зменшений рівень шуму і випромінювання;
- підвищенням надійності і довговічності продукції, що випускається і використовуваної продукції мінімум в два рази.

РОЗДІЛ 4

МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ ПЛАЗМОВОГО НАПИЛЕННЯ ПОКРИТТІВ

4.1 Експериментальне обладнання та робочі матеріали

Для проведення досліджень по плазмовому напиленню покриттів на внутрішні поверхні деталей машин була використана модернізована установка повітряно-плазмового напилення (рисунок 4.1). Модернізація стосувалася електричної частини, порошкового живильника і плазмотрона. З електричної частини були виключені модулятори і додано пристрій ступеневого включення повної потужності, що дозволяє підвищити ресурс електродів плазмотрона. У порошковому живильнику встановлено пристрій плавного регулювання витрати напилюваного порошку.

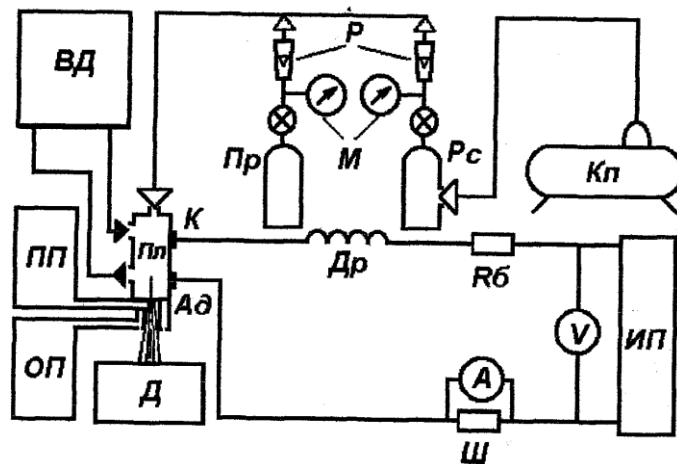
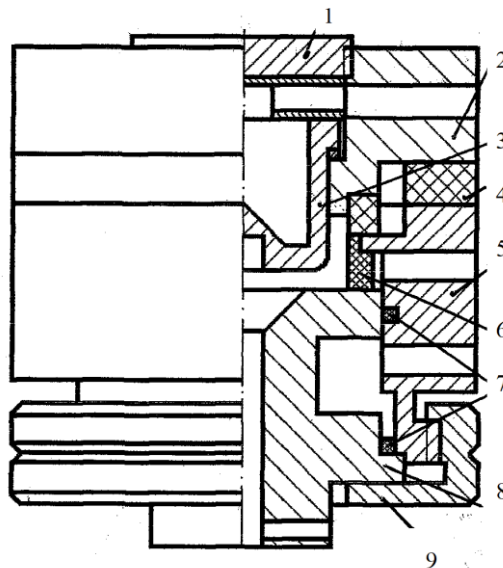


Рисунок 4.1 – Електрична схема установки для плазмового напилення

Плазмотрон (рисунок 4.2) виготовлений на базі малогабаритного плазмотрона конструкції КБХА, його модернізація полягала в перекладі на використання плазмоутворюючої повітряно-пропанової суміші, заміні неохолоджуваного вольфрамового катода водоохолоджуваною мідною з цирконієвою термоємнісною вставкою, організації газовихврової стабілізації дуги та встановлення розпилювача для охолодження підкладки. Процес напилення реалізовувався наступним чином. У патрон токарного станка ставили попередньо підготовлений виріб.



1–кришка; 2–катодний вузол; 3–катод; 4 – ізолятор; 5 – корпус; 6 – кільце;
7 – прокладки; 8 – сопло-анод; 9 – гайка

Рисунок 4.2 – Удосконалена конструктивна схема плазмотрона

Плазмовим струменем, що генерується плазмотроном, зразок нагрівався до необхідної температури. Після чого вмикалася подача порошку і охолоджувача і виконувалося напилення.

4.1.1 Обґрунтування вибору робочих матеріалів напилення для напилення

При виборі матеріалів для плазмового напилення покриттів на поверхні деталей машин керувались такими міркуваннями.

Напилений шар повинен мати високу зносостійкість, так як пропоновану технологію передбачається використовувати для зміцнення поверхонь при виготовленні і відновленні деталей. Крім того, враховувалася вартість напилювального матеріалу, а також досвід використання покриттів з таких матеріалів. У теперішній час накопичений значний досвід застосування як напилювання матеріалів суфлюючихся порошкових сплавів на основі системи Ni-Cr-B-Si.

Для деталей, працюючих в умовах абразивного зносу підходящим матеріалом може служити сплав марки ПГ-ХН80СР4, який має досить низьку вартість. Крім цього порошку для оцінки можливостей досліджуваного процесу плазмового напилення використовувалися несамофлюючіся зносо- і корозійностійкі інтерметаліди: нікель-титановий ПН55Т45 і нікель-алюмінієвий ПН85Ю15.

Якість напилювального покриття в значній мірі залежить від грануляції порошку. При зернистості менше 40 мкм може відбуватися вигорання складових елементів з хімічного складу частинок, що призводить до погіршення якості одержуваних покриттів. При зернистості більше 100 мкм частинки можуть підлітати до підкладки нерозплавленими, що призводить до незадовільному їх з'єднанню з підкладкою.

Аналізуючи вищеописане маємо висновок, що цілком задовольняє умовам абразивного зносу, значним навантаженням, а також володіючи при цьому відносно низькою вартістю, можуть служити сплави марки ПГ-ХН80СР4, ПН55Т45 і ПН85Ю15 грануляцією 40...60 мкм.

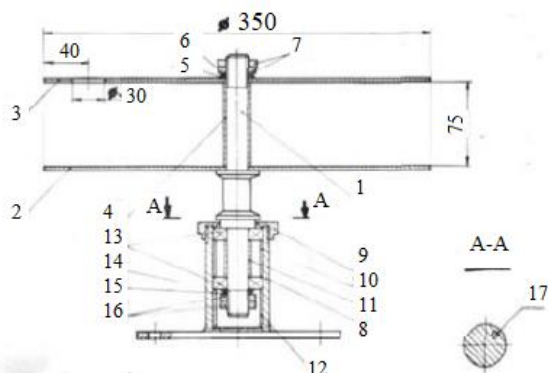
4.1.2 Методика визначення швидкостей газової і дисперсної фаз плазмового струменя

Для визначення швидкостей газової фази і напилюваних частинок був виготовлений дисковий прилад, представлений на рисунку 4.3.

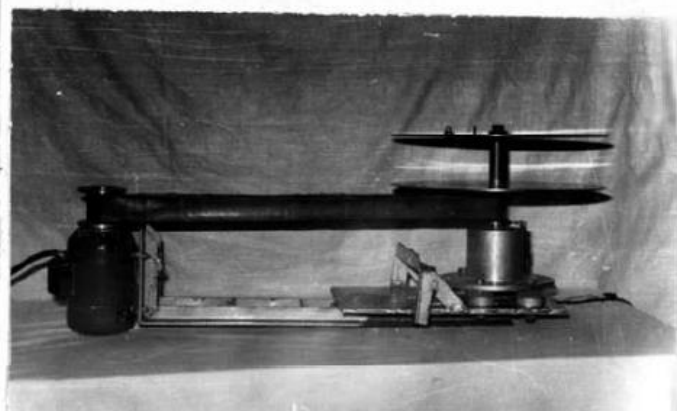
Вал дискового приладу з'єднаний ремінною передачею з двигуном УЛ-06114 потужністю 180 Вт і швидкістю обертання до 8000 об/хв, що дозволяло обертати диск зі швидкістю до 16000 об/хв. Як датчик швидкості обертання дисків використовувався електромагнітний датчик з формувачем імпульсів на мікросхемі К155ЛА3. Датчик з'єднувався з частотоміром.

Для вимірювання швидкості газової фази на нижньому диску встановлювався акустичний датчик, положення якого визначалося по максимальному рівню сигналу. Таке положення відповідає центру плями напилення. Для вимірювання швидкості частинок акустичний датчик не

встановлювався, вимірювання проводились по плямі частинок на нижньому диску.



а)



б)

1 – вал; 2, 3 – диски; 4, 10, 11, 12 – втулки; 5, 14 – шайби; 6, 15 – шайби гровера; 7, 15 – гайки; 8 – основа; 9 – гайка накидна; 13 – підшипник; 17 – магніт

Рисунок 4.3 – Конструктивна схема дискового приладу для визначення швидкостей частинок: а) схема установки; б) зовнішній вигляд установки

Кут між центром проекції отвору верхнього диска на нижній і серединій плямі напилення вимірювався кутомір з ноніусом. Похибки вимірювання частоти обертання і кута становили не більше 1 %. Швидкість газової фази і частинок V на осі плазмового струменя визначалася за формулою:

$$V = \frac{360 \cdot n \cdot h}{\beta}, \quad (4.1)$$

де n – частота обертання дисків;

h – відстань між дисками;

β – центральний кут між проекцією отвору верхнього диска на нижній і плямою напилення.

Швидкість частинок по центру плями напилення дорівнює розрахункової і залишається незмінною, якщо

$$h \leq (5 \dots 7) \cdot D,$$

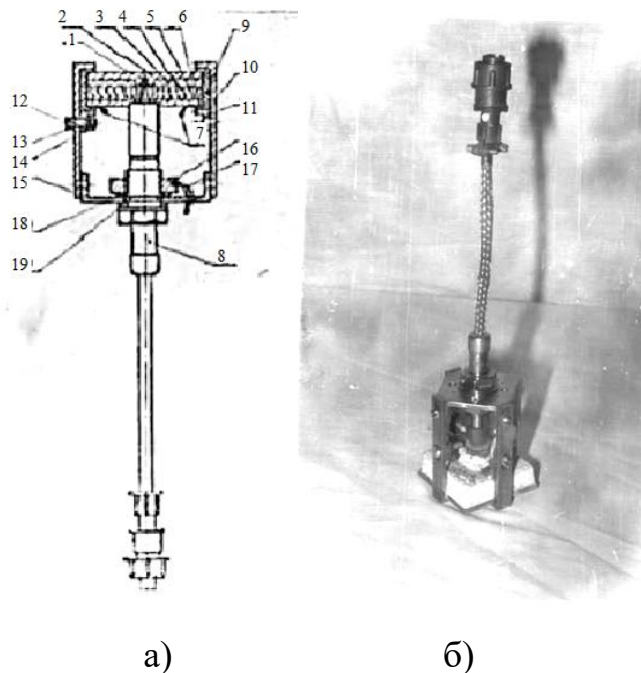
де D – діаметр отвору диска.

З ростом h/D розрахункова швидкість зменшується і при $h \cdot (10 \dots 12) \cdot D$ відхилення становить 10 %.

4.1.3 Методика дослідження температурних умов процесу

Визначення температури напилюваних частинок проводилося за допомоги спеціально виготовленого пристрою, описаного в роботі [17], яке представлено на рисунку 4.4. Пристрій складається з нагрівальної спіралі 5 потужністю 200 Вт, прикріпленою до керамічної пластини 6 ($6,4 \times 50$, $8 \times 50,8$ мм) вогнетривким цементом 4 і відокремленої від мідної пластини 2 шаром слюди 3 товщиною 2 мм.

В мідній пластині був замурований спай 1 термопари 8. Для зменшення теплових втрат в навколишній простір всі поверхні такого пристрою, за винятком поверхні мідної пластини, були закриті азбестом 9.



1 – спай термопар; 2 – мідна пластина; 3 – слюда; 4 – вогнетривкий цемент; 5 – нагрівальна спіраль; 6 – керамічна пластина; 7 – вихідні кінці нагрівальної спіралі; 8 – термопара ІС-470 А; 9 – азбест; 10-19 – деталі кріплення

Рисунок 4.4 – Конструктивна схема пристрою для визначення температури частинок: а) схема установки; б) зовнішній вигляд установки

Використовувалася термопара ІС-470 А з номінальною статичною характеристикою перетворення по ГОСТ 3044-84-ВР (А) – N3 опором 0,9 Ом.

Матеріал термоелектродів термопари:

- позитивного – сплав вольфрам-рений ВР5 (95 % W + 5 % Re);
- негативного – сплав ВР 20 (80 % W + 20 % Re).

Діапазон вимірювальних температур при тривалому застосуванні 0...1800 °С. Гранична температура при короткочасному застосуванні – 2500 °С. Похибка вимірювань – 1 %.

Методика визначення температури частинок полягає в наступному. Через деякий час з моменту початку напилення на мідну пластину (її температура T_y) встановлювалася і лишалася незмінною протягом усього часу напилення τ . Це означало, що кількість теплоти, принесене на пластину в процесі напилення частинками і струменем високотемпературного газу, стає рівною кількості теплоти, випромінюваної пластиною, тобто встановлюється рівноважний стан.

Потім припиняли подачу порошку і нагрівання пластини відбувалося тільки за рахунок газової фази струменя. При цьому відбувалося зменшення надходження теплоти до пластини. Це зменшення величини теплового потоку W і компенсували підключенням нагрівальної спіралі, що дозволяло заміряти кількість теплоти, яке віддають пластині частки при напиленні.

Після закінчення експерименту з мідної пластини знімали покриття і визначали його масу m на аналітичних вагах WA-31. За отриманими даними вираховували середню температуру частинок в момент зіткнення з основою.

Швидкість утворення покриття визначали за формулою:

$$G = \frac{m}{\tau}. \quad (4.2)$$

Кількість теплоти, підведене по частинкам – по формулі:

$$\Delta H = \frac{W \cdot M}{G}. \quad (4.3)$$

Виводи термопари з'єднувалися з цифровим вольтметром В7-38 з похибкою вимірювання напруги менш 0,3 %. Потужність нагрівальної спіралі регулювалася лабораторним автотрансформатором ЛАТР-1М і визначалася ватметром Д566 з

похибкою вимірювання менше 1 %. Похибка, пов'язана з розрахунками визначення середньої температури частинок, не перевищувала 5 %. Загальна похибка визначення температури частинок за винятком похибки самого методу становить 7 %.

4.1.4 Методика дослідження температурних умов підкладки при формуванні покриття

В отворах зразка рівномірно по окружності закріплювали хромель-алюмелеві термопари типу ТХА по ГОСТ 6616-61, градуйовані по ГОСТ 3044-61. Робоча температура 0...900 °С. Термопари закріплювалися таким чином, щоб спай знаходився на глибині 0,5 мм від напиляємої поверхні.

Температура напиляємої поверхні визначалася при напиленні покриттів без використання охолодження і з його застосуванням. Вивід термопар приєднувалися до багатоточкового самописного потенціометра КСП4. Похибка вимірювань приладу не перевищує 1 %.

4.1.5 Методика визначення зносу об абразивно-масляний прошарок

Лабораторні випробування зносостійкості є відтворенням певного виду зношування, має місце в реальних умовах роботи механізму. Таке відтворення в певному ступені може бути досягнуто моделюванням умов роботи деталей в механізмі. При випробуванні зносостійкості дослідних матеріалів вибір виду зношування був обумовлений тим, що знос деталей машин в процесі експлуатації зазвичай відбувається в умовах гідравлічного мастила, забрудненої абразивними частинками.

Цими частинками можуть бути продукти зношування деталей, а також частинки мінерального походження, наприклад, пилу, що містить кварц.

Наявність в гідравлічному мастилі абразивних частинок обумовлює абразивне зношування деталей і як результат – швидкий вихід з ладу деталей.

Тому дослідження абразивної зносостійкості плазмових покриттів представляє великий практичний інтерес.

Абразивне зношування, що відбувається в спряжених деталях машин, по класифікації видів абразивного зношування [19] в основному відноситься до групи зношування про абразивний прошарок, що складається з вільних частинок абразиву.

На підставі вищевикладеного матеріалу був обраний вид лабораторних випробувань зміцнених покриттів – зношування абразивно-масляного прошарку.

Методика дослідження зносостійкості плазмових покриттів при зношуванні масляно-абразивного прошарку можлива для матеріалів з твердістю більш HV 20, середнім розміром пор менше 0,1 мм і товщиною покриттів більше 0,05 мм.

Суть методу полягає в тому, що зразки з досліджуваним покриттям і контрольним матеріалом зношуються тертям ковзання по контрзразку з одночасною дозованою подачею в зону тертя абразивно-масляної суспензії.

Ваговим методом вимірюється знос і оцінюється зносостійкість [20].

Випробування проводилися за двома схемами тертя: обертальний (вал-втулка) і плоский зворотно-поступальний.

Для випробування на тертя і знос за схемою "вал-втулка" використовувалася машина СМЦ-2. Дослідження проводилися при швидкостях ковзання 0,78; 1,3 і 2,6 м/с і при питомих навантаженнях 1,25; 2,5 і 3,75 МПа [21].

Для випробування при зворотно-поступальному переміщенні використовувалася машина, розроблена на базі верстата для притирання клапанів.

Дослідження проводились при швидкостях ковзання 0,78; 1,3; 2,6 м/с, при питомих навантаженнях 1,25; 2,5; 3,75 МПа.

Матеріалом контрзразка стала сталь 45 ГОСТ 1050-88 в термообробленному стані до 58 HRCa, як найбільш поширена в машинобудуванні конструктивна сталь і часто застосовується як еталон при дослідженнях зносостійкості. Іншими матеріалами контрзразками були чавуни, що застосовуються для виготовлення поршневих кілець.

Перед початком випробувань зразки з покриттям і контрзразки піддавалися шліфуванню і знежиренню. Далі зразки встановлювалися на машини тертя і проводилися випробування. Перед безпосередньо випробуванням зразків на знос

проводилася опрацювання контактних поверхонь, яка визначалася по сталому моменту тертя (на СМЦ-2) чи візуально. В якості промивних рідин застосовувалися бензин і ацетон.

Знос зразка і контрзразка визначався зважуванням на аналітичних вагах WA-31 з точністю $\pm 0,1$ мг. Перед зважуванням зразок і контрзразок ретельно протирали, промивали в бензині і просушували в струмені повітря. Похибка визначення зносостійкості перебувала в межах 6...7 %, що є задовільним для даного виду випробування [19]. Так як для зносних випробувань характерні широкі розкиди величин зносу, по кожному досліджуваного матеріалу випробовувалися 3 зразка.

4.2 Визначення оптимальних режимів напилення

Критерієм оптимізації процесу напилення була відносна зносостійкість отриманого покриття. Вибір критерія оптимізації продиктований аналізом умов роботи внутрішньої поверхні габаритних деталей машин. Для оцінки впливу вхідних факторів процесу плазмового напилення на відносну зносостійкість покриттів використовувалася теорія подібності і методи аналізу розмірностей величин. Використання теорії подібності при плануванні експерименту дозволяє зменшити трудомісткість проведення дослідів за рахунок узагальнення вхідних параметрів в безрозмірні комплекси. Для зменшення кількості вхідних факторів візьмемо до уваги, що у всіх експериментах плазмового напилення повітряно-плазмових покриттів передбачається вести плазмотроном однієї конструкції при однаковому хімічному складі плазмоутворюючого газу, матеріалу підкладки, покриття і охолоджуючої рідини. Відносна зносостійкість покриття може бути описана деякою функцією, складається з технологічних параметрів процесу:

$$I_{\text{відн}} = \frac{I}{I_0} = f(N, l, m_0, m_1 \rho_1, \lambda_1, c_1, t_{\text{п}}, d_1), \quad (4.4)$$

де I_0 – деяке базове значення зносостійкості;

m_0 – витрата плазмоутворюючого газу;

N – потужність дуги плазмотрону;
 L – дистанція плазмоутворюючого газу;
 m_1 – витрата води для охолодження;
 ρ_1 – щільність води;
 λ_1 – теплопровідність води;
 c_1 – теплота пароутворення пари;
 t_n – температура підкладки;
 d_l – розмір краплі води.

Відповідно до π -теорема теорії фізичної подоби явищ, $I_{\text{відн}}$ може бути функцією безрозмірних комбінацій, складених з конструктивно-технологічних параметрів процесу плазмового напилення і мати вигляд:

$$I_{\text{відн}} = f(\Pi_1, \Pi_2, \Pi_3, \Pi_4). \quad (4.5)$$

Вибір конкретного варіанту безрозмірних параметрів $\Pi_1 \dots \Pi_4$, є критеріями подібності процесу плазмового напилення, проводився з аналізу їх фізичного сенсу. В якості критеріїв подібності процесу плазмового напилення вибрані наступні безрозмірні комбінації:

$\Pi_1 = m_1/m_2$ – комплекс, характеризує масову подібність процесу плазмового напилення з охолодженням;

$\Pi_2 = d_l \cdot (\rho_1^2 \cdot N / m_1^3)^{1/4}$ – характеризує кінематичну подібність взаємодії струменів плазми і охолодження;

$\Pi_3 = \lambda_1 \cdot t_n / (c_1 \cdot (N \cdot \rho_1^2 \cdot m_1)^{1/4})$ – характеризує теплову подібність процесу плазмового напилення;

$\Pi_4 = 1/d_l$ – характеризує геометричну подібність взаємодії плазмового струменя і струменя охолодження.

Невідома функція відгуку (формула 4.2) визначалася методом планування експерименту [17-18]. Рівні варіацій безрозмірних параметрів $\Pi_1 \dots \Pi_4$ (таблиця 4.1) відповідали змінам технологічних параметрів процесу.

Після статистичної обробки результатів отриманих експериментальних даних побудовані рівняння регресії для матеріалу покриття ПГ-СР4:

Таблиця 4.1 – Рівні та інтервали варіацій безрозмірних параметрів процесу плазмового напилення з охолодженням

№	Безрозмірні параметри процесу	Кодоване позначення	Рівні			Інтервал варіацій
			Нижній(-1)	Основний (0)	Верхній (+1)	
1	П ₁	X ₁	0,013	0,014	0,016	0,003
2	П ₂	X ₂	0,065	0,011	0,014	0,0075
3	П ₃	X ₃	0,0034	0,0029	0,027	0,0007
4	П ₄	X ₄	1000	750	667	333

$$Y = 2,23 + 0,02 \cdot X_1 + 0,09 \cdot X_2 - 0,004 \cdot X_3 + 0,06 \cdot X_4 + 0,03 \cdot X_1 X_2 - 0,18 \cdot X_2 X_3 - 0,106 \cdot X_2 X_4 - 0,168 \cdot X_3 X_4 + 0,03 \cdot X_1^2 + 0,08 \cdot X_2^2 + 0,04 \cdot X_3^2 + 0,106 \cdot X_4^2 \quad (4.6)$$

Однак рівняння (4.3) незручне для інтерпретації отриманих результатів і практичних розрахунків, тому перетворюємо їх за формулами переходу від кодованих значень (X_1, X_2, X_3, X_4) до натуральних значень комплексів (П₁, П₂, П₃, П₄):

$$X_1 = \frac{P_1 - P_1(0)}{\Delta P_1}; \quad X_2 = \frac{P_2 - P_2(0)}{\Delta P_2}; \quad X_3 = \frac{P_3 - P_3(0)}{\Delta P_3}; \quad X_4 = \frac{P_4 - P_4(0)}{\Delta P_4}. \quad (4.7)$$

де $P_1(0), P_2(0), P_3(0), P_4(0)$ – натуральні значення комплексів на основних рівнях;
 $\Delta P_1, \Delta P_2, \Delta P_3, \Delta P_4$ – значення інтервалів варіацій.

Таким чином рівняння (4.6) з урахуванням співвідношень (4.7) можна представити наступним виразом:

$$Y = 3,17 + 6,67 \cdot P_1 + 12 \cdot P_2 - 5,71 \cdot P_3 + 1,8 \cdot 10^{-4} \cdot P_4 + 0,03 \cdot P_1 P_2 - 8,15 \cdot P_2 P_3 - 0,016 \cdot P_2 P_4 - 0,0168 \cdot P_3 P_4 + 46 \cdot P_1^2 + 124 \cdot P_2^2 + 2 \cdot P_3^2 + 0,106 \cdot P_4^2 \quad (4.8)$$

Рівняння (4.8) використовуємо для пошуку оптимальних технологічних режимів методом Гаусса-Зайделя. Обчислення, проведені за спеціальною

програмою на ЕОМ, дали наступні результати: $\Pi_1 = 187$; $\Pi_2 = 2,5$; $\Pi_3 = 6,1 \cdot 10^{-4}$; $\Pi_4 = 3,1$ – для матеріалу покриття ПГ-СР4. З урахуванням визначень комплексів $\Pi_1 \dots T_4$, це дає систему з чотирьох рівнянь для визначення оптимальних технологічних процесів для кожного з матеріалів покриття. В системі рівнянь три параметра визначаються родом охолоджуючої рідини (щільність ρ_1 , теплопровідність λ_1 і теплоутворення c_1). Температура підкладки t_n вибирається оптимальною для кожного поєднання матеріалів порошку і підкладки. Дистанція напилення l визначається конструктивними параметрами напиляємої деталі і габаритними розмірами плазмотрона. Рішення отриманих систем рівнянь при $\rho_1 = 10$ г/см, $\lambda_1 = 0,14$ Вт/(м·К), $c_1 = 2256$ кДж/кг (охолоджуюча рідина – вода), $l = 30$ мм для матеріалу покриття ПГ-СР4 при $t_n = 523$ К призводить до наступних оптимальних параметрів процесу $Q_{\text{пов}} = 0,75 \cdot 10^{-3}$ м³/с; $Q_{\text{проп}} = 0,5 \cdot 10^{-4}$ м³/с; $N = 7$ кВт; $m_b = 1,9 \cdot 10^{-6}$ кг/с.

4.3 Математична модель струменя плазмотрона

Відомо, що довжина початкової ділянки плазмового струменя відповідає величині $x/d \approx 3$, а основна ділянка струменя починається з координати $x/d \approx 8$. У зв'язку з цим при моделюванні руху і нагріву дисперсної фази доцільно в першому наближенні плазмовий струмінь розбити на 3 ділянки: початковий, коли $x/d = 0 \dots 3$, перехідний при $x/d = 3 \dots 8$ і основний при $x/d = 8 \dots 30$. Середні параметри на ділянках визначаються формулами:

$$T_m = v \cdot T_{cm} + (1 + v) \cdot T_n, \quad (4.9)$$

$$\rho_m = \frac{\rho_{cm}}{v + (1-v) \cdot \frac{T_n - 300}{T_{cm} - 300}}, \quad (4.10)$$

$$v_n = v_{cm} \cdot \sqrt{\pi \cdot (v + (1-v) \cdot \frac{T_n - 300}{T_{cm} - 300})}, \quad (4.11)$$

$$C_m = \sqrt{\gamma \cdot P / \rho_m}, \quad (4.12)$$

де $v = 1$, $\pi = 1$ - для початкової ділянки;

$v \approx 0,5$, $\pi \approx 0,6$ - для перехідної;

$\nu \approx 0,1$, $\pi \approx 0,1$ - для основної;

C_m – швидкість звуку;

γ – показник адіабати;

P – тиск.

Параметри плазмового струменя на зрізі сопла плазмотрона визначимо зі співвідношення:

$$h = \frac{U_{\text{сер}} \cdot J_{\text{сер}}}{G_{\text{пов}}} \cdot \eta, \quad (4.13)$$

де $U_{\text{сер}}$, $J_{\text{сер}}$ – середні значення напружень [В] на дузі і сили струму [А];

$G_{\text{пов}}$ – масова витрата плазмоутворюючого повітря, [кг/с];

η – тепловий ККД плазмотрона;

h – питома ентальпія плазми, [Дж/кг].

З іншої сторони, для повітря при тиску 10^5 Па і температур $T_{cm} = (4...10) \cdot 10^3$ К

$$h = 13,4 \cdot 10^{1,394 \cdot 10^{-4} \cdot T_{cm} + 6}, \quad (4.14)$$

де h має розмірність Дж/кг, а T_{cm} – К.

З формул (3.5) і (3.6) випливає, що

$$T_{cm} = 7174 \cdot \lg \frac{U_{\text{сер}} \cdot J_{\text{сер}} \cdot \eta}{13,4 \cdot 10^6 \cdot G_{\text{пов}}}. \quad (4.15)$$

Тепловий ККД, в свою чергу, визначається виразами [21]

$$\psi = 5,82 \cdot 10^{-5} \cdot \left(\frac{J_{\text{сер}}^2}{G_{\text{пов}} \cdot d}\right)^{0,266} \cdot \left(\frac{G_{\text{пов}}}{d}\right)^{-0,266} \cdot (P \cdot d)^{0,3} \cdot \left(\frac{l}{d}\right)^{0,5},$$
$$\eta = 1/(1+\psi), \quad (4.16)$$

де P – тиск в кінці електродугової камери;

l , d – довжина і діаметр сопла плазмотрона.

Щільність повітря на зрізі сопла плазмотрона як функція температури при $T_{cm} = (4...13) \cdot 10^3$ К і при тиску 10^6 Па може бути виражена на у вигляді:

$$\rho_{cm} = 0,189 \cdot 10^{-1,034 \cdot 10^{-4} \cdot T_{cm}}. \quad (4.17)$$

Середньомасова швидкість на зрізі сопла плазмотрона може бути визначена виразом:

$$v_{cm} = \frac{4 \cdot G_{пов}}{\rho_{cm} \cdot \pi \cdot d^2}. \quad (4.18)$$

Таким чином, вирішуючи систему рівнянь (4.15)...(4.18), можна знайти T_{cm} і v_{cm} як функції параметрів плазмотрона $U_{сер}$, $J_{сер}$ і $G_{пов}$. Підставивши їх у вирази (4.9)...(4.11), можна знайти розподіл температури, густини і швидкості по осі плазмового струменя.

4.3.1 Модель однофазного стаціонарного плазмового струменя

Вихідні параметри плазмотрона і характеристики однофазного плазмового струменя необхідні для визначення параметрів частинок що напилуються і теплового потоку до підкладки. Це дозволить обґрунтовано вибирати технологічні параметри процесу напилення (дистанцію, потужність дуги, витрата плазмоутворюючого газу), тобто оптимізувати їх.

Для опису осьової зміни параметрів сталим плазмовим струменем відомі емпіричні моделі, наявні в різних роботах [20, 21]. Для опису високотемпературного повітряного струменя скористаємося результатами роботи Абрамовича Г.Н. [19].

$$\frac{\Delta T_m}{\Delta T_0} = \begin{cases} 1, & \text{при } 0 \leq \frac{z}{d} \leq (\sqrt{a} - c)/b \\ d / (b \left(\frac{z}{d} + c \right)^2), & \text{при } (\sqrt{a} - c)/b \leq z/d \end{cases},$$

$$\frac{v_m}{v_0} = \begin{cases} 1, & \text{при } 0 \leq \frac{z}{d} \leq (\sqrt{a} - c)/b \\ d / (b \left(\frac{z}{d} + c \right)^2), & \text{при } (\sqrt{a} - \gamma)/\beta \leq z/d \end{cases}, \quad (4.19)$$

де $\Delta T_m = T_m - T_0$;

$\Delta T_0 = T_{0m} - T_0$;

Z – поточна осьова координата;

d – діаметр сопла плазмотрона;

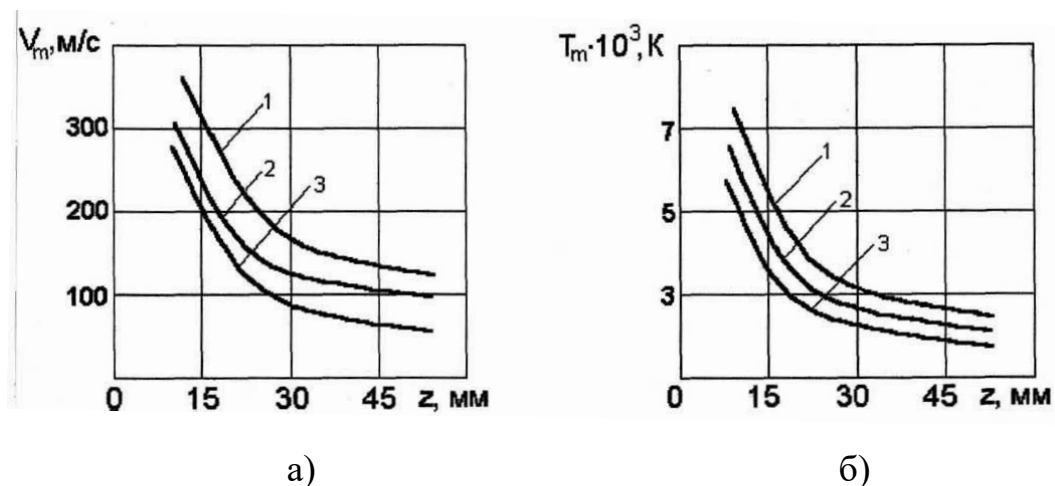
T_m , V_m – осьова температура і швидкість в струмені при поточній координаті z ;

T_{0m} , V_{0m} – температура і швидкість плазмового струменя на зрізі сопла (при $z = 0$);

$T_0 = 300$ К (температура навколишнє середовище (НС)); $a = 0,3$; $b = 0,14$; $c = 0,29$; $\alpha = 0,44$; $\beta = 0,14$; $\gamma = 0,29$.

Значення T_{cm} і V_{cm} визначаються із співвідношень як функції технологічних параметрів (дистанції, потужності дуги, витрати плазмоутворюючого повітря).

Осьовий розподіл температур і швидкостей при різних дистанціях, потужності і витраті представлено на рисунку 4.5. Для опису розподілу параметрів в поперечних перетинах струменя, скористаємося профілями Шліхтинга [21], які, як відомо, досить точно описують розподіл поперечних параметрів в плазмових струменях.



1 – потужність дуги 10 кВт; 2 – потужність дуги 6 кВт; 3 – потужність дуги 4 кВт

Рисунок 4.5 – Розрахункове розподілення по осі плазмового струменя:

а) за швидкістю; б) за температурою

4.3.2 Моделювання руху частинок

Рівняння руху частинки в потоці плазми можна представити у вигляді рівняння:

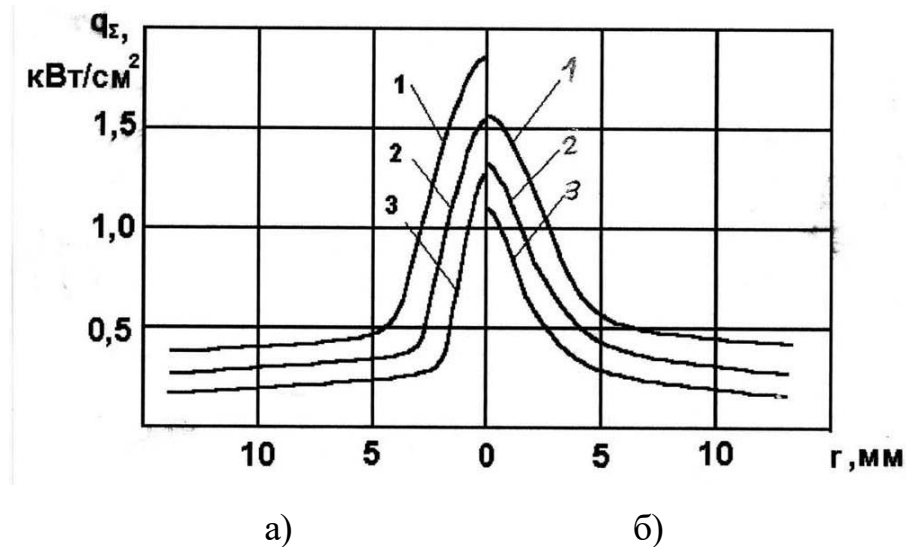
$$\rho_{\text{ч}} \cdot \frac{\pi \cdot d_{\text{ч}}^3}{6} \cdot \frac{dv_{\text{ч}}}{dt} = \sum F, \quad (4.20)$$

де похідна по швидкості частинки $dv_{\text{ч}}/dt$ є субстанціональною;

F – дія різних сил;

$\rho_{\text{ч}}$, $d_{\text{ч}}$ – густина і діаметр частинки відповідно.

Аналіз залежності (4.16), показує, що при збільшенні потужності дуги, зменшенні дистанції обробки і витрати плазмоутворюючого повітря, друге теплове джерело (за рахунок асоціації молекул) може істотно превалювати над першим (рисунок 4.6).



1 – потужність дуги 10 кВт; 2 – потужність дуги 6 кВт; 3 – потужність дуги 4 кВт
а) – дистанція напилення 25 мм; б) – дистанція напилення 35 мм

Рисунок 4.6 – Питомий тепловий потік в підкладку за результатами розрахунків

У плазмовому потоці на частинку діють в основком сили аеродинамічного опору, Магнуса і термофореза. Дія інших сил зневажливо мала. Термофорез стає порівняно з силами в'язкого опору при градієнті температури більше 10^7 К/м і швидкості частинки відносно плазми менше 1 м/с. При напиленні з використанням аргонної плазми градієнт температури потоку в області введення порошку може становити $\sim 10^7$ К/м. Однак при цьому відносна швидкість складає більше 300 м/с.

Крім того, з огляду на, що параметри паливно-повітряного плазмового струменя (в тому числі і температури) мають по її перетинах більш рівномірний розподіл, то впливом термофореза можна знехтувати.

Більш того, в роботі вказується, що термофорез може виявитися для частинок з діаметром менше 5 мкм. Ефект Магнуса, що полягає в міграції частинок в область з більшою швидкістю, важливий в області введення частинок в плазмовий потік. У зв'язку з цим в першому наближенні можна вважати, що всі частинки на зрізі сопла

плазмотрона потрапляють в приосьову область струменя. Оскільки будемо розглядати приосьову область струменя, то силою Магнуса нехтувати.

Отже, будемо враховувати тільки силу аеродинамічного опору:

$$F = C_D \cdot \frac{\rho_r \cdot (v_r - v_q)^2}{2} \cdot A_q, \quad (4.21)$$

де C_D – коефіцієнт аеродинамічного опору;

ρ_r – щільність плазми;

v_r, v_q – швидкість плазми і частки відповідно;

A_q – міделевий перетин частки.

Прийmemo $A_q = \pi \cdot d_q^2 / 4$. Підставивши (4.13) в (4.15), отримаємо:

$$\rho_q \cdot \frac{dv_q}{dt} = C_D \cdot \frac{3 \cdot \rho_r \cdot (v_r - v_q)^2}{4 \cdot d_q}. \quad (4.22)$$

Для визначення коефіцієнта аеродинамічного опору частинок використаємо залежність Л. С. Клячко [39], справедливу для діапазону $Re = 1 \dots 500$ і враховує вплив інерційності потоку:

$$C_D = \frac{24}{Re} \cdot \left(1 + \frac{1}{6} \cdot Re^{\frac{2}{3}}\right), \quad (4.23)$$

де $Re = d_q \cdot (v_r - v_q) / \nu_r$ – число Рейнольдса для відносного руху частинки;

ν_r – кінематична в'язкість.

Підставивши ці вирази в рівняння (4.23) і враховуючи, що динамічна в'язкість газу $\mu_r = \rho_r \cdot \nu_r$, отримаємо:

$$\frac{dv_q}{dt} = \frac{18 \cdot \mu_r \cdot (v_r - v_q)}{\rho_q \cdot d_q^2} + \frac{3 \cdot \mu_r^{1/3} \cdot \rho_r^{2/3} \cdot (v_r - v_q)^{5/3}}{\rho_q \cdot d_q^{4/3}}. \quad (4.24)$$

Будемо припускати, що випаровування і дроблення частинок відсутні, тобто будемо вважати, що $d_q = \text{const}$. Також будемо вважати постійною величиною динамічну в'язкість газової фази μ_r . Апроксимація залежності динамічної в'язкості μ_r повітря від температури у діапазоні до $\sim 10 \cdot 10^3$ К має вигляд:

$$\mu_r = 2,73 \cdot 10^{-8} T_r, [\text{Па} \cdot \text{с}] \quad (4.25)$$

Підставивши вирази (4.25) в рівняння (4.18) і (4.19), отримаємо:

$$\frac{dv_{\text{ч}}}{dt} = A_0 \cdot (v_{om} + v_{\text{пер}} - v_{\text{ч}}) + A_1 \cdot \left(1 + \frac{\gamma-1}{2} \cdot \frac{v_{\text{пер}}}{c_{om}}\right)^{\frac{4}{\gamma-1}} \cdot (v_{om} + v_{\text{пер}} - v_{\text{ч}})^{5/3}, \quad (4.26)$$

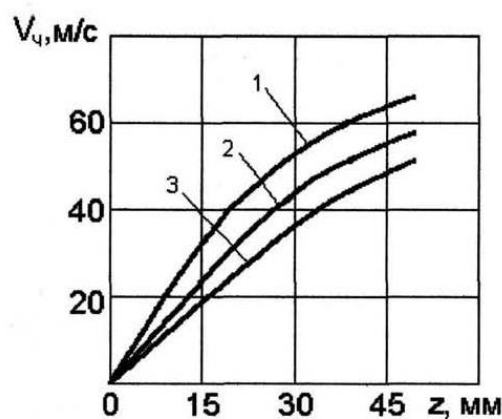
$$\text{де } A_0 = \frac{18 \cdot \mu_r}{\rho_{\text{ч}} \cdot d_{\text{ч}}^2};$$

$$A_1 = \frac{3 \cdot \mu_r^{1/3} \cdot \rho_{om}^{2/3}}{\rho_{\text{ч}} \cdot d_{\text{ч}}^{4/3}};$$

v_{om}, c_{om} – константи, які визначаються виразами (4.7), (4.8) і (4.9);

$v_{\text{пер}}$ – функція координати часу.

Диференціальні рівняння руху частинок будемо вирішувати чисельно модифікованим методом Ейлера другого порядку (методом трапецій). Розрахунок проводився на ЕОМ за допомогою розробленої програми, блок-схема алгоритму якої представлена в додатку 1. Результати розрахунку наведені на рисунку 4.7.



1 – потужність дуги 10 кВт; 2 – потужність дуги 6 кВт;

3 – потужність дуги 4 кВт

Рисунок 4.7 – Розрахункові залежності швидкостей частинок по осі плазмового струменя (розмір частинок порошку ПГСР-4 60...80 мкм)

Висновки до розділу 4

При опрацюванні даного розділу, був виконаний аналіз отриманої інформації, в результаті чого були зроблені висновки про наступне:

1. Розроблені основні положення загальної методики, а також методики для оцінки кількісних характеристик плазмових покриттів.
2. Побудовано математичну модель плазмового струменя в умовах плазмового напилення. Модель описує взаємодію газової фази з дисперсною і підкладкою в квазістаціонарному наближенні.
3. Визначені оптимальні режими плазмового напилення для матеріалу покриття ПГ-СР4 потужність дуги плазмотрона $N = 7$ кВт, витрата плазмоутворюючого повітря $Q_{\text{пов}} = 0,75 \cdot 10^{-3}$ м³/с, витрата транспортуючого пропану $Q_{\text{проп}} = 0,5 \cdot 10^{-4}$ м³/с, дистанція напилення $l = 30$, Витрата води що охолоджує $m_v = 1,9 \cdot 10^{-6}$ кг/с, перепад тиску на форсунках $P=0,3$ МПа.
4. Розроблено технічне обладнання, яке дозволяє виробляти напилення внутрішніх поверхонь деталей з одночасним охолодженням підкладки.

РОЗДІЛ 5

ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1 Небезпечні та шкідливі виробничі чинники при ремонті гідравлічної системи літаків типу Іл

Небезпечні та шкідливі виробничі чинники згідно ГОСТ 12.0.003-74 ССБТ "Опасные и вредные производственные факторы. Классификация" за природою дії поділяються на наступні групи:

- фізичні;
- хімічні;
- біологічні;
- психофізіологічні.

При виконанні робіт в цеху ремонту агрегатів гідравлічної системи є наступні фізичні небезпечні та шкідливі виробничі чинники:

1. Спецавтотранспорт, самохідні та переміщувані вручну машини, механізми, незахищені рухомі елементи виробничого устаткування.

2. Робота з інструментом та устаткуванням, що мають гострі кромки, задири і шорстку поверхню.

3. Струмені рідин та газів з трубопроводів і судин, що працюють під високим тиском.

4. Підвищений рівень шуму на робочому місці (більше 85 дБ).

5. Запиленість і загазованість повітря в зоні ремонту.

6. Підвищена або знижена температура поверхні агрегатів, устаткування та матеріалів.

7. Підвищена або знижена температура, вологість і рухливість повітря в зоні ремонту агрегатів гідравлічної системи.

8. Небезпечний рівень напруги в електричній мережі, замикання якого може пройти через людину. Існує небезпека враження струмом при руйнуванні кабелів і пультів управління електричними приладами.

9. Недостатність природного освітлення цеху ремонту агрегатів гідравлічної системи.

До хімічних небезпечних та шкідливих виробничих чинників відносяться:

- хімічні речовини (токсичні, подразнюючі речовини), які входять до складу застосованих матеріалів;
- паливно-мастильні матеріали, спецрідини, пари яких потрапляють в організм людини через органи дихання, шлунково-кишковий тракт, шкіру і слизові оболонки;
- змивка СНБ-9, що володіє наркотичною дією, дратує шкіру, гранично допустима концентрація – 50 мл/м^3 .
- миючий засіб синтетичний МС8 надає подразнюючої дії на шкіру при тривалому і безпосередньому контакті рук з концентратом;
- розчинники Р-4 і Р-5, що володіють загально-наркотичною дією, сильно знежирюють шкіру, викликають дерматит, гранично допустима концентрація – 50 мл/м^3 .

Всі ці речовини відносяться до IV групи слабодіючих шкідливих речовин. Крім того, розчинники Р-4 і Р-5 вибухонебезпечні.

У цеху ремонту агрегатів гідравлічної системи існують і психофізіологічні небезпечні та шкідливі виробничі чинники монотонності праці: розбирання, складання, дефектація деталей.

- підвищена температура трубопроводів підведення повітря до випробовуваного виробу $t = 80^\circ\text{C} \dots 250^\circ\text{C}$
- наявність тиску в трубопроводах підведення повітря до випробовуваного виробу $P = 8 \cdot 10^5 \text{ Па}$
- використання електричного струму $U = 220/380 \text{ В}$ для нагріву повітря в теплообміннику. Потужність нагрівача $W = 1000 \text{ кВт}$.

5.2 Організаційні та технічні заходи по зниженню впливу небезпечних та шкідливих виробничих чинників

З метою зменшення рівня впливу на організм людини перерахованих вище небезпечних та шкідливих виробничих чинників у цеху ремонту агрегатів гідравлічної системи передбачаються наступні організаційні, конструктивні і технологічні заходи.

1. Щодо забезпечення електричної та пожежної безпеки:

- для запобігання враження електричним струмом, пристрої електроустановок повинні відповідати діючим ГОСТам, зокрема "Правилам налаштування електроустановок", а їхня експлуатація повинна проводитися відповідно до "Правил технічної експлуатації електроустановок і споживачів";
- згідно ГОСТ-127030-81 електропроводка і кабелі в цеху з метою безпеки прокладені в стінах корпусів електромоторів, стендів і верстатів, захищені. Всі рубильники встановлені на мармурових щитках і закріплені металевими кожухами. На виводах електропроводки передбачені легкоплавкі запобіжники і заземлення;
- на робочих місцях на ділянці ремонту на підлозі лежать дерев'яні трапи, а на ділянці випробувань – гумові килимки;
- в цеху застосовується міднений інструмент;
- для зняття статичної електрики цех обладнаний заземлюючими колодязями;
- підлога цеху бетонна, стіни до висоти 1,5 метра вологостійкі;
- дотримані всі вимоги планування, що не порушують техніку пожежної безпеки відповідно до ГОСТ 12.1.004-91: ділянка ремонту відокремлена від ділянки дефектації, розбирання та збирання стіною, а ділянки промивки і випробувань винесені в окремі блоки, з метою ізоляції підвищених джерел пожежі та джерел забруднень повітря на ділянку з нешкідливим видом виробництва;
- на випадок пожежі для забезпечення швидкої евакуації в цеху передбачені широкі проходи і проїзди; ділянки промивки і випробування агрегатів мають окремі двері для виходу з будівлі.

– цех укомплектований вогнегасниками, пожежними кранами з шлангами та системою пожежної сигналізації.

2. Щодо зниження запиленості та загазованості повітря:

– для видалення пилу і зменшення загазованості повітря застосовують витяжні шафи;

– проточно-витяжна вентиляція згідно ГОСТ 12.1.007-76, брезентові парусина з водотривким просоченням, кондиціонери дозволяють підтримувати постійну вологість і зберігати рухливість повітря;

– у системі вентиляції цеху використовується циркуляція теплого сухого повітря в зимовий час;

– для виключення дії на організм шкідливих хімічних чинників застосовується автоматизований процес промивки, витяжка, фільтруючі прилади, постійний контроль концентрації шкідливих речовин, спецодяг, паста ХІОТ-6, респіратор ГІРШ-2-59.

3. Щодо зниження рівня шуму:

– у цеху застосовуються протишумові екранізуючі перегородки: захисні огорожі, сітки-щити, кожухи;

– у боротьбі з шумом знаходять застосування фізіопрофілактичні заходи;

– для зменшення дії шуму від працюючого електродвигуна, редуктора і насоса установки, робоче місце оператора оточене звукоізоляцією.

– для індивідуального захисту працівників цеху застосовуються навушники.

5.2.1 Розрахунок вентиляції цеху з ремонту гідравлічної системи

Розрахунок вентиляції проводиться з умов забезпечення безпеки праці людини. Крайня допустима концентрація парів - 100 мг/м³.

Визначимо сумарне випаровування за годину:

$$W = U \cdot F,$$

де $U = 75 \text{ г/год}$ - випаровування з площі 1 м² при $t = 20^\circ\text{C}$;

$F = 1 \text{ м}^2$ - орієнтовна площа випаровування.

$$W = 1 \cdot 75 = 75 \text{ г} = 75 \cdot 10^3 \text{ мг}.$$

Визначимо об'єм ділянки ремонту:

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

де $a=13,7$ м – довжина ділянки ремонту;

$b=6,6$ м - ширина ділянки ремонту;

$h=6,7$ м - висота ділянки ремонту.

$$V = 13.76 \cdot 66.7 \cdot 7 = 6.0 \text{ м}^3.$$

Визначимо концентрацію парів на ділянці ремонту:

$$K_{cp} = \frac{W}{V};$$

$$K_{cp} = \frac{7 \cdot 1000}{605.8} = 123.8 \text{ мг/м}^3.$$

Як видно з розрахунку, концентрація парів на ділянці ремонту перевищує крайню допустиму концентрацію, при цьому необхідна вентиляція боксу.

Визначимо необхідну кратність обміну повітря в боксі:

$$n = \frac{K_{cp}}{K_o};$$

$$n = \frac{123.8}{100} = 1.238.$$

Приймаємо $n=2$.

Визначимо витрату вентилятора:

$$Q = V \cdot n;$$

$$Q = 605.8 \cdot 2 = 1211.8 \text{ м}^3/\text{год} = 0.337 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Визначимо потрібний напір вентилятора:

сумарні втрати тиску повітря в повітрязабирачі:

$$H = \sum (k \cdot L + z),$$

де H – потрібний тиск, Па;

k – втрати тиску повітря на тертя, Па;

L – довжина повітровода, м;

z – втрати тиску від місцевих опорів, кг/м³.

Приймаємо швидкість руху повітря в повітроводі:

$$V_n = 8 \text{ м/с};$$

$$k = 103 \text{ кг/м}^3 = 0.103 \text{ Па/м}.$$

Визначимо площу перерізу повітроводу:

$$S_n = \frac{Q}{V_n};$$

$$S_n = \frac{0.337}{8} = 0.042 \text{ м}^2.$$

Визначимо діаметр повітроводу:

$$d = \sqrt{4 \cdot S_n \cdot \pi / \pi^2} = \frac{2}{\pi} \cdot \sqrt{S_n \cdot \pi};$$

$$d = \frac{2}{\pi} \cdot \sqrt{0.042 \cdot \pi} = 0.23 \text{ м}.$$

Визначимо величину тиску повітроводу:

$$P_m = \frac{\rho \cdot V_n}{2 \cdot g},$$

де $\rho = 1.225 \text{ кг/м}^3$ - масова щільність повітря.

$$P_m = 1.225 \cdot 8^2 / (2 \cdot 9.81) = 4 \text{ Па}.$$

Визначимо втрати на ділянках повітроводу:

$$z = \frac{\xi \cdot \rho \cdot V_n}{2g} = \xi \cdot P_m,$$

де ξ – коефіцієнт місцевого тиску, що залежить від довжини повітроводу:

$$\xi = f(L_n).$$

З таблиці коефіцієнтів місцевих тисків вибираємо значення ξ для двох ділянок повітроводу:

- для ділянки за межами цеху довжиною $L_1=2\text{м}$: $\xi=1,5$;

- для ділянки в цеху довжиною $L_2=3\text{м}$: $\xi=2$.

Тоді

$$z_1=1,54=6\text{Па},$$

$$z_2=2 \times 4=8\text{Па}.$$

Визначимо напір в ділянках повітроводу:

$$H=k \cdot L+z ,$$

$$H_1=0,103 \cdot 2+6=62,06 \text{ Н/м}^2,$$

$$H_2=0,103 \cdot 3+8=83,09 \text{ Н/м}^2.$$

Визначимо витрати тиску в коліні повітроводу:

для: $d=0,25$ м радіуса $r=85$ мм, с кутом повороту 90° витрати

$$\zeta_k = 0,35 \text{ Па.}$$

Потрібний напір вентилятора:

$$H=H_1 + H_2 + 2 \cdot \zeta_k,$$

$$H=62,06+83,09+2 \cdot 3,5=152,2 \text{ Па.}$$

Знаючи потрібний напір і витрату вентилятора, підбираємо вентилятор НЦВ-30 з наступними характеристиками:

$$Q=2800 \text{ м}^3/\text{ч}; \quad H=150 \text{ Па}; \quad \eta=0,55.$$

Підбір електродвигуна:

Потрібна потужність електродвигуна:

$$N = \frac{H \cdot Q \cdot B}{3600 \cdot 102 \cdot \eta}$$

де $B = 1,1$ – коефіцієнт запасу міцності.

$$N = 15 \cdot 2800 \cdot 1,1 / (3600 \cdot 102 \cdot 0,55) = 6,23 \text{ кВт.}$$

5.3 Пожежна і вибухова безпека в цеху ремонту гідравлічної системи літака

Пожежна і вибухова безпека встановлюється ГОСТ 12.1.004-98. Джерелом вибуху або пожежі в цеху є горючі й легкозаймисті матеріали. Цей чинник виявляється в наслідку порушення технологічного процесу використання вогню, проведення яких-небудь операцій з горюче-мастильними матеріалами (ГММ) в зоні застосування відкритого вогню, або електричного розряду, який може привести до пожежі в наслідку виникнення іскри від удару або тертя металів і діелектричних елементів. У разі скупчення ГММ і відрізки дроту в невстановлених місцях можливе займання від сонячної радіації. Забезпечення пожежної і вибухової безпеки в цеху ремонту гідравлічної системи регламентується НПОГА-85 і здійснюється виконанням наступних заходів:

- навчання особового складу прийомам пожежної безпеки;
- реалізація норм і правил пожежної безпеки, інструкція про порядок роботи з пожежонебезпечними речовинами і матеріалами, про дотримання протипожежного режиму і про дії людей при виникненні пожежі;
- організація на території заводу пожежного водоймища з недоторканим запасом води.

При монтажі та продуванні систем азотом (киснем), перевірки на герметичність і працездатність систем та устаткування неприпустимо попадання масел і жирів на кисневе устаткування з причини вибухонебезпеки. Це забезпечується наступними заходами:

- вживане кисневе устаткування справне і оглянуте;
- робота виконується тільки в чистому спецодязі;
- в зоні робіт, пов'язаних з киснем, не допустиме виконання робіт, пов'язаних із застосуванням ГММ;
- зберігання кисневих балонів здійснюється тільки в спеціальних шафах, що фарбуються в блакитний колір, по можливості винесених з робочої зони, надійно захищених і таких, що мають попереджувальні знаки і написи «Не допускати зберігання кисню біля джерел тепла», «Транспорт вживаний для

транспортування кисню не повинен застосовуватися для транспортування інших газів і вантажів»

На ділянці промивки застосовується освітлювальне та інше електричне устаткування тільки у вибухонебезпечному виконанні. В цілях пожежної безпеки цехи обладнані вогнегасниками УП-2 і УП-8. Необхідно також встановити знаки, які вказують місце знаходження пожежних стендів і знаки із смисловим значенням «Обережно», телефонний і автоматичний пожежний зв'язок (сигналізацію) з пожежною охороною заводу, передбачений пожежний водопровід з кранами в колодязях. Розрахункова витрата води на зовнішнє пожежогасіння 20 л/с. Легкозаймисті речовини знаходяться в спеціальних місцях, спеціально відведених для цих потреб. Відпрацьоване дрантя зберігається в спеціальних ящиках. Крім того обладнане спеціальне місце для куріння, на території цеху обладнано пункт сповіщення про пожежу згідно ГОСТ 12 4 026-76. Захист від лазерного випромінювання досягається тим, що оператор знаходиться поза зоною випромінювання і спостерігає за процесом через захисне вікно і управляє лазерною установкою з пульта управління.

5.4 Інструкція з техніки безпеки у цеху ремонту гідравлічної системи літаків

5.4.1 Загальні вимоги

Приступати до виконання виробничого завдання, якщо відомі безпечні способи його виконання. У сумнівних випадках звертатися до майстра за поясненнями. При одержанні нової роботи вимагати від майстра додаткового інструктажу з охорони праці.

Знаходячись на території заводу, цеху, ділянки бути уважним до сигналів, що подаються водіями рухомого транспорту.

У цеху і на ділянці ходити тільки в передбачених для цього місцях. Обходити місця людей, що працюють на висоті, на безпечній відстані. Не курити у не відведених місцях.

Не вмикати і не залишати (крім аварійних випадків) верстати, устаткування, робота на яких не доручена керівництвом. Усувати несправності самостійно не дозволяється.

5.4.2 Спеціальні вимоги перед початком роботи

Впорядкувати робочий одяг.

Організувати своє робоче місце так, щоб усе необхідне було під руками. Якщо підлога мокра, слизька, вимагати від майстра, щоб зробили збирання. Перевірити освітленість робочого місця.

Перевірити справність і придатність інструмента, устаткування та оснащення.

Про всі виявлені несправності повідомляти майстру і без його вказівки до роботи не приступати.

5.4.3 Спеціальні вимоги під час роботи

Користуватися тільки справним інструментом і передбаченою для даних робіт технологічною картою.

Дбайливо обходитися з електро-, пневмоінструментом.

Не зупиняти обертальний інструмент руками або будь-яким предметом.

Напруга переносного електроінструмента повинна бути не вище 36 В; у приміщеннях з підвищеною небезпекою, особливо небезпечних і поза приміщеннями, напруга повинна бути не вище 12 В; допускається користування електроінструментом 220 В, якщо він має подвійну ізоляцію.

Деталі складати в спеціальну тару (сортовик) або на стелажі. Висота штабеля повинна бути не більше 1 м.

До роботи з бензином допускаються особи, що пройшли спеціальний інструктаж з охорони праці, протипожежних заходів.

Промивати в бензині та інших розчинниках тільки в спеціальних рукавичках, при цьому виконувати протипожежні правила.

5.4.4 Спеціальні вимоги по закінченні робіт

Перевірити наявність інструменту і захвати його в шафу. Впорядкувати робоче місце.

Не мити руки в олії, гасі, бензині і не витирати їх кінцями обтирального матеріалу, забрудненими стружкою. Електро- і пневмоінструмент здати в комору. Винести з приміщення відпрацьований бензин і використане дрантя.

Висновки до розділу 5

На основі проведеного аналізу небезпечних та шкідливих виробничих чинників, що мають місце при ремонті агрегатів гідравлічної системи літаків типу Іл, розроблені конкретні заходи, що дозволяють підвищити безпеку праці інженерно-технічного та виробничого складу цеху.

Заходи щодо забезпечення безпеки праці є найважливішою складовою будь-якого виробничого і невиробничого процесу. Від їх своєчасної реалізації і опрацювання залежить здоров'я людей, а, як наслідок, економічна ефективність роботи підприємства.

Правильно спроектований і виконаний розрахунок вентиляції цеху робочого місця забезпечує можливість нормальної науково-технічної або виробничої діяльності.

Після проведення аналізу небезпечних та шкідливих факторів, що мають місце при технічному обслуговуванні повітряних суден, його вузлів та агрегатів, були розроблені конкретні і конструктивні заходи з техніки безпеки, що дозволять підвищити безпеку та ефективність праці інженерно технічного складу авіаційно-технічної бази.

Комплекс розроблених заходів виключає травматизм і поліпшує здоров'я та умови праці технічного персоналу при технічному обслуговуванні повітряних суден.

РОЗДІЛ 6

ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

6.1 Захист навколишнього середовища від забруднення авіаційними відходами

Цивільна авіація в ході виробничої діяльності надає на навколишнє середовище певний негативний вплив.

Значні обсяги забруднених вод потрапляють у відкриті водойми з території аеропортів разом з дощовими, талими та поливо мийними водами, що містять нафтопродукти з місць стоянок, відходи рідини "Арктика", хімреагент, різні хімічні елементи і сполуки, що утворюються при роботі двигунів.

Тому при проектуванні авіапідприємств необхідно передбачати збір і очищення поверхневих вод з забруднювальних територій перед скиданням у відкриті водойми.

Робоча рідина АМГ-10 надає шкідливий вплив як на людей, так і на навколишнє середовище. Відходи АМГ-10 в процесі експлуатації літаків можуть з'являтися в результаті наступних причин:

- при заправці, промиванні гідросистеми, зливів з неї гідро рідини;
- при аварійних розливах на землю в разі розгерметизації системи;
- при протоках на землю в результаті помилкових дій обслуговуючого персоналу в процесі ТО.

Збір відходів повинен здійснюватися інженерно-технічним персоналом, відразу ж після потрапляння рідини на поверхню бетону стоянки, елементів конструкції літака або засобів технічного обслуговування. При цьому можуть використовуватися такі способи збору відходів:

- за допомогою спеціальної тари (при значному обсязі пролитої рідини в разі помилкових дій, аварій або розгерметизації системи);
- за допомогою дрантя, яка потім теж повинна міститися в спеціальну герметичну ємність;
- за допомогою піску, добре поглинає рідину.

В іншому випадку, потрапляючи в стічні води (господарсько-побутові; поверхневий стік; формований дощовими і талими сніговими водами, ґрунтові води) рідина забруднює водойми, порушуючи їх флору і фауну.

На робочих ділянках доцільно застосування локальних очисних споруд. Так як в процесі експлуатації кількість відходів рідини АМГ-10 зазвичай буває невелика, то утилізувати їх після кожного ТО видається недоцільним.

Тому постає питання про зберігання відходів на території експлуатаційного підприємства.

Для цього необхідно обладнати спеціальне приміщення-склад для зберігання не тільки відходів АМГ-10, а й інших речовин, що неминуче з'являються в процесі експлуатації ЛА.

Приміщення повинно бути обладнане :

- надійною системою вентиляції; засобами запобігання і гасіння пожежі;
- засобами сигналізації та контролю за станом зберігаються речовин;
- охороною;
- зручними шляхами під'їзду спецтранспорту та інше;
- установки для очищення стічних вод.

Очищення виробничих стічних вод від шкідливих органічних сполук, характерних для підприємств ЦА, має такі особливості як очищення від ацетону, біохімічна в аеротенках з ефектом в 100%, але період аерації повинен бути досить тривалим – 24 години. Використовують також окислення ацетону киснем повітря з каталізаторами.

Для очищення стічних вод від бензолу застосовують азеотропну зачистку, біохімічну очистку в аеротенках та вторинних відстійниках, а також спалювання. На деяких підприємствах бензол піддають біохімічній очистці в аеротенках спільно з побутовими стічними водами в співвідношенні 1: 3.

6.2 Фільтрування (механічний спосіб доочищення)

Поряд з відомою спільністю процесів доочищення побутових і виробничих стічних вод в цих процесах є істотні відмінності, зумовлені різним складом

фільтровану суспензій. Стічні води промислових підприємств навіть після біологічної очистки містять значну кількість забруднень, характерних для різних виробництв, наприклад ефіророзчинні речовини, масла, смолисті речовини, целюлозу, лігнін і т. д. Ці речовини здатні чинити вплив на механізм процесу фільтрування через зернисту завантаження і змінювати структуру відкладень в більшій мірі, ніж забруднення побутових стічних вод.

Властивості різних виробничих стічних вод в наслідок біологічної очистки не стають однаковими, і вони впливають на вибір конструктивних і технологічних параметрів фільтрів типу і крупності зерен завантаження, висоти шару, напрямку потоку рідини, умов регенерації завантаження, засобів обробки промивної води і т. п. Уточнені параметри можуть бути отримані в результаті експериментальних досліджень на реальних стічних водах різних промислових підприємств.

При проектуванні швидких фільтрів для очищення виробничих стічних вод рекомендується передбачати перед фільтрами установку барабанних сіток з отворами розміром 0,5-1 мм і розрахунковою швидкістю проціджування 40-50 м³.

Для доочистки біологічно очищених стічних вод застосовуються фільтри з напрямком потоку згори вниз та знизу вгору. Аналіз опублікованих результатів по доочистці і вивчення конструкцій швидких фільтрів показує, що поряд з фільтрами з напрямком потоку знизу вгору вельми перспективними конструкціями є фільтри з багатошаровою і грубозернистим завантаженнями

6.3 Засоби очищення стічних вод від нафтопродуктів

Для очищення стічних вод від нафтопродуктів в практиці застосовується механічна очистка (решітки, відстійники, пісковловлювач, нефтеловушки, піщані фільтри), фізико-хімічна (нейтралізація, флотація, окислення киснем повітря і озоном, коагуляція), біологічна (аеротенки, біологічні фільтри). При малих концентраціях нафтопродуктів в стоках може застосовуватися біохімічне очищення в аеротенках та біологічних ставках. Нафта і нафтопродукти розкладаються в аеробних умовах мікроорганізмами. Додавання до стічних вод

мінеральних солей, господарсько-фекальних вод, необхідних для життєдіяльності мікроорганізмів, подача повітря сприяють швидшому розкладанню залишків нафти і нафтопродуктів як на спорудах біохімічної очистки в аеротенках, аерофільтрах і біологічних ставках, так я в невеликому ступені в водоймах. На очисних спорудах важливу роль в розкладанні нафти відіграють мікроорганізми.

6.4 Опис роботи очисних споруд в цілому

Очисні споруди з біологічними фільтрами мають ряд недоліків. До них відносяться значне число окремо розташованих додаткових споруд, без яких фільтри працювати не можуть, складність будівництва в експлуатації, великі капітальні витрати.

Крім того, негативний вплив на ефект очищення надають нерівномірність надходження стічних вод і коливання концентрацій забруднень. Тому в даний час як в Україні, так і за кордоном набувають поширення нові типи споруд - різні компактні очисні установки зі спеціальними аераційними пристроями. Подібні установки виконують у вигляді одного блоку, що складається з зон аерації стічної рідини, вторинного відстоювання і аеробного зброджування осаду.

Робота такої компактної біологічної установки полягає в наступному. Стічна вода через розподільний лоток з впускними вікнами надходить в зону аерації. Далі суміш стічної води та активного мулу через впускні вікна проходить у вторинні відстійники і, огинаючи занурену стінку, надходить в відстійну зону. Після цього прояснені стоки за вільними переливним лотків направляються за межі споруд.

Насичення суміші стічної води та активного мулу киснем повітря, а також циркуляція активного мулу між зонами відстою і аерації здійснюються за допомогою механічного аератора поверхневого типу і циркуляційного трубопроводу. У зону аеробного зброджування вбудовано відділення відстійника, що дозволяє відокремлювати мулову воду і через випускні вікна скидати її в відвідної лоток освітленої води. З вторинного відстійника стічна вода надходить в

контактну ємкість, куди одночасно подається необхідна кількість хлору, після чого оброблена вода надходить у водойму.

Фірма «Інснерітоймісто» (Фінляндія) виготовляє блоки очисних споруд, що збираються на місці будівництва каналізації і конструктивно виконані у вигляді аеротенках відстійника. За методом очищення вони відповідають вітчизняним компактним установкам.

Фірма «Умвельттехнік» (ФРН) випускає три види установок для очищення стічних вод, що містять сполуки важких металів - хрому, нікелю, цинку, міді. Для видалення зі стоків металевих з'єднань в них використовуються селективні іонообмінники, а також іонообмінні установки, які беруть участь у очищенні води для її повторного використання.

На авіаційному заводі фірми «Боїнг (США) стічні води, що містять отруйні сполуки шестивалентного хрому, надходять в збірний резервуар, з резервуара - в камеру реакції, куди через сульфонатор подається сірчистий газ SO_2 , який переводить з'єднання шестивалентного хрому в тривалентний гідрат окису хрому. Останній осідає добавкою вапна.

Пересувні станції невеликої пропускної спроможності для біологічного очищення господарсько-побутових і промислових стічних вод випускаються в Чехії, Польщі, Угорщині та інших країнах.

Описані установки для очищення стічних вод відрізняються великою різноманітністю в конструктивному вирішенні різних головних елементів. У них по-різному поєднуються процеси біокоагуляції, відстоювання, освітлення рідини в підвішеному осаді. Вони цілком виготовляються на заводі, а на місці експлуатації їх тільки збирають і приєднують до трубопроводів і джерел електроенергії. Комплекс обладнання та його монтаж вимагають мінімальних витрат і невеликій площі. Ефект очищення стічних вод за значенням ВПК (біохімічне споживання кисню) і змістом зважених речовин не менше 95%. Застосування таких компактних установок допоможе легше і швидше вирішити проблему очищення стічних вод в аеропортах.

6.5 Екологічна небезпека експлуатації повітряних суден та їх двигунів

В процесі експлуатації і ТО гідравлічного обладнання літака Іл-76 відбувається забруднення навколишнього середовища в результаті випаровування вуглеводнів, що більш як 90% рідини АМГ-10. Небезпека забруднення повітря посилюється тим, що в результаті окислення вуглеводнів можуть утворюватися високотоксичні продукти органічні перекиси і т.д.

При забрудненні нафтопродуктами навколишнього середовища природі наноситься значної шкоди. Найбільшу небезпеку становить собою забруднення стічних і ґрунтових вод, що пояснюється наступними причинами:

- випадковий протікання рідини АМГ-10 в результаті необережності чи порушення правил технічного обслуговування;
- проливання рідини в результаті зовнішньої негерметичності агрегатів гідравлічного обладнання літака або засобів механізації процесу ТО.

Пари вуглеводнів, зокрема нафтопродуктів і продуктів їх згоряння, можуть викликати серйозні захворювання органів дихання, зору, серцево-судинної системи людини.

У зв'язку з великою забрудненістю стічних і ґрунтових вод, ґрунту, атмосфери необхідні рішучі заходи на різке скорочення викидів шкідливих речовин.

Для запобігання появи в атмосфері і ґрунтових водах важких вуглеводневих фракцій, сірчистого водню, двоокису азоту пропонується строго дотримуватися правил зберігання, транспортування та використання авіапалив, мастильних матеріалів, спецрідин.

Відпрацьовані ПММ збирати в спеціальні ємності з кришками для подальшої переробки, що дозволить раціонально використовувати ПММ.

Поліпшення оснащеності процесів ТО технічними засобами механізації і автоматизації дозволить знизити кількість ПММ і спецрідин, що потрапляють в ґрунт і атмосферу.

Комплекс заходів щодо вдосконалення процесів ТО гідрообладнання літака Іл-76, пропонований в цьому проекті, а саме: підвищення рівня

контролепригодности гідросистеми; розробка стенду для ТО гідросистеми і очищення гідроїдкості без її заміни, дозволить знизити кількість проливаної при ТО рідини АМГ-10.

Оснащення фільтрів 11ГФ12СІ, 11ГФ9СІ, а також зливних фільтрів датчиками перепаду тиску, постановка приладів контролю внутрішньої негерметичності на окремі агрегати гідросистеми Іл-76 дозволить здійснювати контроль технічного стану цих виробів АТ без їх демонтажу.

Використання пропонованої установки дозволить збільшити періодичність заміни АМГ-10, що, в кінцевому підсумку, зменшує ймовірність її протоки.

Висновки до розділу 6

Авіаремонтні підприємства є джерелом забруднення навколишнього середовища; їх робота призводить до:

- забруднення атмосферного повітря шкідливими речовинами від роботи двигунів літаків;
- скидання неочищених стічних вод і шкідливих викидів з території авіаційного заводу в ґрунт, ріки, водоймища;

- виникнення виробничих шумів;
- появи електромагнітних полів та іонізуючого випромінювання.

Для зменшення впливу вище перерахованих факторів на авіаремонтних підприємствах необхідно:

- використовувати сучасні ресурсо- і енергозберігаючі технології;
- проводити інструктажі з працівниками;
- суворо контролювати виконання усіх норм та правил щодо захисту навколишнього середовища;
- збільшувати площу земельних насаджень;
- фінансово забезпечувати заходи з охорони навколишнього середовища.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Для інтенсифікації технічної експлуатації АТ на основі досягнень науково – технічного прогресу, економії матеріальних, паливо– енергетичних і трудових ресурсів необхідно подальше удосконалення технічного обслуговування та ремонту ПС та авіадвигунів, збереження їх надійності і довговічності.

При цьому передбачається скорочення часу підготовки ПС і авіадвигунів до ремонту і впровадження ефективних технологічних процесів оптимізації процедури ремонту АТ і скорочення його термінів. У вирішенні цих завдань важливе значення має своєчасне і повне забезпечення ремонтних або експлуатаційних частин необхідними запасними частинами або установками для відновлення пошкоджених деталей.

Слід зазначити, що в багатьох випадках відновлені деталі більш довговічні, ніж серійні, у випадках застосування сучасних технологій поверхневого зміцнення і нанесення зносостійких покриттів.

Як відомо, знос є результатом процесу руйнування і відділення частинок матеріалу від робочої поверхні деталі при терті і проявляється в поступовій зміні її розмірів і форми. Вибір оптимального способу відновлення передуює визначення величини зносу, характеру процесу зношування і причини, що викликає його розвиток.

Більшість вузлів тертя авіаційних конструкцій, деталі яких працюють в різних умовах контактної взаємодії, мають досить високу зносостійкість і забезпечують надійну роботу авіаційних трибосистем протягом заданих ресурсів. Однак, як свідчать результати дефектації деталей, що труться, випадки передчасного виходу з ладу трибовузлів з вини підвищеного зносу непоодинокі. Результатом інтенсивного зношування в цих випадках є зниження працездатності пари тертя, а отже, і зниження її довговічності, що в деяких випадках призводить до відмов у роботі.

Проблема тертя і зношування є в даний час однією з найбільш важливих при експлуатації машин, тому для її вирішення приділено дуже багато уваги вчених.

Багато завдань трибології і триботехніки до теперішнього часу вирішуються або експериментально, або зі значними спрощеннями. У зв'язку з цим актуальним є подальший розвиток методів розрахунку на тертя і зношування, зокрема рішення нестационарних задач зношування, більш точний облік механічних, фізико-хімічних та геометричних властивостей поверхонь тертя і властивостей навколишнього середовища.

Для поверхневого зміцнення і відновлення зношених деталей в даний час на авіаремонтних підприємствах застосування знаходять різноманітні технологічні методи.

Пріоритетним напрямком в технологічних процесах поверхневого зміцнення і відновлення деталей вузлів тертя сучасних технічних пристроїв є комплексні методи, які передбачають як послідовне, так і одночасне використання двох і більше методів.

При виборі методу поверхневого зміцнення деталей АТ необхідно враховувати наступне:

- наукоємність технологічного забезпечення поверхневого зміцнення;
- ресурсні витрати на технологічне забезпечення нанесення зміцнюючих захисних покриттів;
- забезпечення зростання прибутку.

Запропоновані технологічні методи поверхневого зміцнення відкривають необмежені можливості для створення захисних структур триботехнічного призначення, що забезпечують надійну роботу вузлів тертя в найрізноманітніших умовах, а саме: великих навантажень, високих температур і швидкостей тертя, впливу вібрації, кавітації, корозійних і абразивних середовищ та ін. Створення захисних структур на робочих поверхнях деталей машин, механізмів і технологічної оснастки дає змогу підвищити їх надійність і довговічність, продуктивність праці, зменшити витрату чорних і кольорових металів і як результат – заощадити величезні матеріальні, енергетичні й трудові ресурси.

Упровадженню у експлуатаційні частини технологічних методів, що забезпечують одержання захисних структур, передують моделювання роботи вузлів

тертя, установлення впливу зовнішніх чинників на його працездатність, вивчення процесів, які розвиваються на поверхнях тертя, зміцнених досліджуваними покриттями.

Наукова новизна полягає в наступному:

– методика визначення швидкостей газової і дисперсної фаз плазмового струменя за допомогою виготовленого дискового приладу;

– математична модель плазмотрона з однофазним стаціонарним плазмовим струменем.

Практична значимість

Запропонована процедура і метод плазмового напилення пар тертя плунжерних гідравлічних насосів може використовуватися і в інших вузлах тертя та системах ПС.

Запропонована установка для нанесення плазмового покриття з водоохолоджуваною мідною з цирконієвою термостійкою вставкою.

Результати даної магістерської роботи дозволяють підвищити строк служби, надійність та довговічність плунжерних насосів завдяки нанесеному на пари тертя покриття, яке захищатиме їх від швидкого зношування.

Натурні стендові випробування пар тертя плунжерних насосів показали, що зносостійкість напилених поверхонь за вдосконаленою технологією перевершує зносостійкість ненапилистих в 1,1...1,3 рази.

СПИСОК БІБЛІОГРАФІЧНИХ ПОСИЛАНЬ

1. Аналіз надійності парку повітряних суден України – К.: 2010 – 2015 рр.
2. Бурлаков В.І., Новіков І.М., Порва В.В. Надійність авіаційної техніки. – К.: КМУЦА, 2000. – 116 с.
3. Белан А.Ф. Инструкция по летной эксплуатации Ил-76. – М.: Транспорт, 1998. – 139 с.
4. Лозовский В.Н. Надежность гидравлических агрегатов. – М.: Машиностроение, 1974. – 320 с.
5. Трибологія: підручник / М.В. Кіндрачук, В.Ф. Лабунець, М.І. Пашечко, Є.В. Корбут – К.: НАУ, 2009. – 410 с.
6. Кудрін А.П. Основні види зношування деталей вузлів тертя сучасної авіаційної техніки\А.П. Кудрін, О.В. Мельник// Проблеми тертя та зношування: Наук.-техн. Зб. – К.: НАУ, 2007. – Вип 48. – С. 160 – 168.
7. Лабунець В.Ф. Тенденції створення захисних структур триботехнічного призначення. / Проблеми тертя та зношування: наук.-техн.збірник. – К: НАУ, 2010.-Вип.45-с.107-118.
8. Уварова І.В. Структура та триботехнічні характеристики композиційних покриттів. / І.В. Уварова, В.Ф. Лабунець, Р.М. Медюх та ін.// Проблеми тертя та зношування: наук.-техн.збірник. – К: НАУ, 2009.-Вип.38-с.93-95.
9. Кіндрачук М.В. Трибологія: [підручник] /, В.Ф. Лабунець, М.І. Пашечко, Є.В. Корбут. // Вид-во НАУ, 2009. – 392 с.
10. Хасуй А. Техника напыления. /Пер. с японского ред.: В.С.Блохин и Е.В.Мельников. // М.: Машиностроение, 1975 – 288 с.
11. Лашенко Г.И. Плазменное упрочнение и напыление. – К.: Екотехнология, 2003 – 64 с.
12. Кудинов В. В., Пекшев П. Ю., Белащенко В. Е. Нанесение покрытий плазмой. М.: Наука, 1990. – 406 с.

13. Порошковая металлургия и напыленные покрытия: Учебник для вузов / В. Н. Анциферов, Г. В. Бобров, Л. К. Дружинин и др. М.: Металлургия, 1987. – 792 с.

14. Борисов Ю. С., Борисова А. Л. Плазменные порошковые покрытия. К.: Техника, 1986. – 223 с.

15. Качество плазменных покрытий, напыленных на внутренние поверхности деталей / Д.И. Станчев, А.М. Кадырметов, В.А. Иванников // Новационные технологии и управление в технических и социальных системах. Вып. 1: Тез. докл. межвузовской науч.-практ. конф. – Воронеж: 1999. – С. 49-50.

16. Плазменное напыление хромоникелевых сплавов, легированных бором и кремнием с последующим оплавлением напыленных слоев / Шалшур А.С., Яковлев Т.М., Нгуэ Л.Д., Беляев Г. Я. // Прогрессивные технологии машиностроения. – Минск: 1972. – Вып. 4. – С 170-177.

17. Сбрижер А. Г. Разработка технологии получения покрытий из самофлюющихся сплавов на деталях, работающих в условиях периодического нагружения: Дис. ... канд. техн. наук. – Минск, 1983. – 224 с.

18. Сивиркин В. Ф., Рогачев Н. М. Теоретическое и экспериментальное исследование турбулентной плазменной струи // Инженерно-физический журн. – 1969. – ЯЗ. - С. 437-446.

19. Методические рекомендации по определению адгезионной прочности покрытий / Н. Н. Дорожкин, И.Л. Куприянов, Е.П. Генин, Ю.Н. Гафо. Мн.: ИНДМАШ АН БССР, 1985. – 54 с.

20. Адлер Ю.П., Маркова Е.В., Грановский Ю.В. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий. – М.: Наука, 1976. – 279 с.

21. Налимов В.В., Чернова Н.А. Статистические методы планирования экстремальных экспериментов. – М.: Наука, 1965. – 398 с.