

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
«__» _____ 2022 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
(ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА)
ЗДОБУВАЧА ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ «МАГІСТР»

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

Тема: «Властивості мастил з антифрикційними добавками»

Виконав: _____ **Б.В. Корзун**

Керівник: д-р техн. наук, проф. _____ **Р.Г. Мнацканов**

Консультанти з окремих розділів пояснювальної записки:

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

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

Нормоконтролер
канд. техн. наук, доц. _____ **А.М. Хімко**

Київ 2022

НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Аерокосмічний факультет

Кафедра підтримання льотної придатності повітряних суден

Освітній ступінь «Магістр»

Спеціальність 272 «Авіаційний транспорт»

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

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

канд техн. наук, доц.

_____ О.В. Попов

« ___ » _____ 2022 р.

ЗАВДАННЯ

на виконання кваліфікаційної роботи КОРЗУНА БОГДАНА ВАЛЕРІЙОВИЧА

1. Тема роботи: **«Властивості мастил з антифрикційними добавками»** затверджено наказом ректора від 29 вересня 2022 року № 1785/ст.
2. Термін виконання роботи: з 26 вересня 2022 року по 30 листопада 2022 року.
3. Вихідні дані до роботи: статистичні дані щодо результатів випробування мастильних матеріалів з додаванням різних антифрикційних матеріалів, методи дослідження антифрикційних властивосте мастильних матеріалів.
4. Зміст пояснювальної записки: аналіз досвіду використання змащувальних матеріалів в авіаційній техніці, аналіз існуючих методів підвищення експлуатаційних властивостей змащувальних матеріалів, розробка методичних основ підвищення експлуатаційних властивостей мастильних матеріалів, розробка заходів по охороні праці та навколишнього середовища.
5. Перелік обов'язкового графічного (ілюстративного) матеріалу: класифікація мастильних матеріалів, класифікація мастильних матеріалів за цільовим призначенням, вимоги до мастильних матеріалів, випробування мастильних матеріалів, стенд для дослідження мастильних матеріалів, аналіз коефіцієнтів тертя при різному вмісті антифрикційних добавок, аналіз зносу деталей при різному вмісті антифрикційних добавок.

Графічний (ілюстративний) матеріал виконано за допомогою Microsoft Office Excel, Power Point, САПР КОМПАС та AutoCad та представлено у вигляді презентацій.

6. Календарний план–графік

Завдання	Строк виконання	Відмітка про виконання
Аналіз досвіду використання змащувальних матеріалів в авіаційній техніці	26.09.22-30.09.22	
Аналіз існуючих методів підвищення експлуатаційних властивостей змащувальних матеріалів Постановка задач дослідження	01.10.22 –15.10.22	
Вибір методики дослідження властивостей змащувальних матеріалів	16.10.22 –20.10.22	
Розробка плану експериментів дослідження змащувальних процесів	21.10.22 –27.10.22	
Проведення досліджень та аналіз отриманих результатів	28.10.22 –10.11.22	
Розробка методичних основ підвищення експлуатаційних властивостей мастильних матеріалів	11.11.22 –14.11.22	
Виконання окремих розділів роботи : охорона праці, охорона навколишнього середовища	15.11.22 –18.11.22	
Оформлення пояснювальної записки та ілюстративного матеріалу	19.11.22 –22.11.22	
Попередній захист кваліфікаційної роботи	22.11.22 –24.11.22	

7. Консультанти по окремим розділам

Розділ	Консультант	Дата, підпис	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Охорона праці	Ст. викладач Козлітін О. О.		
Охорона навколишнього середовища	Канд. біол. наук, доц. Падун А.О.		

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

Керівник кваліфікаційної роботи _____ Р.Г. Мнацаканов

Завдання прийняв до виконання _____ Б.В. Корзун

Реферат

Пояснювальна записка до кваліфікаційної роботи: «Властивості мастил з антифрикційними добавками» містить:

106 с., 26 рис., 2 табл., 48 посил.

Об'єкт досліджень – зносостійкі властивості мастил з з антифрикційними добавками.

Предмет досліджень – мастильні матеріали I-20 А, I-40 та антифрикційні добавки дисульфід молібдену та графіт.

Мета кваліфікаційної роботи – проведення фізико-хімічних і трибологічних властивостей мастил з антифрикційними добавками: графіту і дисульфиду молібдену та розробка рекомендацій щодо їх застосування в різних вузлах авіаційної техніки.

Методи дослідження.

Триботехнічні випробування матеріалів трибосистем, фізичні методи аналізу поверхні тертя для визначення, аналіз зміни коефіцієнту тертя при додаванні антифрикційних матеріалів.

Практичне значення роботи полягає в підвищенні фізико-хімічних та експлуатаційних характеристик мастильних матеріалів з метою збільшення ресурсу важко навантажених пар тертя.

Розроблені автором рекомендації можуть бути запропоновані для підвищення антифрикційних властивосте мастильних матеріалів для важко навантажених пар тертя.

**МАСТИЛО, АНТИФРИКЦІЙНА ДОБАВКА, МОЛІБДЕН, ГРАФІТ,
ПАРА ТЕРТЯ, ЗНОС, КУЛЯ, ПЛОЩИНА**

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ, ПОЗНАЧЕНЬ ТА ІНДЕКСІВ.....	8
ВСТУП.....	10
РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ ФАКТОРІВ, ЩО ВПЛИВАЮТЬ НА ПРОЦЕСИ ЗНОШУВАННЯ В МАСТИЛЬНОМУ СЕРЕДОВИЩІ	13
1.1 Тертя, зношування та знос.....	13
1.2 Мастильні матеріали	18
1.2.1 Масла	20
1.2.2 Пластичні мастила.....	24
1.3 Механізм антифрикційної дії мастильних матеріалів.....	28
1.4 Графіт.....	30
1.4 Дисульфід молібдену	32
1.5 Додаткові функції мастильного матеріалу у вузлі тертя.....	32
1.6 Постановка завдань	34
Висновки до розділу 1	35
РОЗДІЛ 2 ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗМАЩУВАЛЬНОЇ ДІЇ МАСТИЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ. МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ	36
2.1. Випробування мастильних матеріалів.....	37
2.2 Аналіз устаткування для дослідження триботехнічних характеристик мастильних матеріалів	38
2.3 Випробування мастил на багатофункціональній машині тертя SRV-III Test System.....	41
2.4 Випробування мастил на двухкоординатній машині тертя.....	46
Висновки до розділу 2.....	50
РОЗДІЛ 3 ДОСЛІДЖЕННЯ АНТИФРИКЦІЙНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ МАСТИЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ.....	51
3.1 Визначення дисперсності графіту і дисульфиду молібдену.....	51
3.1.1 Визначення поверхневого натягу.....	53
3.1.2 Оцінка термічної стабільності.....	55

3.3	Визначення антифрикційних характеристик мастильних матеріалів на машині тертя SRV-III Test System.....	56
	Висновки до розділу 3.....	64
РОЗДІЛ 4 ОХОРОНА ПРАЦІ.....		64
4.1	Перелік небезпечних і шкідливих виробничих чинників діючих при ремонті літального апарату	65
4.2	Організаційні, конструктивно-технологічні заходи щодо зменшення небезпечних і шкідливих виробничих факторів.....	66
4.2.1	Пожежна й вибухова безпека	68
4.2.2	Мікроклімат виробничих приміщень	72
4.2.3	Вентиляція виробничих приміщень.....	73
4.2.4	Виробниче освітлення	74
4.3	Електрозахисні засоби. Основні заходи захисту від ураження електричним струмом. Розрахунок заземлення пристрою для дослідження матеріалів на тертя та зношування	76
	Висновки до розділу 4.....	85
РОЗДІЛ 5 ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА		86
5.1	Вплив авіації на навколишнє середовище.....	86
5.2	Джерела і фізико-хімічні характеристики забруднень атмосферного повітря. 86	
5.3	Джерела і фізико-хімічні характеристики забруднень ґрунтів та водоймищ....	88
5.4	Утилізація масел	95
	Висновки до розділу 5.....	102
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....		103
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....		104

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ, ПОЗНАЧЕНЬ ТА ІНДЕКСІВ

АТ	– авіаційна техніка
КОН	– кислотне число;
ЛА	– літальний апарат;
НМ	– нафтових масел;
НПС	– навколишнє природне середовище;
ПАР	– поверхнево-активні речовини;
ПММ	– паливно-мастильні матеріали;
$\frac{dH}{dx}$	– градієнта швидкості між шарами рідини
λ	– накопичений знос;
τ	– час зношування;
ρ	– густина рідини;
η	– в'язкість системи;
v_i	– швидкість зношування;
d_r	– діаметр площі пружної деформації по Герцу при навантаженні F_i , мм;
d_i	– середній діаметр плям зносу при навантаженні F_i , мм;
F_i	– осьове навантаження i -го іспиту, Н;
F_n	– випробувальне навантаження;
F_R	– випробувальна сила;
F_k	– навантаження заїдання;
F_c	– навантаження зварювання;
g	– прискорення вільного падіння;
H	– висота стовпа рідини;
n	– число іспитів;
r	– радіус частинок;
μ	– динамічна в'язкість
μ_0	– табличне значення динамічної в'язкості при t_0 ;

v	– кінематична в'язкість
$I_{гр}$	– граничний знос деталі;
I_d	– знос деталі;
K_B	– індекс тиксотропного відновлення;
$K_{ВП}$	– коефіцієнт взаємного перекриття;
K_p	– індекс руйнування;
$T_{мр}$	– мжремонтний ресурс;

ВСТУП

В даний час йде процес застосування технічних засобів, що використовуються в широкому діапазоні господарської діяльності від простих автоматів до експлуатації літальних і космічних апаратів. Більшість з цих технічних пристроїв працюють в різних середовищах, при великих тисках в опорах, при великих швидкостях ковзання, при високих динамічних і температурних навантаженнях.

Періодичний ремонт і відновлення пар тертя не завжди прийнятно, оскільки це зв'язано з високими експлуатаційними витратами, трудомісткістю ремонту, витратами матеріалів, що у кілька разів перевищують витрати на виготовлення нових машин. Ремонтом устаткування, навіть у розвинутих країнах, зайняте близько 30 % загального числа робітників і приблизно така ж частина верстатного парку.

На ремонт витрачається п'ята частина усього виплавленого металу. Такі значні витрати обумовлені недооцінкою значимості проблем підвищення зносостійкості і довговічності машин, як нині експлуатованих і проєктованих, так і намічених до випуску на найближчі роки [1]. Основним напрямком розвитку народного господарства країн – є різке підвищення надійності і довговічності машин, технологічного устаткування й інструменту, що безпосередньо зв'язано з підвищенням зносостійкості. Рішення цієї актуальної задачі може бути здійснено тільки на базі глибоких науково обґрунтованих рішень.

Актуальність роботи

Керування тертям – правильний вибір матеріалів по тертю і зносостійкості, раціональне конструювання рухливих сполученні й оптимізація умов експлуатації – може істотно продовжити термін життя машин при незначному збільшенні їхньої вартості.

Виробництво й експлуатація машин поряд з кількісним ростом буде переважати тенденцію підвищення якісних і економічних показників.

Підвищення, що висувається на перший план, довговічності машин, що лімітується головним чином довговічністю вузлів і елементів тертя, рівносильне не тільки пропорційному підвищенню продуктивності, але і вивільненню величезних

ресурсів робочої сили, сировини, матеріалів, фінансових капіталовкладень і капітального будівництва.

Задача підвищення довговічності вузлів тертя вкрай ускладнюється, тому що тенденція розвитку науки, техніки і технології виробництва невблаганно приведе до жорсткості й ускладнення режиму роботи машин, а значить, і вузлів тертя по навантаженнях, швидкостям, температурам, дисипуючим енергіям, вібрації, умовам впливу різних газових і рідких середовищ, впливу радіоактивних випромінювань і т.д. Крім того, конструктори прагнуть до зменшення габаритів і питомих масових характеристик вузлів тертя, що ще більше ускладнить задачу.

Визнано, що змащувальні матеріали слід розглядати як елемент конструкції машин і механізмів. Сучасні матеріали пар тертя здатні працювати при більш високих температурах, ніж існуючі мастильні матеріали.

Змащувальна здатність масел залежить від поєднання багатьох факторів, що впливають один на одного, і які визначають в сукупності характер впливу масла на зношування і тертя змащувальних поверхонь [2]. Взаємодія цих факторів на даний час недостатньо використовує змащувальну здатність масел в підвищенні надійності і довговічності пар тертя.

Існування багатьох теорій змащування не завжди повністю використовується на практиці для вибору і розробки змащувальних матеріалів з огляду на те, що змащування здійснюється в більш широких межах, ніж це випливає з теорії.

Тенденції розвитку сучасного суспільства, ринкова конкуренція ставлять перед виробником дуже складне завдання: зниження вартості експлуатації виробів з урахуванням забезпечення максимальної безпеки. Основним напрямком по поліпшенню якості виробів з урахуванням того, що від 80 до 90 % відмов машин, робочого інструменту і механізмів відбувається через зношування вузлів і деталей, стає створення незносного вузла тертя. Дане завдання вирішується двома шляхами: впровадженням більш досконалих конструкційних рішень і створенням нових мастильних матеріалів.

На сьогоднішній день з урахуванням розвитку хімії та хімічної технології другий шлях здається найбільш перспективним, і необхідно відзначити, що

різноманіття мастильних засобів збільшилася в порівнянні з 60 роками ХХ століття на кілька порядків.

Одним з найважливіших типів мастил є тверді мастильні матеріали: графіт, дисульфід молібдену, нітрид бору, шунгіт, діселеніда молібдену. Так, графіт і дисульфід молібдену використовуються або як твердого мастильного матеріалу в чистому вигляді, або у вигляді пластичних мастил, де система загущена милом, або парафіном, або церезином. Однак, незважаючи на перспективність використання в якості антифрикційної добавки до моторних мастил, а також мастил інших призначень, вони зустрічаються вкрай рідко і виключно в складах зарубіжних виробників.

РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ ФАКТОРІВ, ЩО ВПЛИВАЮТЬ НА ПРОЦЕСИ ЗНОШУВАННЯ В МАСТИЛЬНОМУ СЕРЕДОВИЩІ

1.1 Тертя, зношування та знос

У сучасній механіці під тертям розуміють широке коло явищ, що викликаються взаємодією дотичних поверхонь твердих тіл при відносному переміщенні, а також внутрішнім рухом в твердих, рідких і газоподібних середовищах при їх деформації. Однак основні причини, що викликають тертя, в більшості випадків пов'язані з поверхнею металу [1]. Поверхня будь-якого твердого тіла не буває ідеально рівною, навіть самі гладкі металеві поверхні деталей, що виготовляються із застосуванням особливо тонкого шліфування, або полірування мають нерівності висотою від 0,05 до 0,1 мкм, а найбільш грубі, що виготовляються фрезеруванням від 100 до 200 мкм. Шорсткість і хвилястість поверхонь, обумовлені похибкою при виготовленні деталей, спотворенням їх форми від навантаження або нагрівання, призводять до того, що дві поверхні контактують на окремих малих площах. При відносному переміщенні двох дотичних поверхонь в площині дискретного торкання виникає опір, зване зовнішнім тертям.

Розрізняють такі види тертя:

- За наявністю відносного руху – тертя спокою і тертя руху;
- За характером відносного руху – тертя ковзання і тертя кочення;
- За наявністю мастильного матеріалу – тертя рідинне, при якому поверхні, що труться повністю розділені шаром мастила; тертя сухе, що виникає під час відсутності мастила між поверхнями; тертя граничне, при якому поверхні, що труться розділені найтоншим шаром мастила товщиною від 0,1 до 1 мкм і знаходяться під дією молекулярних сил цих поверхонь; тертя змішане, що поєднує умови сухого, граничного і рідинного тертя [2].

Зношування процес відділення матеріалу з поверхні твердого тіла при терті і (або) накопичення залишкової деформації, що виявляється в поступовій зміні

розмірів і (або) форми тіла. Встановлено декілька видів зношування: механічне, корозійно-механічне, абразивний, ерозійне, кавітаційне, втомне, зношування при заїданні, окисне і електроерозійне зношування.

Формування зношуються поверхні деталей відбувається під впливом різних зовнішніх факторів: середовища, температури, тиску, виду тертя, швидкості відносного переміщення поверхонь і ін. В зв'язку з різноманітністю умов роботи поверхонь тертя види зношування їх дуже різноманітні. На рисунку 1.1 подано класифікацію видів зношування. [3].

Механічне зношування – це зношування в результаті механічних впливів.



Рисунок 1.1 – Класифікація видів зношування

Абразивне зношування – механічне зношування матеріалу в результаті ріжучого або дряпас дії на нього твердих частинок, що знаходяться у вільному або закріпленому стані. За своєю природою абразивне зношування дуже схоже на явища, що відбуваються при різанні металу.

Гідроабразивне (газоабразивне) зношування – це абразивне зношування в результаті дії твердих частинок, що знаходяться в рідині (газі) і переміщуються щодо зношується тіла.

Абразивного зношування піддається більшість з'єднань машин, що працюють в умовах тертя з мастилом і без змащення, робочі органи сільськогосподарських машин і устаткування.

Ерозійне зношування – це механічне зношування в результаті впливу високошвидкісного потоку рідини (гідроерозійне) або газу (газоерозійне). В результаті тертя суцільного потоку рідини або газу відбувається розхитування і вимивання окремих обсягів матеріалу. Руйнування від гідроерозії піддаються робочі (відсічні) кромки золотників гідророзподільників. Газоерозійне руйнування має місце в випускних клапанах високонавантажених двигунів внутрішнього згорання.

Кавітаційне зношування – це гідроерозійне руйнування поверхні деталі в результаті гідравлічних ударів закриваються бульбашок, заповнених газом (паром), поблизу цієї поверхні. Це явище пов'язано з наступним: в рухомому з великою швидкістю потоці, при наявності перешкод на його шляху, виникають порожнечі, тиск в яких може впасти до значення, відповідного тиску пароутворення при даній температурі. Утвориться порожнеча заповнюється паром або газами, що виділилися з рідини. Утворилися парогазові бульбашки, переміщаючись разом з потоком, потрапляють в зони високого тиску і закриваються, при цьому виникають мікроскопічні гідравлічні удари. Багаторазово повторювані удари викликають руйнування поверхні деталі. Найбільша інтенсивність кавітації зношування спостерігається у воді з температурою 50 °С. Кавітаційного руйнування піддаються гільзи циліндрів двигунів внутрішнього згорання.

Втомне зношування - це механічне зношування в результаті втомного руйнування при повторному деформуванні мікрооб'ємів матеріалу поверхневого шару, що відбувається при терті кочення (бігова доріжка підшипника кочення) і кочення з проковзуванням (бокова поверхня зуба шестерні, кулачки розподільного).

Зношування при заїданні і схоплюванні – це зношування в результаті схоплювання, глибинного виривання і перенесення матеріалу з однієї поверхні тертя на іншу і впливу виниклих нерівностей на сполучену поверхню. Воно має місце, як правило, при сухому терті. В умовах недостатнього змащення з'єднань мікронерівності контактують між собою при великих навантаженнях, між ними виникають металеві зв'язки. При переміщенні відбувається виривання стружки або дряпання більш твердою поверхнею менш твердої поверхні з'єднання (шийки колінчастого вала і вкладиші, стінки циліндрів і поршні двигуна).

Зношування при фретингу – механічне зношування дотичних тіл при малих багаторазових коливальних відносних переміщеннях сполучених деталей. Має місце при ослабленні болтових і клепаних з'єднань (пресові посадки підшипників кочення, шліцьові і шпонкові з'єднання).

Корозійно-механічне зношування – це зношування в результаті механічної дії, що супроводжується хімічним або електрохімічним взаємодією матеріалу з середовищем: отрутохімікатами, кислотами. Такий вид зношування характерний у випадках контакту металів з різними електродними потенціалами в присутності вуглекислого газу і води.

Окислювальне зношування – це вид корозійно-механічного зношування матеріалу, при якому основний вплив на зношування мають хімічні реакції матеріалу з киснем або окислювальним середовищем і механічні властивості утворилися на поверхні оксидних плівок. Оксидні плівки, поступово руйнуючись, стираються, продукти зносу видаляються з маслом. Потім плівка утворюється знову.

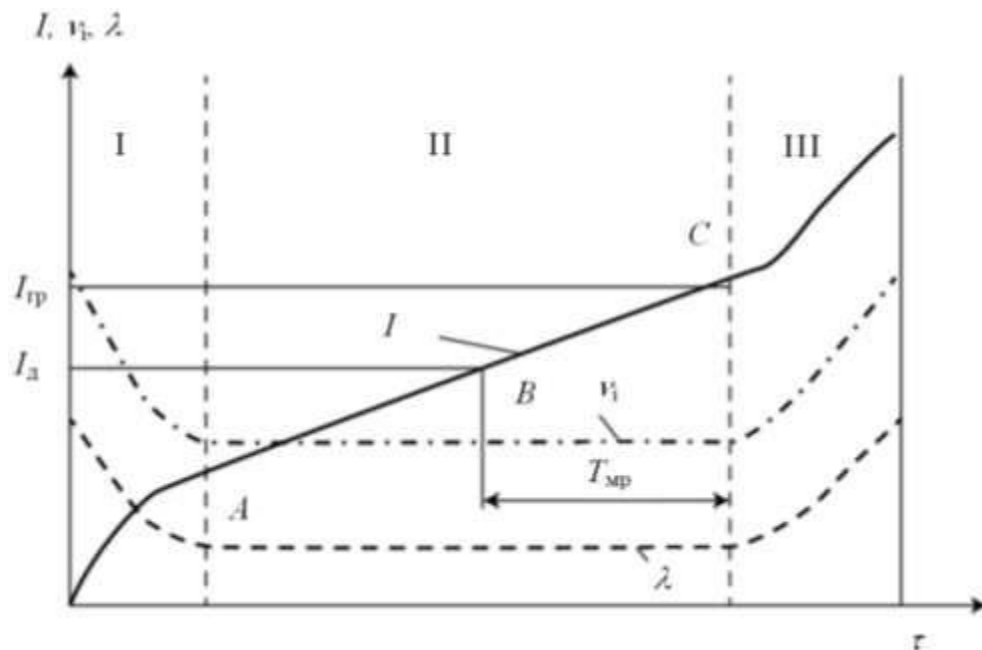
Зношування при дії електричного струму – це електро-ерозійне зношування в результаті впливу електричних розрядів при проходженні електричного струму через контакт, що труться. Такому виду зношування схильні рухливі електричні контакти реостатів, датчиків, реле і ін.

Водневе зношування обумовлене адсорбцією (поглинанням) водню на поверхнях тертя, що викликає крихкість поверхневих шарів і їх руйнування, пов'язане з утворенням великої кількості зародків тріщин по всій зоні деформування і миттєвого освіти дрібнодисперсного порошку матеріалу.

Слід зазначити, що знос – це результат комплексного впливу на поверхні деталей цілого ряду факторів, тобто одночасно діють різні види зношування. Залежно від умов роботи будь-якої з факторів руйнування може переважати.

Знос – це результат зношування, що визначається у встановлених одиницях (одиниці довжини – мм, мкм або маси – мг, г). Кількісно зношування характеризується швидкістю зношування – відношенням зносу до інтервалу часу, протягом якого він виник, і інтенсивністю зношування – відношенням значення зносу до обумовленого шляху, на якому відбувалося зношування, або до обсягу

виконаної роботи. Зносостійкість – це властивість матеріалу чинити опір зношування в певних умовах тертя, що оцінюється величиною, зворотної швидкості або інтенсивності зношування. Якщо відкласти по осі абсцис час τ роботи пари тертя, а по осі ординат знос I , то отримаємо класичну криву зношування деталі по часу (рисунок 1.2) [4].



I – стадія підробітки; II – стадія усталеного зношування; III – стадія катастрофічного зношування; $I_{гр}$ – граничний знос деталі; $I_{д}$ – знос деталі; $T_{мр}$ – межремонтний ресурс; λ – накопичений знос; v_i – швидкість зношування

Рисунок 1.2 – Залежність зносу I труться тел, швидкості зношування v_i і інтенсивності X відмов від тривалості зношування τ .

Після завершення освіти рівноважної шорсткості і оптимальних для даного сполучення структур поверхневих шарів тертьових тіл починається процес сталого зношування (див. рисунок 1.2, стадія II). При цьому інтенсивність зношування постійна і досить невелика. Проте поступове накопичення зносу через певний період призводить до настільки значної зміни розмірів і форми деталей, що умови роботи вузла тертя значно погіршуються. Так, збільшення зазорів в сполученнях внаслідок зносу складових їх елементів призводить до зростання динамічних навантажень. Настає перехід до стадії III зношування – аварійного зношування (див. рисунок 1.2,

стадія III за точкою С). Швидкість зношування v різко зростає, істотно збільшується накопичений знос.

Зміни розмірів і форми робочих поверхонь при зношуванні в більшості випадків погіршують функціонування деталей, призводять до зниження їх працездатності. Граничний рівень працездатності деталей і робочих органів визначається характеристиками міцності, агротехнічними або техніко-економічними показниками, користуючись якими встановлюють граничні допустимі значення зносу, а через них і довговічність деталей.

У загальному випадку процес зношування деталей машин при постійних умовах проходить три стадії. На стадії I (до точки А) здійснюється процес підробітки, тобто зміни геометрії поверхні тертя. В процесі підробітки, який характеризується досить високою швидкістю зношування і суттєвою величиною накопиченого зносу, встановлюється певна для даної трибосистеми шорсткість, що залежить немає від величини і характеру первісної шорсткості, отриманої в результаті технологічної обробки, а від трутся і мастильних матеріалів, а також від умов зношування (навантаження, швидкості, температури, умов змащування і т.д.) [1]. У загальний механізм зносу свій вклад вносять всі види тертя і зношування [4].

1.2 Мастильні матеріали

Основним призначенням мастильних матеріалів є зниження тертя і зношування в трибоспряженнях машин, механізмів, приладів, застосовуваних у різних областях техніки. Надійність трибоспряження в багатьох випадках визначається якістю змащувального матеріалу, тому його властивості повинні враховуватися нарівні з властивостями матеріалів сполучених деталей при розробці вузла тертя. На практиці широко застосовуються рідкі, пластичні і тверді мастильні матеріали.

Мастильні матеріали класифікують за агрегатним станом, способом отримання і цільовим призначенням (таблиця 1.1) [5].

Таблиця 1.1 – Класифікація мастильних матеріалів

Мастильні матеріали															
За агрегатним станом				За способом отримання					За цільовим призначенням						
Рідкі – оливи	Тверді – тверді мастила	Мазеподібні – пластичні мастила	Газоподібні – газові мастила	Нафтові	Синтетичні	Тваринні	Рослинні	Змішані	Моторні	Газотурбінні	Трансмійні	Індустріальні	Холодильні	Електроізоляційні	Спеціальні (компресорні, трансформаторні, холодильні)

Речовини, які використовуються як мастильні матеріали, залежно від їх агрегатного стану поділяють:

Речовини, які використовуються як мастильні матеріали, залежно від їх агрегатного стану поділяють на:

- рідкі – мастила;
- тверді – тверді мастила;
- мазеподібні – пластичні мастила;
- газоподібні – газові мастила.

За способом отримання мастильні матеріали поділяють:

- на нафтові;
- синтетичні;
- змішані.

До нафтових належать усі мастильні матеріали на нафтовій основі, до змішаних – такі, що містять нафтові й синтетичні компоненти.

Залежно від призначення розрізняють [6]:

- **моторні мастила**, що використовуються для поршневих ДВЗ;
- **газотурбінні мастила** – для мащення газотурбінних двигунів;
- **трансмійні мастила** – для мащення зубчастих передач різних типів та інших рухомих елементів машин і механізмів (шарнірів, рейкових передач тощо);
- **індустріальні мастила** – для мащення промислового обладнання і приладів;

- **спеціальні мастила** – використовуються у конкретних галузях машинобудування (компресорні, трансформаторні, холодильні тощо).

Властивості мастильних матеріалів мають максимально задовольняти вимогам, що висуваються під час їх експлуатації, а також під час зберігання і транспортування.

У загальному випадку до мастильних матеріалів висувають такі вимоги [7]:

- наявність **мастильних властивостей**, тобто поєднання антифрикційних, протизносних і протизадирних властивостей;
- **в'язкісно-температурні** і депресорні властивості, тобто мінімальна залежність в'язкості і інших фізичних показників від температури;
- **стабільність властивостей**, тобто здатність зберігати показники якості як при зберіганні, так і при роботі у двигунах за заданих експлуатаційних умов протягом якомога більшого часу експлуатації;
- **антикорозійні і консерваційні властивості**, тобто здатність захищати конструкційні матеріали від корозії;
- **мийно-диспергуючі і промивні властивості**, тобто здатність запобігати утворенню відкладень у двигуні;
- **здатність відводити тепло і продукти зносу** від деталей двигунів і ущільнювати зазори між поверхнями тертя;
- **мінімальна токсичність і пожежна безпека**;
- **висока економічна ефективність**.

1.2.1 Масла

Масла по виробничому застосуванню підрозділяють на моторні (для поршневих двигунів); трансмісійні (для циліндричних, конічних, спірально–конічних і гіпоїдних передач, зубчастих редукторів, шарнірів); індустріальні (для машин і механізмів промислового устаткування – верстатів, що направляють ковзання, промислових редукторів, прокатних станів, приладів) і різного призначення – компресорні, холодильні, турбінні [8]. Масла незалежно від області їхнього застосування і крім основного призначення (зниження тертя і зношування в

трибоспряженнях) повинні задовольняти наступним вимогам – захищати поверхні деталей тертя від корозійного впливу зовнішнього середовища, відводити теплоту від поверхонь тертя, видаляти з зони тертя продукти зносу.

Експлуатаційні властивості масел. Властивість рідини [1] чинити опір взаємному переміщенню її шарів під дією зовнішньої сили характеризується динамічною μ чи кінематичною ν в'язкістю. Кількісно динамічна в'язкість (Па•с) визначається відношенням дотичної складової сили тертя до градієнта швидкості між шарами рідини:

$$\mu = \frac{\tau}{\frac{dH}{dx}}, \quad (1.1)$$

де μ – динамічна в'язкість;

τ – час зношування;

$\frac{dH}{dx}$ – градієнта швидкості між шарами рідини.

Кінематична в'язкість ($\text{мм}^2 \cdot \text{с}^{-1}$) визначається відношенням динамічної в'язкості до густини рідини:

$$\nu = \frac{\mu}{\rho}. \quad (1.2)$$

де ρ – густина рідини.

В'язкість масла залежить від температури [9]. Зі зниженням температури в'язкість зростає, що затрудняє пуск машини чи механізму і збільшує опір обертанню деталей, розділених шаром масла. При виборі масла бажано, щоб зміна в'язкості в робочому діапазоні температур трибоспряження було найменшим, тобто в'язкісно-температурна крива була більш пологою. Параметром, що характеризує «плогість» кривої, є безрозмірна величина – індекс в'язкості. Чим вище індекс в'язкості, тим менше зміна в'язкості з температурою. Для товарних мінеральних масел індекс в'язкості складає 70 – 80. Його підвищення (до 100 і вище) досягають змішанням масла із синтетичними ефірами, полімерними присадками, а також використанням гідрокрекінгу при технологічному процесі одержання масла. Характерними експлуатаційними властивостями масла служать температура

спалаху, температура застигання, протикорозійні властивості, оцінювані по кислотному числу (кількість КОН мг для нейтралізації 1 г масла). Одним з найбільш важливих властивостей масел є їхні мастильні властивості – антифрикційні, протизносні і протизадирні. Мастильні властивості масел оцінюють при триботехнічних іспитах. Найбільш поширені іспити на чотирьох кульковій машині з визначенням навантаження заїдання F_K , навантаження зварювання F_C , діаметра плями зносу d_r , індексу задира I_3 , величини, що обчислюється за результатами виміру зносу кульок:

$$I_3 = \frac{1}{n} \sum_i F_i \frac{d_r}{d_i}, \quad (1.3)$$

де F_i – осьове навантаження i -го іспиту, Н;

d_r – діаметр площі пружної деформації по Герцу при навантаженні F_i , мм;

d_i – середній діаметр плям зносу при навантаженні F_i , мм;

n – число іспитів.

Чим вище F_K , F_i , I_3 і чим менше d_i , тим вище рівень протизадирних і протизносних властивостей масла.

Антифрикційні властивості можуть бути визначені методом оцінки температурної стійкості масел при терті в діапазоні температур 20 – 300 °С. Даний метод дозволяє виявити граничні (критичні) температури працездатності граничних шарів, утворених у результаті фізичної адсорбції, а також визначити температури утворення хімічно модифікованих шарів на поверхні тертя, у результаті продуктів розкладання хімічно активних присадок з металом поверхні. У даному методі у вузлі тертя машини можна поєднувати зразки з різних металів і сплавів [10].

Присадки, призначення і класифікація. Підвищення мастильної здатності, антиокисних, протикорозійних і інших експлуатаційних властивостей масел досягається введенням у їхній склад невеликої кількості відповідних присадок. По механізму мастильної дії антифрикційні, протизносні і протизадирні присадки, що поліпшують властивості мастильних масел, можуть бути поверхнево-активними чи хімічно активними.

До поверхнево–активних присадок відносяться тваринні і рослинні жири, жирні кислоти, мила жирних і нафтових кислот, жирні аміни й амідни, і інші солі органічних кислот, а також розчинні в маслах металоорганічні з'єднання. Температурні межі працездатності присадок цього типу 100 – 200 °С.

Хімічно активними присадками є органічні сполуки, що містять сірку, хлор, фосфор (у тому числі їхні з'єднання з азотом, киснем, цинком, молібденом і ін.) чи комбінації цих елементів. Молекули цих з'єднань при визначених температурах фрикційного розігріву (100 – 250 °С) розкладаються, їхні активні компоненти вступають у хімічний зв'язок з металом поверхонь тертя, утворити модифіковані шари зі знизеним опором зрушенню, що приводить до знизення тертя, а також зносу і запобіганню заїдання. Мастила під дією високих температур і каталітичного впливу металу піддаються окисним перетворенням, що приводить до значних змін їхніх вихідних властивостей. Для запобіганню зменшення окислення до складу масел вводять антиокисні безнольні присадки (які не містять металу): іонол (4–метил–2,6–дитребутил–фенол), агидол-2 (2,2 – метилен–бис–4–метил–6–третбутил–фенол) і зольні (які містять метал) – ВНИИНП-354, ДФ - 11, ДФ - 1, ИХП – 21 [11].

Знизення корозійності масла досягається шляхом підвищення їхніх антиокисних властивостей, зменшенням змісту хімічно активних присадок і додаванням до масла спеціальних з'єднань – інгібіторів корозії. Характерними інгібіторами корозії є семитивно очищене нітроване масло (АКОР – 1) сукцинімід сечовини (ЦИМ).

Індустріальні масла загального і спеціального призначення. Основу індустріальних масел складають нафтенні дистилятні, залишкове масло і їхні суміші. Масла серії И не містять присадок (антиокисну, протизносну і протипінну). У зв'язку зі значним розходженням умов роботи зубчастих передач використовують також індустріальні масла спеціальних серій: ИСП із протизадирною, протизносною і антифрикційною присадками (ОТП, ДФ –11, У – 15/41); ИР із протизадирною, протизносною і протипінною присадками (ДФ–11, АКФ, ОТП, У–15/41, ПМС–200А) [10].

Для гідравлічних систем застосовують масла серії ИГП, що містять крім присадок, що поліпшують мастильну здатність антиокисні, антикорозійні і діемульгуючі присадки. Для змащення направляючих ковзання (горизонтальних, вертикальних, похилих) використовують масла серії ИКСП, що містять протикаучукову, протизадирну стабілізуючу і протипінну присадки (ЛЗ–23, стеарин алюмінію, сульфоніт натрію, натуральний каучук, ЛМС–200А). Для змащення ланцюгів підвісних і конвеєрів встановлених на підлозі, що проходять через сушильні камери з температурою 180 – 200°С, використовують масла серій ИЦП, що містять пакети присадок (ДФ–11, КП–10, У–15/41, М–05А).

Динамічна в'язкість при температурі t (°С) приблизно може бути оцінена по залежності

$$\mu = \mu_0 \left(\frac{t}{t_0} \right)^m, \quad (1.4)$$

де μ_0 – табличне значення динамічної в'язкості при t_0 ;

$m = 2,6 \div 3$ – показник ступеня.

Трансмійне масло. Основне призначення масел даного класу – змазування трансмісії транспортних машин, а також важко навантажених промислових редукторів.

При відомій кінематичній в'язкості ν динамічна в'язкість

$$\mu = 0,1 \nu \rho, \quad (1.5)$$

де μ – в Па•с;

ν – в мм²•с⁻¹;

ρ – густина масла в г/см³.

1.2.2 Пластичні мастила

Колоїдна система пластичних мастил має просторовий структурний каркас, утворений при охолодженні системи загущувачем (дисперсною фазою). Високий ступінь структурування додає мастилам пластичність, пружність, нерозтікання під дією власної маси. При порівняно малих навантаженнях, що перевищують границю міцності структурного каркасу, мастила починають текти, як пластичне тіло, але без

порушення суцільності. У той же час при знятті навантаження розтікання припиняється і мастило відновлює первісні властивості (тиксотропні перетворення).

Якість пластичних мастил оцінюють по фізико-хімічним показниках (в'язкість, щільність, температура каплепадиння, випаровуваність, діелектричним, оптичним і деякими іншими властивостями) і експлуатаційним (міцнісною і в'язко-температурною, мастильною і герметизуючою здатності і стійкості проти окислення і корозії) [12].

Експлуатаційні властивості пластичних мастил. Міцнісні властивості пластичних мастил оцінюють межею міцності – мінімальним навантаженням, при якому відбувається незворотна деформація зсуву. При перевищенні межі міцності мастила починають деформуватися, а при навантаженні нижче межі міцності вони мають пружність як у твердих тіл. З підвищенням температури в більшості випадків межа міцності мастил зменшується. Верхня температурна межа працездатності мастил відповідає температурі, при якій межа їхньої міцності наближається до нуля і мастила переходять із пластичного стану в рідке. Значення межі міцності і його залежність від температури в значній мірі визначають сили зрушення у вузлах тертя, здатність пластичного мастила надходити до поверхонь трибоспряжень і утримуватися на них.

Межу міцності визначають різними методами: при зрушенні коаксіальних циліндрів чи зрушенням мастила в оребреному капілярі при вириванні з мастила шурупа пластини. Для більшості пластичних мастил межа міцності при температурі 20 °C знаходиться в межах 100 – 1000 Па.

Міцність пластичного мастила у виробничих умовах часто визначається числом пенетрації, що виміряється глибиною занурення в мастило конуса стандартної маси протягом 5 с і виражається в десятих долях міліметра. Чим глибше занурення конуса, тим вище пенетрація і менше міцність мастила. Число пенетрації мастил змінюється в межах 170 – 420.

В'язкість пластичних мастил на відміну від в'язкості масел залежить не тільки від температури, але і від градієнта швидкості зрушення. Зі збільшенням швидкості зрушення в'язкість різко знижується. Тому визначається, так названа, ефективна

в'язкість при заданому градієнті зрушення. Для виміру в'язкості застосовують капілярні і ротаційні віскозиметри. Збільшення температури приводить до зниження в'язкості. В умовах мінімальних робочих температур в'язкість не повинна перевищувати 2000 Па·с (при градієнті зрушення 10^{-1} с). В'язкісно-температурні властивості пластичних мастил вище, ніж у масел, тому що температура мало впливає на міцність структурного каркаса мастил. Підвищення концентрації і ступеня дисперсності загущувача збільшує в'язкість мастил.

Тиксотропні перетворення мастил чи їхня механічна стабільність залежить від типу загущувача, розмірів і форми його частинок, міцності зв'язку між дисперсними частками, а також від складу і властивостей дисперсійного середовища, наявності в мастильному матеріалі поверхнево-активних речовин (ПАР), наповнювачів та добавок. Механічна стабільність зростає зі збільшенням концентрації загущувача для мильних мастил зі збільшенням відношення довжини волокон до їхнього діаметру [8]. Механічну стабільність пластичних мастил визначають у ротаційному приладі – тиксометрі – по зміні механічних властивостей у процесі руйнування мастил чи безпосередньо після закінчення руйнування і розраховують по зміні межі міцності мастила на розрив індекс руйнування K_p і індекс тиксотропного відновлення K_v . Здатність пластичних мастил утримувати масло в каркасі називається колоїдною стабільністю. Ця експлуатаційна характеристика мастил залежить від досконалості структурного каркасу, в'язкості дисперсійного середовища і технології виготовлення мастила (режим охолодження). Надмірно велике виділення масла з пластичного мастила в процесі роботи приводить до різкого зміцнення мастила і порушує надходження його до поверхні тертя. Колоїдну стабільність оцінюють методом механічного відпресовування масла з деякого обсягу мастила на приладах типу КСА при кімнатній температурі протягом 30 хв. (виражається у відсотках і не повинна перевищувати 30 %).

Важливою характеристикою пластичних мастил є їхня хімічна стабільність – стійкість проти окислювання киснем повітря, кислотами, лугами. При окислюванні мастил відбувається їхнє розміцнення, погіршення колоїдної стабільності, мастильної здатності, зниження температури каплепадіння. Хімічну стабільність

оцінюють при прискороженому окислюванні мастил під впливом високої температури і каталізаторів по кислотному числу, кількості і швидкості поглинання кисню, зміні структури мастил. Масильну здатність пластичних мастил – їх антифрикційні, протизносні і протизадирні властивості оцінюють методами, застосовуваних в цих цілях для масел.

Класифікація і призначення пластичних мастил. По призначенню розділяють пластичні мастила [13]:

- 1) антифрикційні для зниження тертя і зношування деталей машин і механізмів;
- 2) ущільнювальні для герметизації вузлів тертя, сальників, зазорів і ін.;
- 3) консерваційні для запобігання металевих конструкцій від корозії;
- 4) спеціального призначення (фрикційні, приробочні та ін.) [36].

Мастила класифікують і по складу змащувального матеріалу. Так, по типу загущувача їх поділяють на органічні (загущувачі – мила, тверді вуглеводи, пігменти, деякі кристалічні полімери) і неорганічні (загущувачі – селікагель, бентоніт, сажа і ін.). Мильні мастила у свою чергу поділяють на кальцієві, натрієві, літєві, барієві, алюмінієві.

Антифрикційні пластичні мастила широко застосовують для змащення підшипників кочення і ковзання, зубчастих, гвинтових і ланцюгових передач, шарнірів, плоских направляючих, електричних контактів і багатьох інших механічних систем і конструкцій. Підрозділяють на мастила загального і спеціального призначення. У загальній групі виділяють мастила для невисоких температур (до 70 °С) і для підвищених температур (до 120 °С і вище). Спеціальні антифрикційні мастила поділяють на термостійкі (150 °С і вище), морозостійкі (40 °С і нижче), а також на противозадирні і протизносні та на хімічно і радіаційно стійкі.

Консерваційні пластичні мастила. Для тривалого зберігання металів від корозії консерваційні мастила повинні мати наступні властивості: хімічну інертність стосовно металу (тобто не викликати корозію), малу проникність для корозійно–агресивних речовин, водостійкість, високу хімічну і колоїдну стабільність, гарну

адгезію до поверхні в широкому діапазоні температур. Захисний ефект консерваційних мастил визначають в основному два фактори – механічна ізоляція металу від вологи і кисню повітря і гальмування електрохімічних процесів корозії в результаті інгібіруючої дії компонентів мастила, тобто опір струму корозії, що виникає в результаті анодної чи катодної поляризації металу під тонким шаром мастила.

Асортимент консерваційних мастил порівняно невеликий [36]. Найбільше застосування мають вуглеводневі мастила з низькою температурою плавлення (40 – 75°C), що дозволяє наносити їх на поверхню в розплавленому виді зануренням деталі чи в розплав методом розпилення. Недолік більшості вуглеводневих мастил – обмеження застосування при температурах вище 50 °С.

1.3 Механізм антифрикційної дії мастильних матеріалів

Антифрикційна дія – це дія матеріалів, спрямоване на зменшення тертя і зносу.

Механізм дії мастильного матеріалу полягає в поділі сполучених поверхонь деталей, що переміщуються щодо один одного, шаром мастила, товщина якої достатня для зменшення контакту мікровиступів поверхонь. Залежно від типу поділу поверхонь тертя виділяють наступні види змащування:

– Гідродинамічне масло – рідинна мастило, при якій повне розділення поверхонь відбувається в результаті тиску виникає в шарі рідини при відносному русі цих поверхонь;

– Гидростатичене масло – рідинне мастило, при якому повне розділення поверхонь, що знаходяться у відносному русі або спокої, здійснюється рідиною, що надходить в зазор між цими поверхнями під зовнішнім тиском;

– Газодинамічне мастило – газове мастило, при якій повне розділення поверхонь тертя, що знаходяться у відносному русі, визначаються пружними властивостями матеріалів поверхонь тертя і мастильного матеріалу, а також реологічними властивостями останнього в зоні зіткнення поверхонь;

– Гранична масло – мастило, при якій тертя визначається властивостями тонкого шару компонентів рідинного матеріалу, зумовленими взаємодіями матеріалу поверхонь тертя, мастильного матеріалу і середовища;

– Напіврідинне масло – мастило, при якій рідкий мастильний матеріал, що передає навантаження, частково розділяє поверхні тертя деталей, що знаходяться у відносному русі.

Незалежно від типу поділу поверхонь, виду мастильного матеріалу механізм антифрикційної дії, представляється як сукупність дії кожного компонента мастильного матеріалу: масла, різноманітних присадок – речовин, що додаються в незначних кількостях в олії для поліпшення або додання нових властивостей.

Мастильна дія мінерального масла з точки зору гідродинамічної і контактної-гідродинамічної теорій мастила пов'язано з його в'язкістю, яка повинна бути досить висока, трохи змінюючись при зміні навантаження і температури. Однак воно не забезпечує ефективного мастильного дії, і вже при невисоких температурах від 20 до 40 °С спостерігається значний стрибкоподібне зростання коефіцієнта тертя, що свідчить про наявність безпосереднього металевих контакту поверхонь, що труться [1]. Тому зазвичай мінеральне масло не піддають високого ступеня очищення. У маслі залишаються технологічні домішки: смолисті речовини і органічні кислоти. Ці домішки називаються поверхнево-активними присадками, за характером їх взаємодії з поверхнею. Полярні групи цих речовин інтенсивно притягуються активними центрами на поверхні металу. При цьому бічні групи сусідніх молекул також взаємодіють один з одним. На поверхні твердого тіла утворюється молекулярний "ворс". Мономолекулярний шар (рисунок 1.3) мастила служить як би продовженням твердого тіла, володіє міцністю і пружністю.

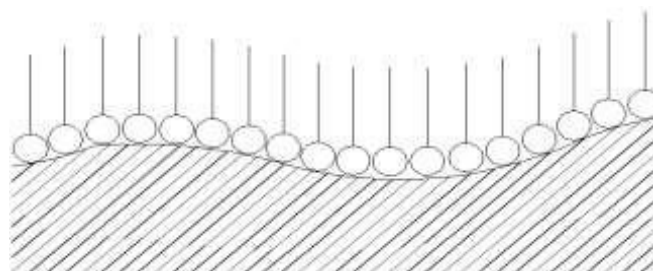


Рисунок 1.3 – Мономолекулярний шар ПАР на поверхні твердого тіла

В реальних умовах зазвичай виникають не мономолекулярні, а мультимолекулярних орієнтовані шари, в яких внутримолекулярне тертя набуває особливого характеру, яка полягає в тому, що тертя відбувається між окремими шарами молекул, а не між окремими молекулами [1, 3, 4, 9, 10, 14, 15].

Різними поверхнево-активними присадками можуть бути різні мила жирних і нафтоєвих кислот, жирні аміни, амідні й інші солі органічних кислот. Введення таких речовин різко знижує коефіцієнт тертя і зрушує руйнування граничних шарів в область більш високих температур від 140 до 270 °С.

В сучасних важко-навантажених вузлах тертя: механізми-ресори, підвіски тракторів і гусеничних машин, відкриті шестеренні передачі, нарізні сполучення та ін. – потрібно хімічне модифікування поверхні за допомогою хімічно активних присадок.

Внаслідок фрикційного розігріву і вплив силового поля твердої фази молекули вступають в хімічну взаємодію з металом поверхні тертя, утворюючи модифіковані шари, що володіють зниженим опором і тому помітно знижують коефіцієнт тертя. Поділяючи поверхні тертя не тільки шаром ПАР, а й утворився поверхневим з'єднанням, ці шари запобігають металевий контакт, і тим самим усувають адгезійний знос і заїдання.

При не високих температурах до 200 °С хімічно активні присадки можуть забезпечити зниження тертя і зносу завдяки адсорбційному ефекту, а при температурах перевищують температуру розкладання присадки завдяки освіті хімічно модифікованих шарів.

Все цими властивостями володіють дисперсні системи нерозчинних в маслі твердих мастильних матеріалів: MoS_2 , WS_2 , графіту, BN , MoSe_2 , де концентрація добавки не перевищує 10 %.

1.4 Графіт

Графіт одна з найпоширеніших сухих мастил. Є однією з аллотропних модифікацій вуглецю, що володіє гексагональної кристалічною решіткою, в якій атоми вуглецю пов'язані уздовж ліній шестикутників ковалентними силами, а

зв'язок між кристалічними площинами, здійснюється за рахунок слабких Ван-дер-ваальсових взаємодій, енергія яких від 3 до 4 порядків нижче, ніж у ковалентних. Тому зсувна міцність графіту в напрямку, паралельному заповненим атомами вуглецю кристалічним площинах (рисунок 1.4), набагато менше, ніж в напрямках, що відповідають розриву ковалентних зв'язків.

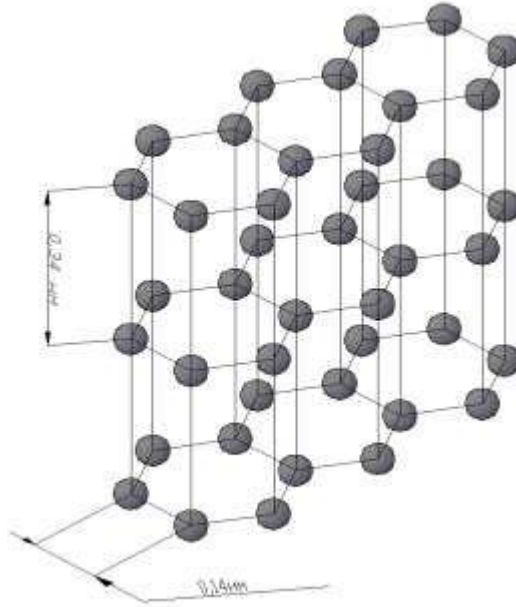


Рисунок 1.4 – Будова кристалічної решітки графіту

Ефект мастильного дії графіту залежить від того, що молекули води, що містяться в повітрі, сорбуються в міжплощинних проміжках і ще більше послаблюють міжплощинні зв'язку. Тому мастильні властивості графіту слабо проявляються в вакуумі і при температурі понад 100 °С. При відсутності вологи коефіцієнт тертя поверхонь, розділених графітової прошарком, досягає 0,3, в той час як при наявності сорбованої вологи він становить приблизно 0,05. Ця обставина обмежує використання графіту. Однак графіт добре заповнює технологічні нерівності мікропрофілю поверхні тертя, утворюючи гладку дзеркальну поверхню, тому в загальному машинобудуванні знайшов широке застосування для змащення сухих різьбових з'єднань, канатів, підтискної сальникових набивань, як добавка в трансмісійні масла і т.д.

За даними [10]: Швидкість відносного ковзання мало впливає на коефіцієнт тертя графіту, в той час як питома навантаження надає на нього істотний вплив. При

збільшенні питомої навантаження до 450–500 Н / мм² коефіцієнт тертя швидко зменшується (приблизно до 0,03). При подальшому збільшенні навантаження коефіцієнт тертя починає зростати, зношування стає більш інтенсивним. Велике значення має матеріал, що труться деталей. Велике значення має матеріал, що труться деталей, де особливе значення має оксидна плівка, яка чим міцніше, тим краще працює графіт. Наприклад, знос по міді в 18 разів більше, ніж по хрому, що є однією з причин швидкого зношування щіток електродвигунів і генераторів.

1.4 Дисульфід молібдену

Молібден MoS₂, як і графіт має, гексагональну будову. Атоми молібдену пов'язані один з одним міцними хімічними зв'язками вздовж сторін правильних шестикутників [17]. Атоми сірки теж хімічними зв'язками з'єднані з атомами молібдену і утворюють розгалужену об'ємну структуру, відокремлюючи сусідні шари атомів молібдену один від одного. Між атомами сірки сусідніх шарів реалізуються слабкі Ван–дер–ваальсові взаємодії, а отже, уздовж кордону розділу прошарків атомів сірки реалізується низький опір зрушенню. Волога в даному випадку не грає ролі, тому дисульфід молібдену використовується для змащення вузлів, що працюють в екстремальних умовах: у високому вакуумі при температурі до 1000 °С. Однак на повітрі починається процес окислення вже при температурі 350 °С.

За даними [16] коефіцієнт тертя з збільшення питомого навантаження зменшується, досягаючи 0,02 при 2800 МПа.

1.5 Додаткові функції мастильного матеріалу в вузлі тертя

Крім поділу сполучених поверхонь і зниження тертя мастило паралельно може володіти додатковими функціями [18 –19]:

– Відведення тепла від сполучених поверхонь;

Ця функція в повному обсязі можлива лише рідким мастильним матеріалам, пластичним – тільки з системою циркуляційного змащування. В тому і в іншому випадках тепло передається переміщається мастильним матеріалом від більш

нагрітих поверхонь тертя до оточуючих холодних стінок, тим самим, зупиняючи деформацію і руйнування.

– Захист поверхні металу від атмосферної корозії;

Функція характерна для мастильного матеріалу з тривалим терміном роботи і зберігання. Наприклад, антифрикційні мастила, моторні масла, індустріальні масла з присадками АКОР для межопераційної захисту на металообробних підприємствах.

Іноді покладають на мастила функцію захисту вузла тертя від попадання пилу і води з навколишнього середовища. Доцільність пред'явлення до мастил таких вимог є досить сумнівною. В силу своїх фізико-хімічних властивостей, мастило здатна накопичувати в собі частинки пилу (іноді і вологу), викликаючи прискорений знос деталей, тому проблему захисту від попадання в вузол тертя речовин із зовнішнього середовища ведуть конструкційним шляхом.

1.6 Постановка завдань

Мета і завдання дослідження.

зносостійкі властивості мастил з антифрикційними добавками.

Предмет досліджень – мастильні матеріали I-20 А, I-40 та антифрикційні добавки дісульфіт молібдену та графіт.

Мета кваліфікаційної роботи – проведення фізико-хімічних і трибологічних властивостей масел з антифрикційними добавками: графіту і дисульфиду молібдену та розробка рекомендацій щодо їх застосування в різних вузлах авіаційної техніки.

Методи дослідження: Триботехнічні випробування матеріалів трибосистем, фізичні методи аналізу поверхні тертя для визначення, ализ зміни коефіцієнту тертя при додаванні антифрикційних матеріалів.

Висновки до розділу 1

На основі літературних даних з питання використання зубчастих передач і мастильних матеріалів, які працюють в різних умовах, можна зробити наступні висновки:

У час поширеного використання зубчастих передач, необхідно щоб вони задовольняли технічним характеристикам і зберігали працездатність досить тривалий час, тому необхідно удосконалювати існуючі види передач, методи їх виготовлення та матеріали, з яких вони виготовлялися;

Невід'ємною частиною механізму, що містить зубчасті передачі – є змащувальний матеріал, який відіграє неабияку роль в експлуатації рухомих частин механізмів, збереженню їх працездатності, енергетичних затрат, пов'язаних з використанням механічних пристроїв, вивчення поведінки мастильного матеріалу у експлуатаційному циклі механізмів дозволить розширити діапазони їх використання і збільшити ресурс, оскільки умови роботи змащувального матеріалу в сучасних машинах і пристроях дуже змінилися, як в бік підвищення тиску в зоні контакту пар тертя, так і температурного інтервалу;

Великий асортимент існуючих мастильних матеріалів дозволяє розподілити їх на види та типи і використовувати в різних машинах та механізмах, що значно спрощує процес виробництва як самого змащувального матеріалу, так і механізму, в якому вони працюють. Однак в сучасних умовах в період розвитку нових технологій не завжди доцільно використовувати вже давно прийняті, в окремих випадках, для застосування типу змащувального матеріалу у вузькому асортименті механізмів, тому необхідно виходити на рівень підбору нових матеріалів для розширення і покращення умов роботи машин і механізмів;

Крім основних властивостей змащувальні матеріали повинні мати низьку випаровуваність, піноутворюючу здатність і емульгованість, не здійснювати негативного впливу на ущільнюючі матеріали, не бути токсичними, не піддаватися біопшкодженням, не змінювати властивостей при зберіганні регенерації, легко транспортуватися і не викликати забруднення навколишнього середовища.

РОЗДІЛ 2

ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗМАЩУВАЛЬНОЇ ДІЇ МАСТИЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ.

МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Ефективність змащувальної дії масел і мастил залежить від поєднання багатьох факторів, що визначають характер впливу змащувального матеріалу на зношування і тертя контактуючих поверхонь, що змазуються [20].

Сучасні мастильні матеріали експлуатуються при дуже напружених механічних і термічних режимах. Значно зросли контактні напруги і температура масла в зоні контакту поверхонь тертя, швидкісні режими.

Використання традиційних методів [21] – вимір коефіцієнту тертя і температури поверхонь тертя і змащувального середовища, а також стан тонких поверхневих шарів металу поверхонь тертя не дає досить повного уявлення про складні явища, що проходять у тонкій змащувальній плівці.

Найбільш ефективним методом, що характеризує змащувальну дію масел і мастил, є вимір товщини змащувальних шарів. С. В. Пінегін [22] відзначав, що однією з основних задач в області підвищення зносостійкості поверхонь тертя, є створення методів виміру товщини змащувальних шарів.

В залежності від товщини змащувальної плівки (від десятих часток міліметра до декількох нанометрів), розподілу висот (нерівностей у плівці змащення і ступеня геометричного прилягання можна виявити різні режими змащення – граничний чи гідродинамічний – і визначити умови переходу від одного до іншого. Вимір товщини змащувальної плівки внесло великий внесок у розвиток еласто-гідродинамічної теорії змащування і в значній мірі сприяло досягненням в області змащення підшипників ковзання.

Дослідженнями багатьох вітчизняних і закордонних авторів зазначено, що нестационарні процеси, зокрема пуски і зупинки, значно впливають на надійність і довговічність машин і механізмів.

2.1. Випробування мастильних матеріалів

Вирішуючи практичну задачу вибору вихідних компонентів при створенні нової мастила необхідно: вивчити дані фізико-хімічних властивостей по вже випускається мастильних матеріалів, а потім на основі порівняльного підходу провести експерименти з вивчення властивостей розроблюваного матеріалу. При цьому потрібно враховувати, що результати оцінки фізико-хімічних властивостей, порівнюваних мастил, виходять, як правило, суперечливими [19].

Лабораторні методи випробувань мастильних поділяють:

- 1) Прямі (на спеціальних маслodosліджувальних машинах і приладах в умови тертя твердих тіл);
- 2) Непрямі (мастильні дії оцінюється різними фізико-хімічними параметрами без відтворення тертя між мастильними поверхнями).

Прямі триботехніческие випробування мастильних матеріалів включають оцінку протизносних, протизадирних і антифрикційних властивостей на лабораторних приладах або установках з випробувальними зразками геометричної форми (площині, циліндри, сфери), на які імітували машинах або спеціально виготовлених аналогічним деталях (зубчасті колеса, деталі поршневої групи двигуна внутрішнього згорання, підшипники ковзання або кочення) і безпосередньо в реальних вузлах машин і механізмів в умовах експлуатації.

При випробуванні на машинах в умовах експлуатації на одержувані результати, крім основних параметрів (відносної швидкості руху поверхонь, що труться, тиску, температури) впливають умови роботи машини (наявність частих зупинок і пусків, змінність навантаження і швидкості, наявність вологи та інших корозійних агентів, а також абразивних частинок в навколишньому середовищі і ін.). У цих умовах важко виділити найбільш важливий параметр, який надає визначальний вплив на поведінку мастильного матеріалу. Для зменшення цих впливів випробування повинні бути тривалими і проводитися на декількох однотипних машинах, на що потрібно багато часу і коштів. Тому в більшості випадків експлуатаційні випробування застосовують для остаточної перевірки

оптимальних мастильних матеріалів, відібраних в результаті серії лабораторних і стендових випробувань.

Стендові випробування на імітують машинах дозволяють визначати трибологіческие характеристики мастильних матеріалів в умовах тертя реальних деталей машин і механізмів при контролі всіх впливають параметрів [23]. Однак випробування на імітують машинах тривалі і дорогі і застосовують в основному для визначення протизадирних і протизносних властивостей масел для зубчастих коліс, комплексного випробування моторних масел на одно- і багатопциліндрових установках, стендах для випробування підшипників.

На відміну від випробувань мастильних матеріалів в умовах експлуатації і на стендах лабораторні випробування не вимагають великих витрат часу, вони в більшій мірі дозволяють змінювати основний параметр, який впливає на трибологіческие характеристики мастильних матеріалів. Умови випробування відрізняються від дійсних в реальних машинах, однак переваги лабораторних випробувань сприяють їх широкому застосуванню, особливо для розробки нових присадок і мастильних композицій.

Найпоширенішими машинами є прилад «обертається ролик – частковий вкладиш», машина Олмен-Віланд, машина Фалекс, машина Шкода-Савіна, машина SAE, чотирьох кулькові машини тертя [1].

Непрямими методами є вивчення фізико-хімічних властивостей систем: визначення крайового кута змочування, поверхневого натягу, колоїдної стабільності систем, контактної різниці потенціалів, електродного потенціалу, вимірювання теплоти адсорбції [3; 6].

2.2 Аналіз устаткування для дослідження триботехнічних характеристик мастильних матеріалів

Значна частина трибологічних методів досліджень стосується впливу зовнішніх факторів на довговічність і ефективність дії змащувального матеріалу [24, 25]. Для одержання достовірних результатів випробувань елементів трибоспряження, відтворення і сходимості результатів при повторних

експериментах необхідна чітка структура методики трибологічних досліджень, яка повинна включати: експериментальні засоби для проведення дослідження (схема і конструкція установки); зразки, які досліджуються, або об'єкти дослідження (матеріал, конструкція, точність виготовлення); умови проведення дослідження (характер навантаження, кінематичні і температурні фактори); контрольно-вимірювальні засоби і їх метрологічна повірка; методи обробки результатів експериментального дослідження.

За однією з найвідоміших класифікацій Крагельського І.В. [26], усі машини і установки для трибовипробувань поділяють на два класи за кінематичною ознакою:

- машини поступального руху;
- машини зворотньо-поступального руху.

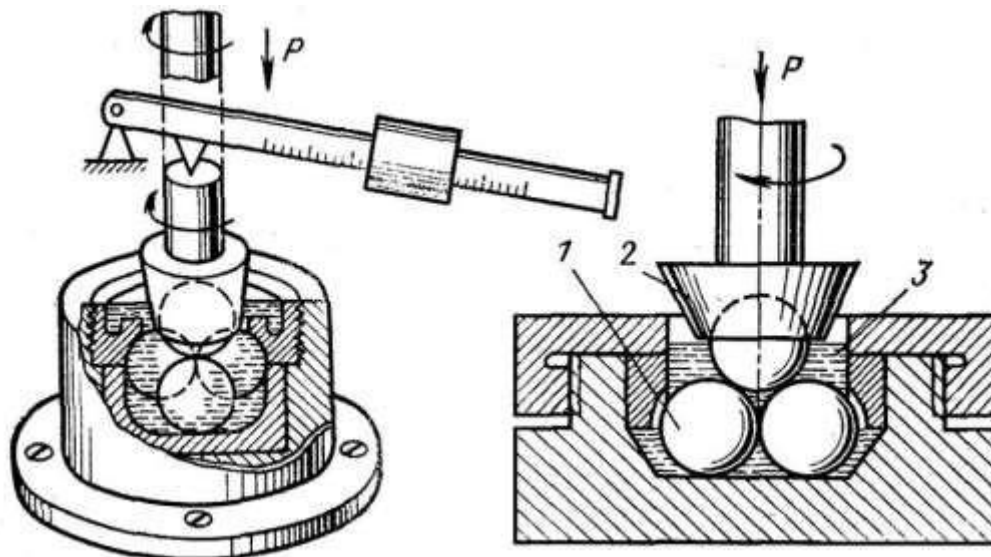
Групи, залежно від коефіцієнта взаємного перекриття ($K_{вп}$), поділяються на дві підгрупи:

- у яких $K_{вп}$ контактуючих поверхонь наближається до одиниці;
- у яких коефіцієнт взаємного перекриття наближається до нуля.

Проте більшість лабораторних та промислових приладів тертя підпадають під класифікацію Матвієвського Р.М. [27], згідно з якою установки для дослідження триботехнічних характеристик конструкційних і мастильних матеріалів поділяють за принципом контактування поверхонь тертя модельних трибовузлів. Виділяють три групи машин за геометрією контакту:

- із точковим контактом (рисунок 2.1);
- із лінійним контактом;
- із контактом поверхонь тертя по площині.

При цьому розрізняють вузли тертя з вищими і нижчими кінематичними парами. Згідно з класифікацією Рело [28], трибовузли з контактом у вигляді точки або лінії відносяться до вищих кінематичних пар, із площинним контактом – до нижчих. На сьогодні єдиним стандартним методом трибовипробувань мастильних матеріалів є випробування на чотирьохкульковій машині тертя ЧМТ–1 згідно з ГОСТ 9490–75 [29], де реалізується точковий контакт при



1 – випробувальні кульки; 2 – навантажувальний пристрій; ванна з мастильним матеріалом

Рисунок 2.1 – Оцінка трибологічних властивостей олів на чотирикульковій машині тертя

однонаправленому терті ковзання. Дослідження триботехнічних властивостей на чотирикульковій машині тертя виконуються шляхом визначення протизносних та протизадирних властивостей. Критеріями оцінки мастильних середовищ вибрані критичні навантаження, за яких відбувається захоплення та зношування поверхонь, яке відповідає середньому арифметичному результату шести замірів слідів зносу на трьох нерухомих кулях. Проте, цей метод має ряд суттєвих недоліків:

- модельна трибопара (кульки, які використовуються при терті) є стандартизована, що ускладнює дослідження трибохарактеристик широкого спектру конструкційних матеріалів;
- складність забезпечення постійної макрогеометрії куль впливає на стабільність початкових умов випробувань та відтворюваність результатів.

Крім стандартної ЧМТ–1 за принципом точкового контактування побудовано та успішно використовуються трибологами машини МАСТ–1, УПС та ін. Згідно зі статистичними даними, найпоширенішим контактом, який зустрічається у вузлах тертя сучасної техніки, є лінійний. Як показано у роботі [30], при цьому виді контакту найкраще можна забезпечити стабільні початкові умови контактування та

їх відтворення незалежно від серії випробувань, що свідчить про коректність проведення трибовипробувань. Представники машин цього класу: СМЦ–2, МИ–1М, 2070СМТ–1, RFL Optimol Test System і тд.

Випробування на зношування можуть виконуватися з різними цілями, зокрема: якісне порівняння матеріалів зі зношування; вивчення механізму і виду зношування; визначення параметрів моделей, що описують кількісні закономірності процесу.

На думку багатьох відомих фахівців [31], оцінка властивостей конструкційних і мастильних матеріалів є однією з найбільш складних проблем у сучасній трибології. Експериментальні дослідження проводять на машинах тертя найрізноманітніших типів (понад сотню і навіть до тисячі найменувань). Розв'язанню задачі порівняння та уніфікації використовуваних у світовій практиці випробувань матеріалів на тертя і зношування присвячені спеціальні міжнародні дослідницькі програми [31].

При випробуваннях на износ матеріалів підшипників ковзання виникають складності при виготовленні зразків. При цьому зручним є використання схеми випробувань «сфера-циліндр», коли циліндр виготовлений з матеріалу валу підшипника, а як контрольний зразок використовується підшипникова кулька зі сталі ШХ15 для порівняльних випробувань ефективності технологій зміцнення поверхні валів.

2.3 Випробування мастил на багатофункціональній машині тертя SRV-III Test System

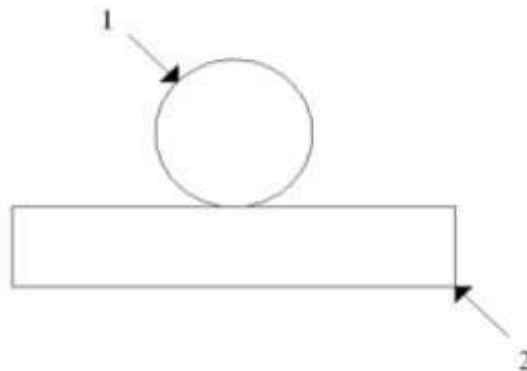
Машина моделі SRV (рисунок 2.2) призначена для оцінки антифрикційних властивостей матеріалів, гальванічних покриттів з можливістю використання різноманітних схем випробувань для моделювання різних видів тертя.

У зв'язку зі здатністю дисульфиду молібдену і графіту витримувати високі навантаження було вирішено: використовувати коливальний модуль, де максимальне навантаження в 2000 Н збільшується в області точкового контакту в мільйони разів.



Рисунок 2.2 – Установка для дослідження трибологічних характеристик мастил
SRV - III Test System

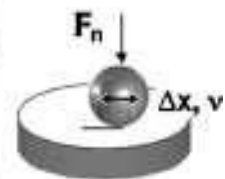
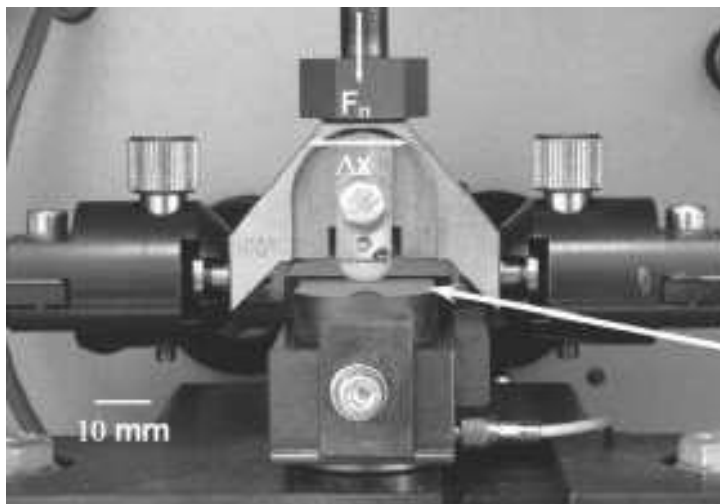
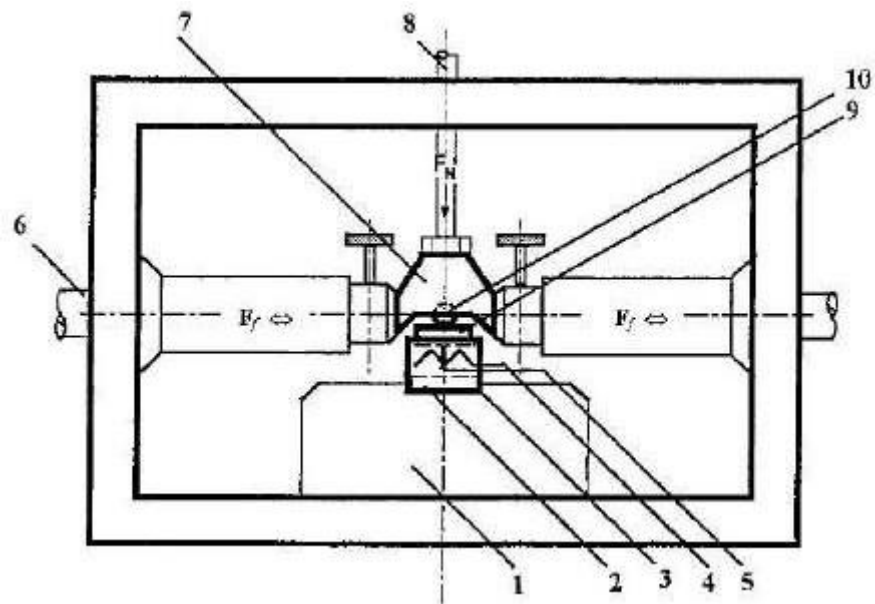
Вузол тертя складається з нерухомо закріпленого випробувального диска і обертальної сталевий кульки діаметром 10 мм, яка контактує з поверхнею диска, при цьому відбувається точковий контакт (рисунок 2.3).



1 – сталевий шарик; 2 – сталевий диск

Рисунок 2.3 – Схема точкового контакту

Сталева кулька і зразок зафіксований в певному положенні за допомогою спеціальних тримачів (рисунок 2.4): верхнього і нижнього. За допомогою верхнього тримача (рисунок 2.5) зразком передається задане навантаження і здійснюється переміщення кульки за допомогою стрижня передачі.



1 – приймальний блок; 2 – п'єзоелектричний вимірювальний прилад; 3 – тримач тестових дисків; 4 – нагрівач електричний; 5 – термопара; 6 – коливання приводного штока; 7 – тримач тестової кульки; 8 – навантажувальний стрижень; 9 – тестовий диск; 10 – тестова кулька

Рисунок 2.4 – Схема трибометричної установки SRV

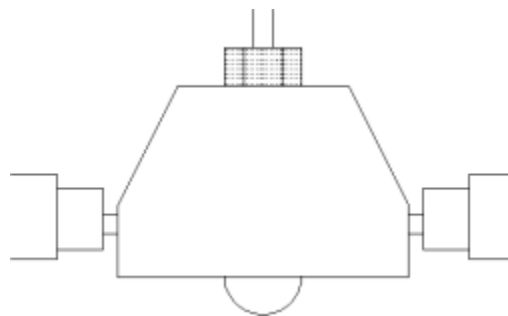


Рисунок 2.5 – Схема верхнього утримувача

Нижній держатель, який відповідає за фіксацію досліджуваного диска, складається з двох призм (рисунок 2.6) – одна для центральної і інша для ацентріческій збірки (рисунок 2.7).

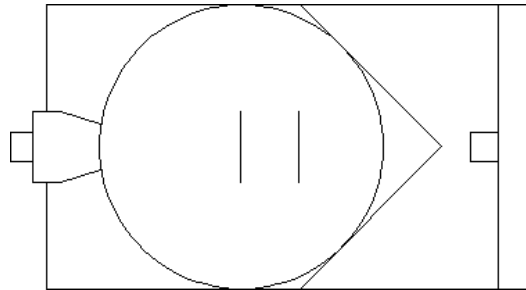


Рисунок 2.6 – Схема нижнього утримувача

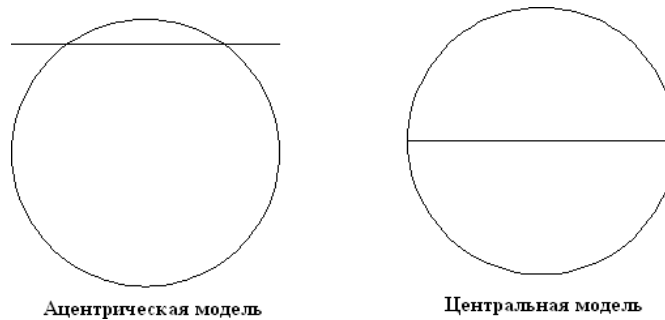


Рисунок 2.7 – Схеми застосовуються моделей роботи на машині тертя

Визначення розміру плями контакту для мастила I-20 А і додавання різної концентрації дісульфата молубдену і графіту проводилося за наступних умов: температура мастильного матеріалу 50 °С, навантаженні 50 Н, частоті коливань 50 Гц і амплитуды коливань 100 мкм. Оцінка розміру плями проводилася за допомогою сильного мікроскопа з ціною поділки не менше 0,02 мм. Вимірювання здійснюються в кінці роботи машини, або при її зупинці через досягнення максимальних показників сили тертя.

Для оцінки триботехнічних властивостей мастильного матеріалу використовувалося значення коефіцієнта тертя, дані амплітуди коливань, що виводяться на обчислювальну машину. Сигнал, що стосується вимірюного коефіцієнта тертя, що надходить з датчика, безперервно підраховується за формулою:

$$R_{TP} = F_R / F_n ,$$

де F_R – випробувальна сила;

F_n – випробувальна навантаження.

Мастильний матеріал, попередньо змішавши з допомогою ультразвукової ванни, наносили на досліджувану поверхню об'ємом від 0,3 до 0,6 мл. Перед проведенням будь-якого експерименту робочі зразки очищали спиртом в спеціальній надзвуковій ванні, потім сушили потоком повітря. Остаточні розрахунки виконували на обчислювальній машині моделі AMD Atlon™ 64 processor 3000+ 1800 МГц, 1,50 Гб ОЗУ.

Робота відбувалася в два етапи: вибір робочих режимів і вивчення трибологічних приготованих складів. На першому етапі була задача розглянути поведінку вузла при максимально можливих змінах навантаження, частоти коливань, температури з урахуванням можливостей машини тертя і меж роботи масла I-20A. Попередньо були складені три режими роботи, в яких змінювався один головний параметр, інші залишалися незмінними, переміщення зразків було проти напрямку обробки:

1) Зміна навантаження в інтервалі від 5 до 200 Н при постійній амплітуді коливань 100 мкм, при частоті коливань 50 Гц, температурі 50 °С.

2) Зміна частоти коливань від 5 до 500 Гц при постійній амплітуді коливань 100 мкм, навантаженні 50 Н, температурі 50 °С.

3) Зміна температури від 50 до 290 °С при постійній амплітуді коливань 100 мкм, навантаженні 50 Н, частоті коливань 50 Гц.

Зміна головного параметра задавалося в комп'ютерній програмі через градієнт відповідної величини і вироблялося по схемі (рисунок 2.8)

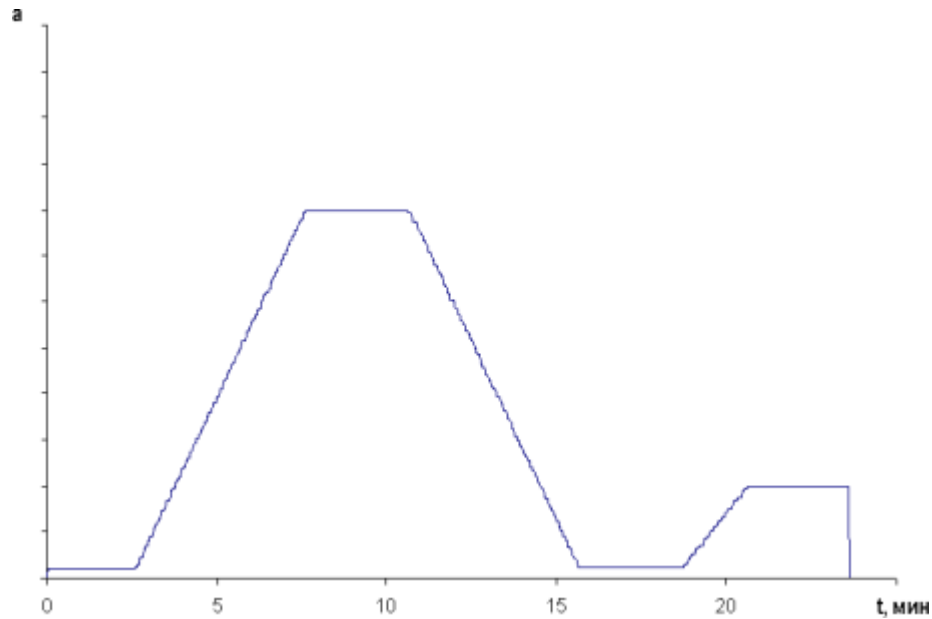


Рисунок 2.8 – Схема зміни головного параметра протягом часу.

2.4 Випробування мастил на двухкоординатній машині тертя

Для попередніх трибологічних випробувань була обрана двокоординатної машина тертя, розроблена і запатентована провідними науковими співробітниками Інституту прикладної механіки: Тарасовим В.В., Чуркіним А.В., Черепановим І.С. [22], яка дозволяє проводити широке коло трибологічних і корозійних випробувань на плоских поверхнях матеріалів.

Суть роботи машини полягає в тому, що індентор сферичної або іншої форми, що знаходиться під дію нормального навантаження переміщують відносно поверхні досліджуваного зразка по траєкторії (рисунок 2.9), обраній з апріорної інформації (при її відсутності перевагу віддають кругової траєкторії).

В процесі переміщення вимірюють компоненти повного вектора, за яким судять про головні вектори тангенціальних сил, які при зворотно-поступальному русі індентора, за зразком визначається як відношення виникає сили тертя до сили навантаження, і розетки анізотропії поверхневих фізико-механічних або фрикційних властивостях. Анізотропія тертя (рисунок 2.10) – залежність сили тертя від напрямку взаємного переміщення двох або більше тіл [32]. При цьому вона надзвичайно важлива в дослідженні модифікаторів тертя, які перетворюють поверхню до наближено ізотропної.

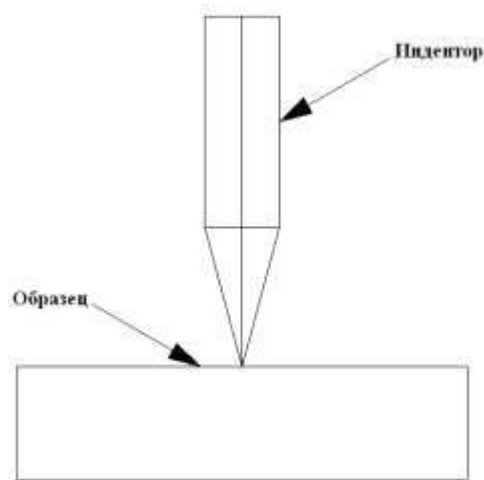


Рисунок 2.9 – Схема точкового контакту двохкоординатной машини тертя

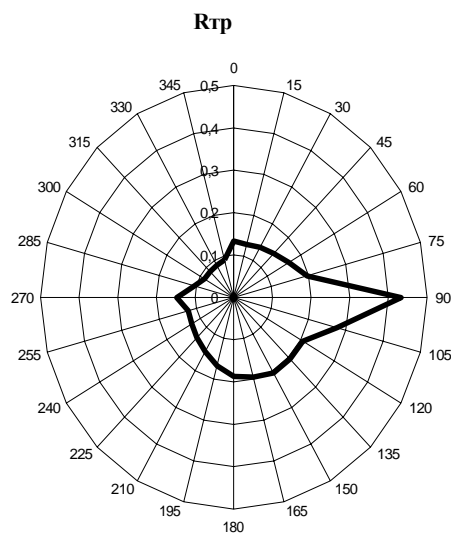
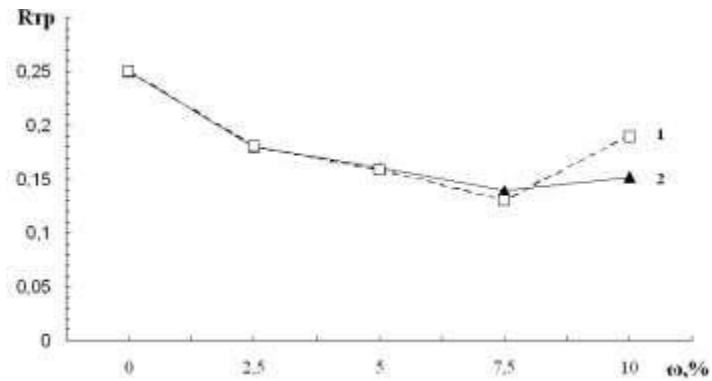


Рисунок 2.10 – Анізотропа тертя

Випробування проводили в двох режимах: протягом 10 секунд при русі вздовж напрямку обробки зразка з ходом 10 мм і при русі по круговій траєкторії протягом 50 секунд з радіусом окружності 5 мм.

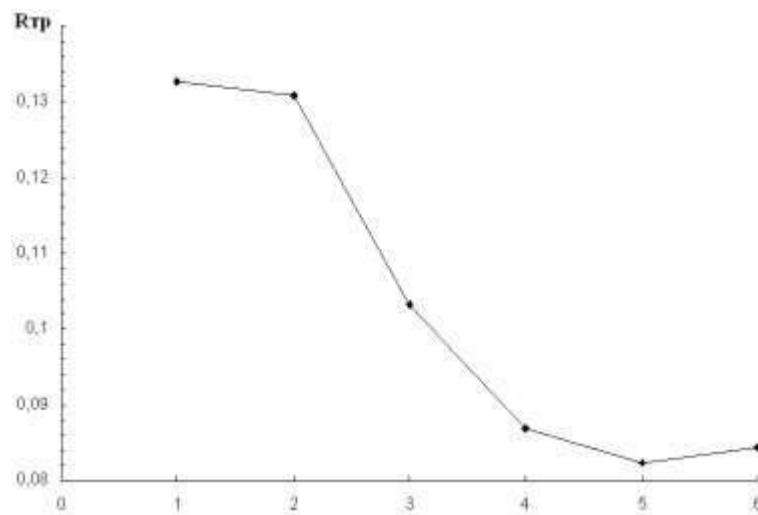
Випробування проведені при середньому навантаженні 400 грам, кімнатній температурі, зафіксованому інденторі. Мазильний матеріал наносили на досліджувану поверхню об'ємом від 0,5 до 1,0 мл. Перед проведенням будь-якого експерименту робочі зразки очищали спиртом, потім сушили потоком повітря. Розрахунки проводили на обчислювальній машині моделі AMD Atlon™ 64 processor 3000+ 1800 МГц, 1,50 Гб ОЗУ. За результатами розрахунків побудували

анізотропії тертя і графіки залежності коефіцієнта тертя від концентрації добавки (рисунки 2.11 – 2.13).



1 – графіт, 2 – дисульфід молібдену

Рисунок 2.11 – Криві залежності коефіцієнта тертя від концентрації добавки



1 – I-40, 2 – I-20A, 3 – I-20A + 2,5 % MoS₂, 4 – I-20A + 5,0 % MoS₂,

5 – I-20A + 7,5 % MoS₂, 6 – I-20A + 10,0 % MoS₂

Рисунок 2.12 – Крива залежності мінімальних значень коефіцієнта тертя від умов проведення експерименту

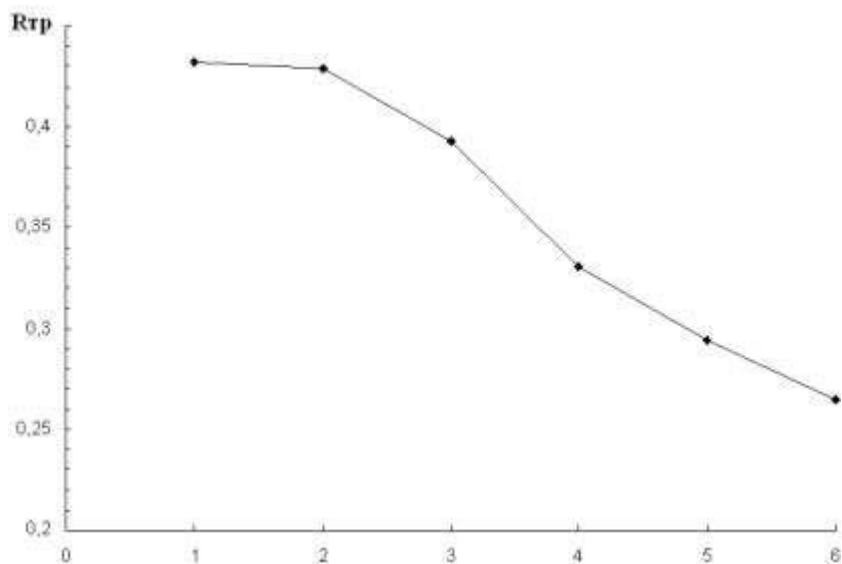


Рисунок 2.13 – Крива залежності максимальних значень коефіцієнта тертя від умов проведення експерименту

1 – I-40, 2 – I-20A, 3 – I-20A + 2,5% MoS₂, 4 – I-20A + 5,0% MoS₂,
5 – I-20A + 7,5% MoS₂, 6 – I-20A + 10,0% MoS₂.

Висновки до розділу 2

На основі літературного огляду та аналізу класифікацій машин тертя відомих трибологів показано, що при точковому контакті найкраще забезпечуються оптимальні умови визначення трибо технічних властивостей мастильних матеріалів, що свідчить про коректність проведення трибовипробувань на приладах тертя побудованих по цьому принципу.

РОЗДІЛ 3

ДОСЛІДЖЕННЯ АНТИФРИКЦІЙНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ МАСТИЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ

3.1 Визначення дисперсності графіту і дисульфиду молібдену

Дисперсність системи, величина зворотна розміром частинок, одна з найважливіших фізико-хімічних величин, що робить вплив на кілька параметрів в системі: колоїдну стабільність, адсорбцію твердих частинок.

Колоїдна стабільність – величина, що показує властивість не виділяти рідке масло (основи) протягом тривалого часу. Розшарування мастильного матеріалу сприяє когезії частинок твердої фази, при цьому значно знижуються первинні властивості і мастило стає непридатною до використання. Колоїдна стабільність характерна тільки для мастильних матеріалів з нерозчинними в маслі антифрикційними добавками.

Швидкість адсорбції [33] прямопропорційна питомої площі частинок, отже чим вище дисперсність частинок, тим освіту міцної модифицируючої плівки відбувається швидше, а значить процеси зносу і зношування будуть відбуватися повільніше.

Для визначення дисперсності і швидкості осідання частинок ми використовували метод седиментационного аналізу. Метод дозволяє визначити розподіл часток за розмірами і відповідно підрахувати їх питому поверхню. Новий метод аналізу дисперсності в гравітаційному полі застосуємо для аналізу мікрогетерогенних в інтервалі від 1 до 100 мкм, якому відповідають суспензії, емульсії, порошки.

Принцип седиментационного методу аналізу дисперсності полягає у вимірюванні швидкості осідання частинок, зазвичай в рідкому середовищі. Для цього за допомогою засобів вимірювання спочатку вимірюють залежність маси осів осаду від часу, будують графік цієї залежності, званій кривій седиментації, за яким

потім визначають всі необхідні характеристики дисперсної систем [10, 12, 15, 16, 17].

При аналізі результатів вимірювань: побудованих кривих розподілу, визначають час осадження частинок окремих фракцій полідисперсних систем, по рівняннях розраховують швидкості їх осадження і відповідні їм розміри частинок.

$$r = \sqrt{\frac{9}{2}} \cdot \frac{\eta H}{(\rho - \rho_0)gt} \quad (3.1)$$

де r – радіус частинок;

H – висота стовпа рідини;

η – в'язкість системи;

g – прискорення вільного падіння;

t – час;

ρ – щільність твердої фази;

ρ_0 – щільність рідкої фази.

Розмір частки дисперсної фази зазвичай характеризують радіусом частинки, рідше об'ємом або площею її поверхні. Радіус однозначно визначається тільки, для частинок сферичної форми. Для частинок неправильної форми – умовна величина і його значення залежить від експериментальної форми.

За результатами проведених експериментів були побудовані криві седиментації, визначено процентне співвідношення окремих фракцій, побудовані диференціальні криві розподілу.

Аналізуючи криві розподілу можна наближено говорити про переважання частинок однієї з фракцій в системі, розміри частинок і швидкості осідання якій наведено в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 Результати седиментаційного аналізу суспензій.

Добавка	Розчинник	Радіус, м	Швидкість осадження, м/с
Графіт	Вода	$11,11 \times 10^{-6}$	$3,36 \times 10^{-5}$
Графіт	Масло	$24,13 \times 10^{-6}$	$5,09 \times 10^{-6}$
Дисульфід молібдену	Вода	$2,06 \times 10^{-6}$	$3,38 \times 10^{-6}$
Дисульфід молібдену	Масло	$8,76 \times 10^{-6}$	$2,02 \times 10^{-6}$

Радіус основний фракції графіту, як у воді, так і олії більше ніж радіус частинок дисульфиду молібдену. Відповідно і швидкості осідання частинок у графіту вище, ніж швидкості осідання частинок у дисульфиду молібдену.

Отже, колоїдна система масло – дисульфід молібдену більш стійка, ніж суспензія масло – графіт. Дисульфід молібдену завдяки меншому радіусу частинок буде краще адсорбуватися, взаємодіяти з поверхнею.

3.1.1 Визначення поверхневого натягу

Поверхневий натяг це величина, яку можна уявити або силою, що діє на одиницю довжини границі розділу фаз і зумовлює скорочення поверхні рідини, або роботою, яку здійснюють при утворенні нової поверхні. Зв'язок поверхневого натягу з адсорбцією доведені через рівняння стану, в яких чим нижче поверхнева енергія, тим вище адсорбційна взаємодія, що позитивно впливає при модифікації поверхні антифрикційними добавками. Відповідно, чим нижче поверхневий натяг на межі поділу фаз, тим вище адгезія. При всіх плюсах при низьких значеннях поверхневого натягу виявляється істотний недолік, а саме високі значення розтікання мастильного матеріалу, що призводить до великої витрати мастильного матеріалу [34]. Для вирішення даної проблеми можливе використання додаткового мастильного матеріалу, бар'єрного мастила, яке володіє великими значеннями поверхневого натягу і створює енергетичний бар'єр на шляху міграції масла, наприклад на торцях підшипників. Однак потрібно стежити, щоб бар'єрне мастило не потрапляло у вузол тертя для уникнення заклинювання, утворення задирів і пошкодження цілісності бар'єра, який перешкоджає розтіканню мастила.

Поверхневий натяг визначають різними способами, в даній роботі використовується відносний варіант методу, коли одна з рідин (дистильована вода), поверхневий натяг якої при даній температурі точно відомий, вибирається в якості стандартної. Розрахунок поверхневого натягу досліджуваної рідини виконується за формулою 3.2:

$$\sigma = \sigma_0 \frac{\rho}{\rho_0} \frac{n_0}{n}, \quad (3.2)$$

де

σ_0 , ρ_0 , n_0 – поверхневий натяг, щільність, число крапель для дистильованої води;

σ , ρ , n – відповідні величини для досліджуваного розчину.

Сталагмометра являє собою або скляну трубку з розширенням посередині і капілярів в нижній частині; розширена частина обмежена двома мітками, або бюретки. За результатами експерименту будують залежності поверхневого натягу від концентрації добавки і температури (рисунки 3.1 та 3.2)[10, 12,15,16,18].

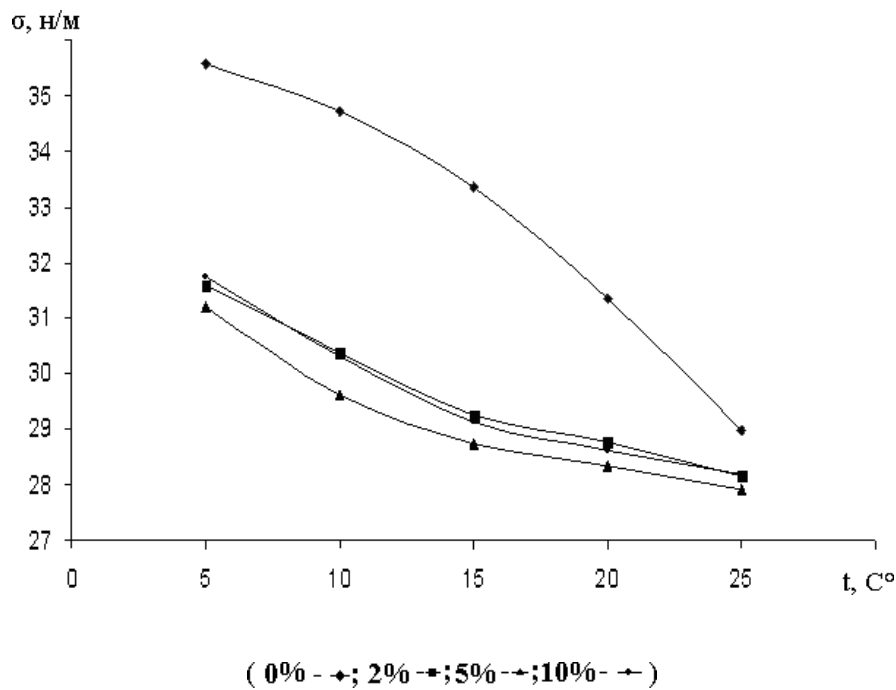


Рисунок 3.1 – Криві залежності поверхневого натягу від температури суспензії графіту в маслі

Виходячи з графіків видно, що виконується залежність зниження поверхневого натягу зі збільшенням температури, як для графіту, так і для дисульфиду молібдену. Виконується залежність зниження поверхневого натягу зі збільшенням концентрації добавки для графіту, проте для дисульфиду молібдену це закон не виконується. Це можна пояснити підвищенням щільності суспензії зі збільшенням концентрації добавки, це спостерігається у обох матеріалів, однак у дисульфиду молібдену це більш виражено.

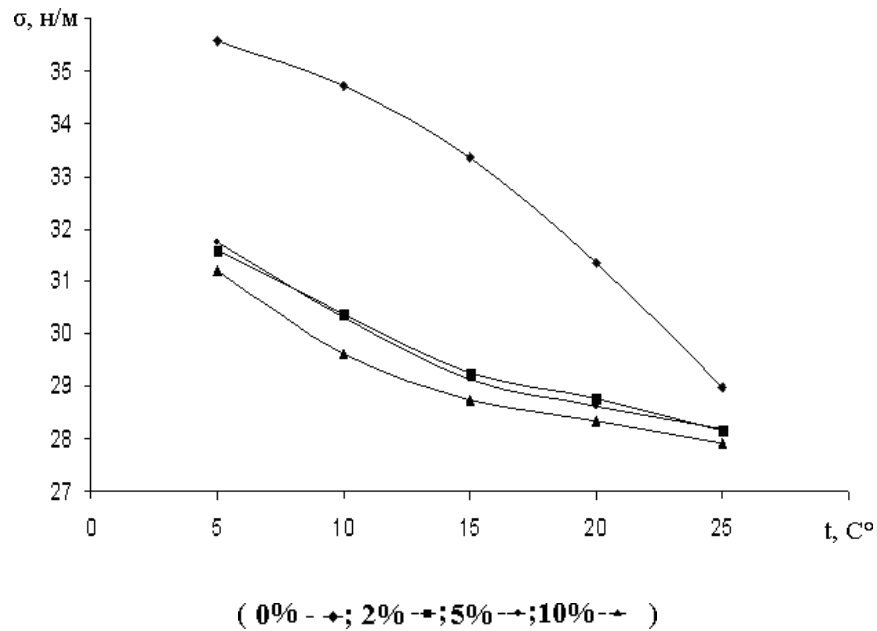


Рисунок 3.1 – Криві залежності поверхневого натягу від температури суспензії дисульфиду молібдену в маслі.

3.1.2 Оцінка термічної стабільності

Термічна стабільність – здатність речовин, протистояти змінам при тепловій дії.

У робочих умовах мастильні матеріали піддаються впливу кисню повітря при підвищених температурах і каталітичному впливі матеріалу змащуваних частин механізмів. У цих умовах все вуглеводневі компоненти масла, смолисті речовини, а також антифрикційні добавки, за винятком графіту, в тій чи іншій мірі можуть вступати в реакції окислення, а при відсутності кисню деструкції, рекомбінації, полімеризації. Найбільш швидко і глибоко протікають всілякі процеси на сильно нагрітих від 200 до 300 °C деталях поршневої групи двигунів внутрішнього згорання і повітряних компресорів, при цьому за рахунок тертя і нерівномірності нагріву температура в окремих ділянках поверхонь може доходити до температури понад 300 °C.

З розглянутого механізму видно, що на поверхні тертя буде утворюватися шар графіту або дисульфиду молібдену, які будуть в першу чергу піддаватися дії високих температур. При цьому за даними [35] в високотемпературних вузлах графіт буде стійкий при температурі нижче 1100 °C, а дисульфід молібдену почне

окислюватися при температурі 350 °С. Тому було необхідно хоча б якісно проаналізувати термоокислювальну стабільність MoS_2 .

Термоокислювальну стабільність визначають різними методами: в апараті ТЕК (ГОСТ 23175-78 [36]), метод ОТІ (ГОСТ 981-75 [37]). Однак у зв'язку з особливостями системи, де основне теплове навантаження приймає антифрикційна добавка вирішено відмовитися від стандартних методів вивчення характеристики і застосувати методіку прожарювання присадок.

Анализируемую пробу прокаливают при заданій температурі на залізних або мідних пластинках (при високих температурах і кількісній оцінці в тиглі). При якісній оцінці дивляться зміни фізичних властивостей речовин з плином часу, при кількісному за допомогою методів кількісного хімічного аналізу визначають кількість речовини вступило в реакцію.

У зв'язку з неможливістю при окисленні повного поглинання сірчистого газу і утворення оксидів дисульфиду молібдену в Нестехіометричні співвідношенні було прийнято рішення відмовитися від кількісної оцінки термоокислювальної стабільності.

Для якісної оцінки ми використовували навішування не більше 0,1 г дисульфиду молібдену рівномірно розподілені товщиною до 0,1 мм тиглю. В ході роботи встановлено, що 3 з 4 проб протягом години піддаються повному окисленню при температурі в 350 °С, при цьому не повне окислення 4 проби лише свідчить про нерівномірність прогріву в муфельній печі.

3.3 Визначення антифрикційних характеристик мастильних матеріалів на машині тертя SRV-III Test System

При випробуванні в режимі зміни навантаження (рисунок 3.3) видно, що період обкатування зразків займає тривалий час, а амплітуда коливань не витримується. Так, при пікових навантаженнях амплітуда перевищує задану в програмі до 9 разів, що пов'язано з нездатністю чистого масла I-20A протистояти високим навантаженням. Однак стабілізація коефіцієнта тертя в завершальних етапах дозволила говорити про можливість застосування такого режиму.

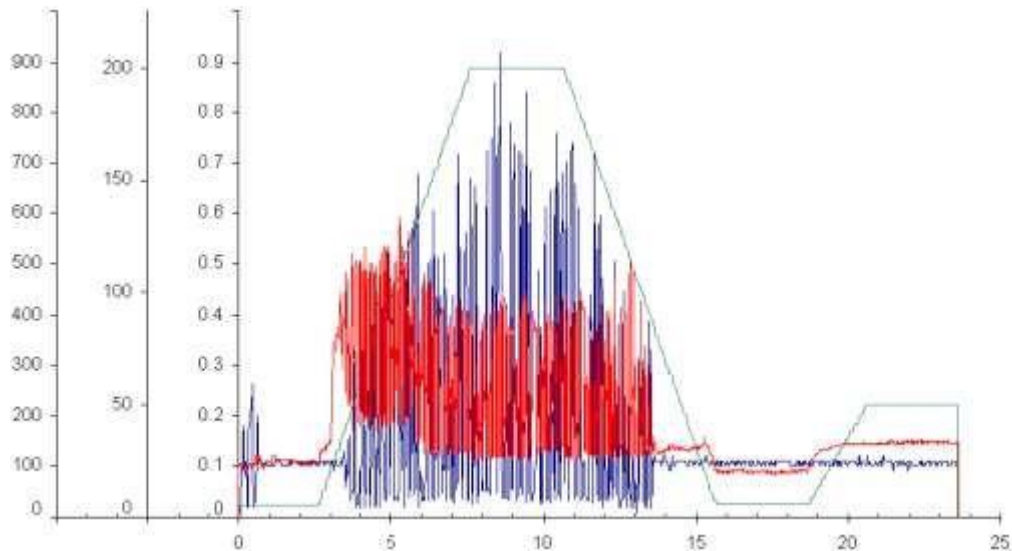


Рисунок 3.3 – Діаграма випробування масла I-20A в режимі зміни навантаження

При випробуванні в режимі зміни частоти (рисунок 3.4) при виході на частоту понад 235 Гц відбувається зниження амплітуди, де при 500 Гц частота стає рівною 0, що свідчить про утворення схоплювання і нездатності масла I-20A витримати такі частоти. Тому було прийнято рішення знизити верхню межу частоти до 227 Гц з урахуванням постійного градієнта зміни.

Випробування в режимі зміни температури планувалося провести в діапазоні температур від +50 до +290 °С, однак фактично вдалося досягти не більше 190 °С (рисунок 3.4), що пов'язано з особливостями нагрівального модуля машини тертя.

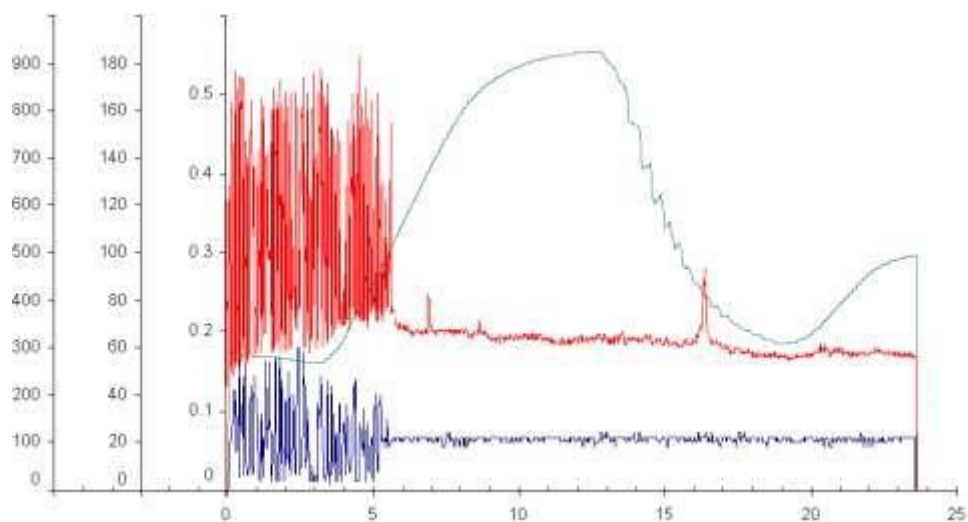


Рисунок 3.4 – Діаграма випробування масла I-20A в режимі зміни температури

Як з'ясувалося в наступному експерименті, максимальний температурний градієнт становить 20 градусів за хвилину, тоді як при такому діапазоні температур необхідно 40 градусів. При цьому в камері спостерігалось значне випаровування масла, що в подальшому було б причиною заїдання в вузлі тертя. Тому вирішено знизити верхній поріг температури до 150 °С.

В результаті оцінки фізико-хімічних і трибологічних властивостей масла I-20A з антифрикційними добавками було прийнято рішення підготувати мастильні склади: I-20A + 5 % графіту, I-20A + 7,5 % графіту, I-20A + 5 % графіту + 10 % ПАР, I-20A + 7,5 % графіту + 10 % ПАР, I-20A + 5 % дисульфиду молібдену, I-20A + 7,5 % дисульфиду молібдену, I-20A + 5 % дисульфиду молібдену + 10 % ПАР, I-20A + 7,5 % дисульфиду молібдену + 10 % ПАР. Мастила без ПАР готували при кімнатній температурі (з ПАР при 50 °С) з постійним перемішуванням. Після приготування мастило витримувалися при кімнатній температурі протягом 5 днів і перевірялася на наявність розшарування, в зв'язку з присутністю в ПАР води. Кожну мастило випробували в трьох режимах, побудували діаграми випробувань.

Чисте індустріальне I-20A виявилось нездатним витримати високі навантаження. При цьому час подрібтки склало 10 хвилин, після чого спостерігалось поступове зростання коефіцієнта тертя пов'язаного з видавлюванням олії з вузла тертя. Лише після зняття навантаження стабілізувався коефіцієнт тертя, що говорить про нормальну роботу при навантаженнях не більше 50 Н. При роботі в режимі зміни частоти система виявилось більш стабільною: амплітуда коливань не перевищувала встановлені значення більш ніж на 20 %, а час подрібтки склало 9 хвилин. При цьому потрібно зазначити, що коефіцієнт тертя на окремих ділянках експерименту був вище, ніж при навантаженні. Випробування по температурі масло I-20A не витримало, експеримент закінчився без стабілізації значень коефіцієнта тертя. В даному випадку, вирішальну роль зіграло випаровування масла протягом всього експерименту, що призвело до зростання коефіцієнта тертя на всіх ділянках з підвищенням температури.

Склад I-20A + 5% графіт пройшов успішно випробування в режимах зміни навантаження і частоти, при цьому ділянка підробітки знизився до 7 і 4 хвилин відповідно. У режимі зміни частоти коефіцієнт тертя виявився нижчим, ніж в режимі зміни навантаження. Однак в режимі зміни частоти при відрізку з частотами від 200 до 227 Гц спостерігався прямопропорційно зростання коефіцієнта тертя, що говорить про досягнутому максимумі за частотою для даної мастила. Випробування по температурі даний склад не пройшов, система виявилася дуже чутлива до найменшого підвищення температури супроводжується зростанням коефіцієнта тертя, як слідство не стабільністю на всіх ділянках роботи.

Склад I-20A + 7,5 % графіт успішно пройшов випробування в режимі зміни частоти, з характерними особливостями для складу Склад I-20A + 5 % графіт. Однак стабілізований коефіцієнт тертя був дещо вищим, ніж в попередньому експерименті. У режимі зміни навантаження нестабільність спостерігалася на всіх етапах експерименту, хоча невелика стабілізації наступала в районі пікових навантажень і при підсумковій навантаженні. Випробування зі зміною температури зберегли картину для Складу I-20A + 5 % графіт, якісної зміни не настав.

Для складу I-20A + 5 % + 10 % ПАР в режимі зміни навантаження якісна картина діаграм не змінилася, при цьому підсумковий коефіцієнт тертя знизився в 1,25 рази для обох випадків. У режимі зміни частоти крива коефіцієнта тертя вийшла більш плавна, що свідчить про стабілізацію величини. Для режиму зміни температури вийшла інша якісна картина: коефіцієнт тертя не знижується зі збільшенням температури, при цьому відбувається його зниження при температурах понад 140 °С. Кількісно підсумковий коефіцієнт тертя знизився в 1,6 рази.

У режимі випробування зміни навантаження складу I-20A + 7,5 % + 10 % ПАР показав себе з найкращого боку: час підробітки склало 9 хв, на інших ділянках коефіцієнт тертя плавно змінювався відповідно до режиму і підсумкове значення знижено по відношенню до базового масла в 1,6 раз. У режимі роботи зі зміною частоти і зі зміною температури якісна картина не змінилася. Однак коефіцієнт тертя знижений при температурному режимі по відношенню до складу I-20A + 5 %

+ 10 % ПАР в 1,5 рази, в порівнянні з режимом зі зміною частоти, де картина не змінилася.

Для різних режимів були побудовані загальні діаграми зміни коефіцієнта тертя в часі (рисунки 3.5 – 3.7).

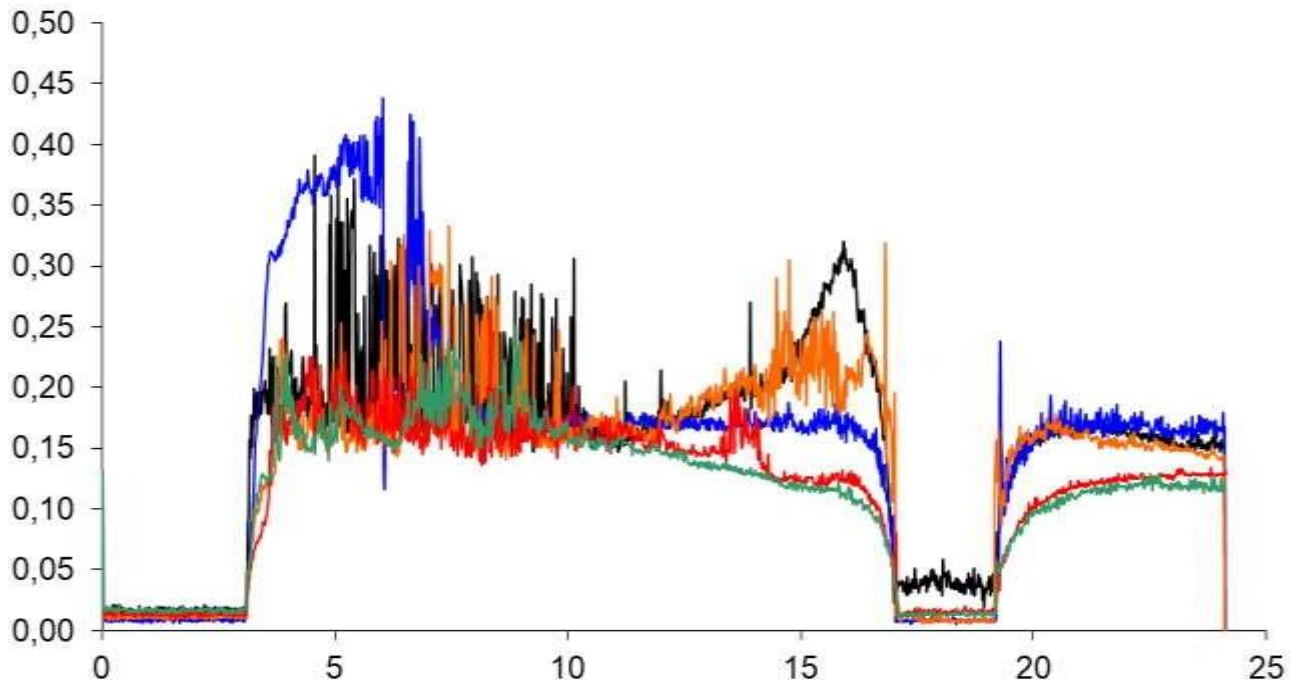


Рисунок 3.5 – Загальна діаграма зміни коефіцієнта тренування в режимі зміни навантаження на графітові змивки

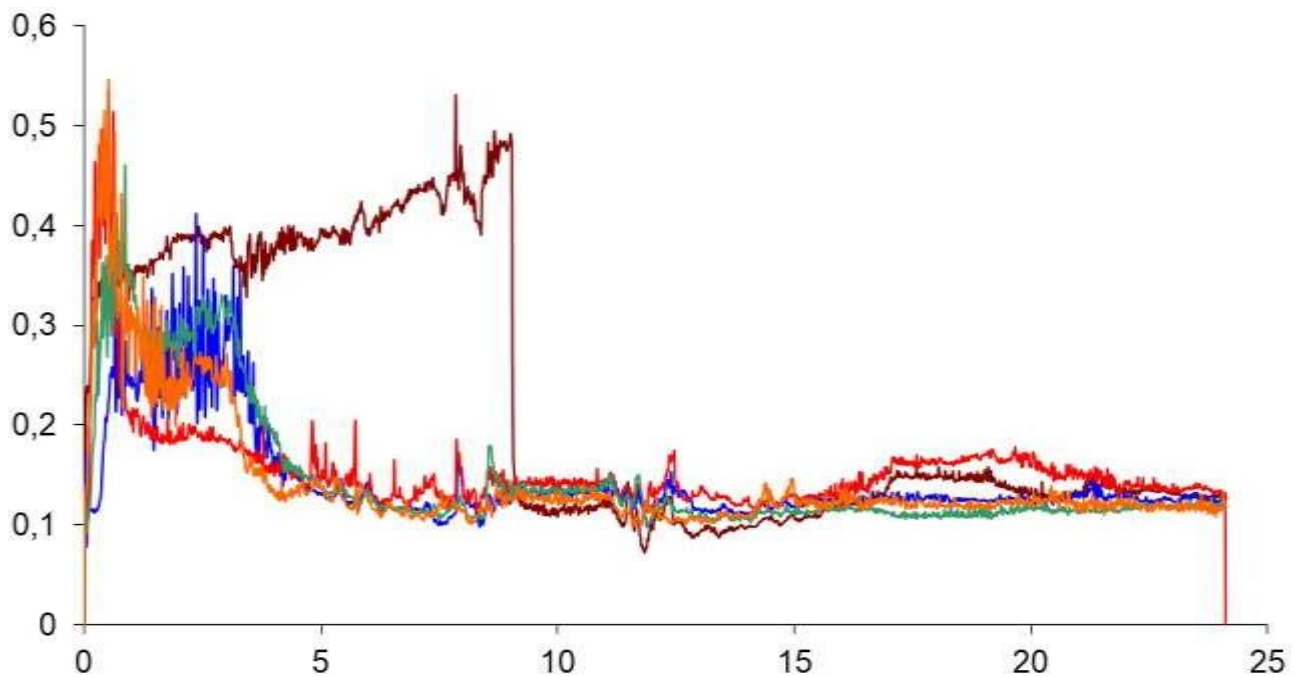


Рисунок 3.6 – Общя діаграма зміни коефіцієнта тренування в режимі зміни частоти для графітових смазів

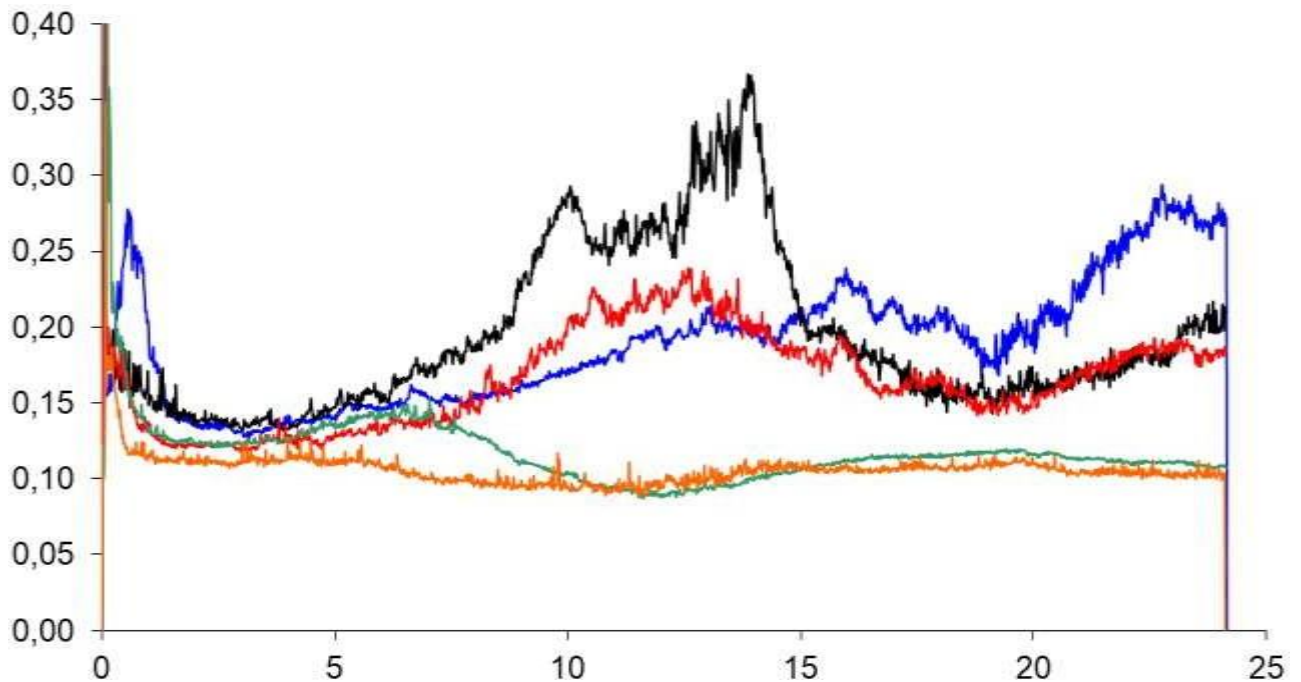


Рисунок 3.7 – Общая діаграма зміни коефіцієнта тренування в режимі зміни частоти для графітових смазів

Антифрикційні добавки на основі графіту і дисульфиду молібдену є речовини здатні модифікувати поверхню, а саме наближати її до ізотропному стану [12, 17 – 20], при якому сила тертя не залежить від напрямку переміщення іншої поверхні [38].

Ми провели трибологические випробування для оцінки якості цих речовин утворювати захисне покриття на двох типах поверхонь: анизотропной за допомогою двухкоординатной машини тертя і умовно ізотропного, при роботі на багатофункціональної машині тертя моделі SRV. З аналізу отриманих кривих (дивись рисунки 3.4 – 3.6) на машині SRV видно, що при навантаженні в 50 Н, з встановленим ходом 1 мм, температурою 50°C, при частотах обертання 5 Гц, 50 Гц коефіцієнт тертя для вузла, що містить мастильний матеріал з модифікатором тертя, зменшується при збільшенні концентрації дисульфиду молібдену до 7,5%, після починає рости сила тертя. Для графіту при 5 Гц коефіцієнт тертя значно знижується при підвищенні концентрації добавки до 5,0%, однак при подальшому збільшенні концентрації коефіцієнт тертя різко збільшується. Така поведінка графіту можна

пов'язати з твердістю частинок, яка в 1,25 – 1,5 рази вище, ніж у MoS_2 і їх розміром, які в 3 рази більше [39]. Для графіту при 50 Гц коефіцієнт тертя знижується при підвищенні концентрації добавки до 10,0%, що можна пояснити кращою активацією частинок при більш активному переміщенні сталеві кульки, отже, більшою енергією переданої часткам.

Антифрикційні добавки не витримали випробування при частоті 500 Гц, різкі скачки тертя пов'язані з утворенням задирів і схоплювання, тому їх використання в таких умовах без додаткового введення розчинних антифрикційних присадок неможливо.

При проведенні оцінки плями контакту кульки (рисунок 3.8) по поверхні диску, найкращі результати були отримані додаванні 7,5 % графіту до основного мастила I-20 А, де спостерігався найменший діаметр плями контакту, а відповідно і найменше зношування поверхні.

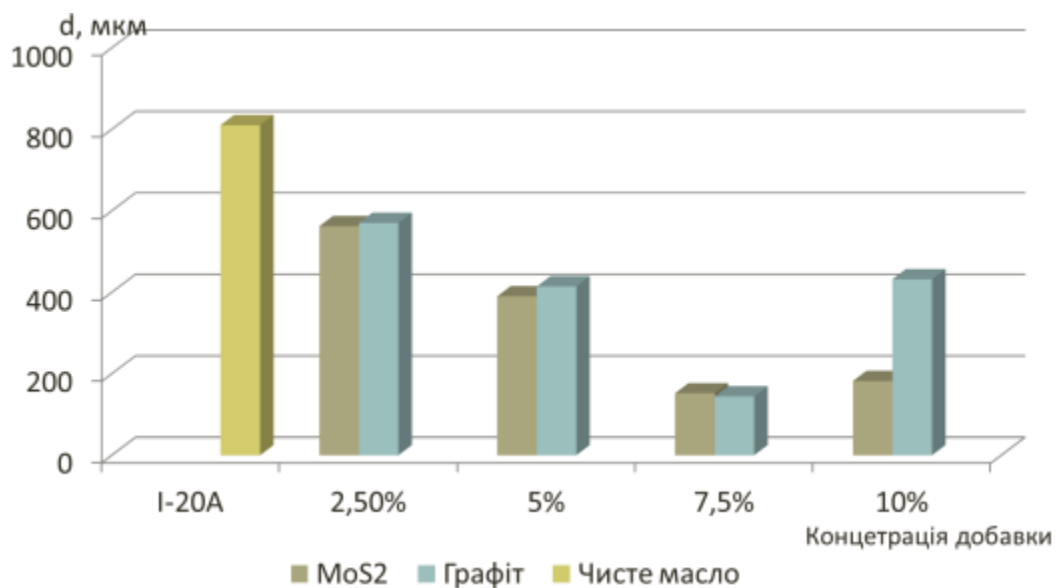


Рисунок 3.8 – Зміна плями контакту кулі і диску в залежності від концентрації антифрикційної добавки

Крім того слід відзначити, що для всіх інших концентрацій антифрикційних добавок, дісульфіт молибдену показував кращі результати.

На двох координатній машині тертя ми провели два типи випробувань:

перший був спрямований на отримання порівняльних характеристик шляхом проведення випробування мастильних матеріалів в режимі ходу по прямій

траєкторії, другий для оцінки розкиду коефіцієнта тертя в умовах анізотропії поверхні в режимі ходу по круговій траєкторії. В результаті першого експерименту (дивись рисунок 3,7) крива залежності коефіцієнту тертя від концентрації добавки для дисульфиду молібдену аналогічна кривим, отриманим на машині тертя SRV і отриманим авторами [15]. Більш того ці криві відповідають кривій зміни поверхневого натягу системи, отриманої в ході роботи [40], що ще раз підтверджує взаємозв'язок величин. В ході другого експерименту були отримані анізотропії тертя, які мають однакову форму і однаковими напрямками максимумів і мінімумів сили тертя, що говорить про якість зробленого експерименту.

Висновки до розділу 3

Провівши вивчення анізотропії, були побудовані криві залежності мінімальних і максимальних значень коефіцієнта тертя від умов проведення експерименту. крива мінімальних значень відповідає отриманим кривим на умовно ізотропних поверхнях, що дає можливість припустити про рух індентора вздовж напрямку обробки. Крива максимальних значень показує зниження коефіцієнта тертя при збільшенні добавки дисульфиду молібдену аж до 10 %, що не відповідає попереднім отриманими даними. Це пов'язано з тим, що навантаження в цій ділянці мінімальна, тому існує можливість для зниження коефіцієнта тертя.

На підставі виконаних трибологічних випробувань можна стверджувати, що оптимальна концентрація досліджуваних антифрикційних добавок лежить в діапазоні від 5 до 8%. Встановлено, що зниження коефіцієнта тертя відбувається в 1,75-2 рази по відношенню до масла I-20A.

РОЗДІЛ 4

ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1 Перелік небезпечних і шкідливих виробничих чинників діючих при ремонті літального апарату

Небезпечні і шкідливі виробничі чинники відповідно до ГОСТ 12.0.003-74 [41] підрозділяються на наступні групи: фізичні, хімічні, біологічні і психофізіологічні. Останні по характеру дії підрозділяються на фізичні і нервовопсихичні перевантаження, а кожна група розділяється на конкретні небезпечні і шкідливі виробничі чинники.

При ремонті ЛА на технічний персонал впливають наступні небезпечні і шкідливі виробничі чинники.

- рухомий літак, спецавіатранспорт і самохідні механізми;
- висячі елементи літаків, спецавіатранспорту, механізмів вантаження-розвантаження і кранів;
- повітряні потоки, рухомі з великою швидкістю;
- лопаті повітряного гвинта, а також струмені відпрацьованих газів авіадвигунів і предмети, що потрапили в них;
- літак, що обрушується, з підйомників або в результаті помилкового прибирання шасі;
- підвищене ковзання дія обмерзання, зволоження або замаслення поверхні літака, трапів;
- підвищена або знижена температура поверхонь авіаційної техніки, устаткування або матеріалів;
- підвищений рівень шуму;
- відсутність або недолік природного світла в районі рухомих елементів конструкції;
- підвищений рівень електромагнітних випромінювань;
- хімічні речовини, що входять до складу мастила для гвинтових механізмів і підйомників здатних проникати через органи дихання і слизисті оболонки;

- патогенні мікроорганізми і продукти їх життєдіяльності.

4.2 Організаційні, конструктивно-технологічні заходи щодо зменшення небезпечних і шкідливих виробничих факторів

Всі роботи при ремонті, при завантаженні і вивантаженні ЛА та агрегатів повинні організовуватися і проводитися в строгій відповідності з правилами і нормами, передбаченими ГОСТ 12.3-009-76 [42].

У зв'язку з цим на ЛА під час ремонту повинні виконуватися наступні заходи безпеки:

1) до роботи на літаку допускаються люди правила техніки безпеки, що вивчили, і що пройшли перевірку їх засвоєння, з оформленням відповідною документацією;

2) при виконанні всіх видів робіт на літаку необхідно дотримувати заходи безпеки, викладені в керівництві по технічній експлуатації літака, двигунів, авіаційного і радіоелектронного устаткування, в діючих інструкціях і вказівках експлуатанта;

3) після зарулювання на стоянку і виключення двигунів літак необхідно заземлити і встановити наполегливі колодки під колеса шасі;

4) перед початком устаткування літака переконаєтесь, що всі вимикачі, перемикачі, крани управління, автомати захисту які знаходяться в початковому положенні;

5) при буксируванні літака в кабіні екіпажа повинен знаходитися пілот або технік;

6) при заправці літака паливом перевірити заземлення заправного пістолета;

7) перед запуском двигунів, убиральною і випуску закрилків, відкритому і закритому вантажному люку переконаєтесь у відсутності в цих місцях будь-яких сторонніх предметів. Команди попередження необхідно доводити до всього обслуговуючого персоналу, що знаходиться біля літака або попереду нього. Вказані роботи дозволяється проводити тільки у відповідь після доповідей про дотримання заходів безпеки;

8) перед запуском двигунів необхідно перевірити наявність засобів пожежогасінні на стоянці, надійність установки наполегливих колодок під колеса шасі, переконатися у відсутності сторонніх предметів поблизу літака;

9) при працюючому двигуні забороняється знаходитися в площині обертання повітряних гвинтів і підходити до них, а також знаходитися поблизу струменя від повітряних гвинтів;

10) забороняється особам, що виробляють запуск і випробування двигунів, покидати кабіну екіпажа при працюючих двигунах;

11) забороняється оглядати авіаційне радіоелектронне устаткування, що знаходиться під напругою;

12) при роботі і експлуатації систем літака забороняється:

- залишати неізольовані вільні кінці дротів;

- залишаємо відкритими електрощітки розподільних пристроїв і клеєні панелі апаратури під напругою;

- встановлювати запобіжники, номінали яких не відповідають вказаним на трафаретам і схемах;

- виробляти роботи з кисневою системою в спецодягу, руками і інструментом, що має сліди масла і жирових речовин;

- мастити вентилі кисневої системи, не передбаченої технологією мастилом;

- виробляти роботи несправним і немаркированим інструментом;

- включати і вимикати джерела електроживлення і перевіряти устаткування в процесі заправки або зливу палива;

- стикувати і розстикувати роз'єм джерела аеродромного електроживлення під навантаженням;

13) при запуску двигунів від джерела електроживлення відключення джерела від бортової мережі літака вироблювані після запуску правого двигуна перед запуском лівого двигуна;

14) перед включенням станції радіолокації необхідно позначити зону опромінювання застережливими знаками;

15) при роботі станції радіолокації на випромінювання забороняється знаходитися в зоні опромінювання, розташовувати контрольно-перевірочну апаратуру, окрім необхідної для вимірювання передбаченою технологією робіт;

16) при роботах на крилі необхідно використовувати страхувальні троса і польоту, а при роботах на висоті - використовувати устаткування захисними бортами драбини і майданчика. [43]

У зв'язку з тим, що в ЛА прийнята схема високоплана, необхідно:

- створити нові або модернізація існуючих пересувних робочих місць з низько розташованими майданчиками, що мають бічну огорожу;

- виготовлення тросових поясів для робіт на поверхні крила, які закріплюються за допомогою спеціальних замків до конструктивних вузлів літака на крилі стабілізаторі;

4.2.1 Пожежна й вибухова безпека

Пожежна безпека – це стан об'єкта, при якому виключається можливість пожежі, а у випадку його виникнення, запобігання його впливу на людей небезпечних факторів і при якому забезпечується захист матеріальних цінностей.

Значна частина аварій катастроф літаків і вертольотів відбувається через пожежі і вибухи, в результаті яких гинуть люди і величезні цінності. Процес розвитку пожежі, його інтенсивність і масштаб викликаних нею руйнувань, а також ефективність міри з його ліквідації залежать від причини яка викликала пожежу, особливості конструкції ПС, режиму польоту, концентрації горючого матеріалу у вогнищі пожежі. Пожежі на ПС характеризуються короткочасністю, неможливістю прямих втручань.

Паливо, масла та спеціальні рідини є системними рідинами. Ступінь їх вогненебезпечності характеризується температурою спалаху і самозаймання пари, концентраційними і температурними межами вибухонебезпеки, а також відміні до самозагорання [44].

На пожежну безпеку також великий вплив має здібність нафтопродукту до накопичення статичної напруги. Для попередження виникнення і розповсюдження

пожежі у відсіках, виявлення і ліквідації спалаху, передбачені наступні вимоги до пожежного захисту:

1) У вантажній кабіні повинні бути зручно розташовані і рівномірно розподілені, як мінімум, два ручних вогнегасники;

2) В кабіні екіпажа повинен бути зручно розташований як мінімум, один ручний вогнегасник;

3) Кількість вогнегасячої речовини, що використовується в кожному вогнегаснику, повинне відповідати виду можливої пожежі в місцях його застосування;

4) Кожний вогнегасник, призначений для використання у відсіку з людьми, повинен бути розрахований на зведені до мінімуму небезпечної концентрації токсичних газів;

5) Якщо застосовані вбудовані вогнегасники, то:

а) кожна система з вбудованими вогнегасниками повинна бути встановлений так, щоб:

- вогнегасна речовина, мала можливість проникнути у відсік з людьми, не представляючи небезпеки для людей що знаходяться в ньому;

- розрядка вогнегасника не привела до пошкодження конструкції;

б) місткість кожної необхідної вбудованої системи пожежогасінні повинна відповідати будь-якому можливому виду пожежі, яка може виникнути у відсіку, де вона застосовується, з урахуванням об'єму і інтенсивності повітрообміну у відсіку;

б) Система виявлення пожежі у вантажному відсіку повинна забезпечувати:

- видачу льотному складу візуального сигналу в межах 1 хвилини після початку пожежі;

- виявлення пожежі при температурі, значно більш низькій, ніж температура, при якій істотно знижується міцність конструкції літака;

7) В кожній зоні, де можуть з'явитися запалювання рідини або їх пари через витік з рідинної системи, повинні бути передбачені засоби, що зводять до мінімуму вірогідність запалювання цих рідин або пари і загальну небезпеку, якщо

запалювання відбулося, повинна бути вказана кожна зона, де можливе запалювання рідини або пари з рідинних систем;

8) Життєво важливі органи управління, вузли кріплення двигунів і ін. конструкції, що забезпечують політ, розташовані у встановлених пожежонебезпечних зонах або в суміжних зонах, які можуть виявитися під впливом пожежі в пожежонебезпечній зоні, повинні бути встановлені з вогнєнепроникного матеріалу або бути захищені так, щоб вони могли витримувати дію пожежі;

9) Поверхня літака, розташована за мотогондолами в межах відстані в один діаметр гондоли по осьовій лінії, повинні бути що найменше вогнестійкими;

10) Електричні кабелі і устаткування у встановлених пожароопасных зонах, що використовуються при аварійних процедурах, повинні бути щонайменше вогнестійкими. Окрім перерахованих вимог іншими розділами АП-25 передбачене:

- конструктивні заходи, застереження виникнення і розповсюдження пожежі;
- системи і прилади виявлення перегріву в пожежонебезпечних відсіках;
- дренажі для виключення скупчення горючих рідин і їх пари в тих місцях, де виникло їх скупчення;
- засоби захисту від пожежі.

Максимальна температура конструктивних елементів в місцях зіткнення з паливом не повинна перевищувати 200 °С.

Для зменшення вірогідності пожежі при вимушеній посадці з прибраним шасі передбачені аварійні засоби автоматичного включення системи пожежогасінні для подачі вогнегасної речовини або інертного газу в пожежобезпечні відсіки.

Для запобігання вибухів паливних баків, виникнення яких може бути в слідстві статичних електророзрядів, торцеві стінки баків повинні розташовуватися не ближче 500 мм від закінцівок крила.

У зв'язку зі всім перерахованим вище, на спроектованому ЛА застосований комплекс засобів пожежного захисту забезпечуючий виявлення, сигналізацію і ліквідацію пожежі в пожежобезпечних відсіках літака попередження виникнення і

розповсюдження пожежі на суміжні відсіки. До пожежобезпечних відсіків на літаку відносяться: відсіки гондол рухових установок і відсік ДСУ.

Для попередження виникнення пожежі в вогненебезпечних відсіках не застосовуються деталі з горючих матеріалів і устаткування, не задовольняючи вимогам по вибухобезпечності. Для локалізації пожежі в пожежобезпечних відсіках встановлені пожежні перегородки і екрани з вогнестійких матеріалів.

В пожежопасних відсіках встановлена апаратура системи сигналізації перегріву і пожежі (СПП-1 і СПП-2), по одному комплекту в кожному відсіку. Вона складається з сигналізаторів перегріву і блоків посилення обробки сигналів. У вигляді електричного сигналу поступають в коробку реле для автоматичного включення вогнегасника централізованої системи пожежогасіння.

Гасіння пожежі здійснюється подачею з вогнегасника у відсік, де відбулася пожежа через розподільні колектори вогнегасної речовини. Вогнегасники першої черги включаються автоматично від системи сигналізації пожежі або вручну, вогнегасник другої черги - тільки вручну.

Вогнегасильні суміші і засоби класифікують в залежності від їх фізико-хімічних властивостей і способів гасіння наступним способом:

- * вода, що подається у вогнище суцільним струменем чи у розпуленому стані, що забезпечує переважно охолоджуючий ефект;
- * хімічна і різної кратності повітряно - механічна піна , яка робить в основному ізолюючу дію;
- * інертні гази , двоокис вуглецю і водяна пара, які роблять розбавлюючу дію;
- * галоїдовуглецеві суміші, які володіють властивістю хімічних інгібіторів;
- * порошкові суміші, які володіють переважно ізолюючими властивостями;
- * комбіновані суміші (сполучення різних засобів пожежогасіння).

Під час організації пожежогасіння важливе значення має вибір найбільш прийнятної вогнегасильної суміші в залежності від властивості горючої системи і умов протікання процесів горіння .

4.2.2 Мікроклімат виробничих приміщень

Мікроклімат виробничих приміщень – це клімат внутрішнього середовища цих приміщень, який визначається діючим на організм людини сполученням температури, вологості і швидкості руху повітря, а також температури навколишніх поверхонь. Температура в зимовий і перехідний період під час виконання робіт середньої ваги повинна знаходитися в межах $+15-20$ °С. Швидкість руху повітря 0,5 м/с, відносна вологість 60–30 %.

Дія мікрокліматичних умов на працівників (тепла чи холодна) може призвести до значних змін життєдіяльності організму і внаслідок цього до зниження продуктивності праці, підвищення загальної захворюваності працівників, у тому числі професійної. Постійність функцій організму під час різних мікрокліматичних умов і різної важкості виконуваної роботи забезпечується за допомогою терморегулювання. Терморегулювання організму – фізіологічний процес підтримування температури тіла на визначеному рівні. Інтегральним показником теплового стану організму людини є температура тіла. Стан перегрівання організму характеризується підвищенням температури тіла, прискоренням пульсу, великим потовиділенням, яке призводить до різкого порушення водно–сольового обміну. Відчуває велику напругу і серцево–судинна система, збільшується наявність гемоглобіну і кількість еритроцитів. Знижується артеріальний тиск. Негативний вплив на центральну нервову систему проявляється у послабленні уваги, уповільненні реакції, погіршенні координації руху, що може бути причиною виробничого травматизму.

Норми виробничого мікроклімату встановлені ГОСТ 12.1.005–76 ССБТ “Воздух рабочей зоны”. Нормуються температура, вологість і швидкість руху повітря у вигляді оптимальних і допустимих величин. Нормовані параметри, встановлені для виробничої зони, – простір висотою до 2 м над рівнем підлоги чи майданчика, на яких знаходяться місця постійного чи тимчасового знаходження працівників. Постійним вважається місце, на якому працівник проводить більше 50% свого робочого часу (чи більше 2 годин безперервно). Оптимальні і допустимі параметри мікроклімату встановлюються з урахуванням важкості виконуваної

роботи і сезонів року, а також надлишків наявного тепла. Категорію робіт встановлюють на підставі загальних енерговитрат організму.

Для забезпечення потрібних параметрів мікроклімату у виробничих приміщеннях і захисту працівників від їх несприятливого впливу застосовують наступні методи:

- * Механізація і автоматизація виробничих процесів.
- * Захист від джерел інфрачервоного випромінювання.
- * Вентиляція приміщень.
- * Повітряні завіси.
- * Опалення приміщень.
- * Кондиціонування повітря.
- * Використання засобів індивідуального захисту.
- * Медичні профілактичні заходи.

4.2.3 Вентиляція виробничих приміщень

За способом організації обміну повітря вентиляція може бути загального обміну, коли обмін повітря відбувається у всьому об'ємі приміщення, і місцевого, при якому обмін повітря здійснюється у визначеній його частині.

За призначенням системи вентиляції можуть бути припливними, витягувальними і припливно–витягуваль-ними.

За способом спричинення руху повітря розрізняють вентиляцію природну (аерацію) і штучну (механічну).

Кондиціонування повітря є більш удосконаленим видом механічної вентиляції, яке в автоматичному режимі підтримує задані параметри повітря виробничого приміщення незалежно від змін зовнішніх і внутрішніх факторів.

Вентиляція характеризується обігом повітря ($\text{м}^3/\text{год}$). Для оцінки інтенсивності обігу повітря в приміщенні застосовується поняття кратності обігу повітря ($1/\text{год}$).

Аерацією називається організований природний обмін повітря у приміщенні, який створюється через спеціально передбачені регулювальні отвори в зовнішніх огороженнях з використанням природних збудників руху повітря – тепла і вітру.

У системах механічної вентиляції надається можливість переміщувати повітря по каналах на великі відстані: забезпечується подача його практично у будь-яке приміщення.

У системах механічної вентиляції передбачається устаткування для обробки повітря, що подається у приміщення (підігрів, очищення від пилу, зволоження та інше).

4.2.4 Виробниче освітлення

Гігієнічні вимоги до виробничого освітлення обґрунтовані на психофізіологічних особливостях сприйняття і уваги до світла; до них належать такі:

- * Близький до сонячного, оптимальний спектральний склад світла.
- * Рівень освітленості повинен бути достатнім і відповідати гігієнічним нормам.
- * Рівномірність і стійкість рівня освітленості у приміщенні, щоб уникнути частой переадаптації і розвитку здорової втоми.
- * Боротьба з блискучістю як одиничних джерел освітлення, так і інших предметів у межах робочої зони.

Існують наступні види виробничого освітлення:

- * Природне.
- * Штучне.
- * Поєднане.

Природне освітлення – освітлення приміщень світлом неба (прямим чи відбитим), яке проникає через світлові проїми у зовнішніх огорожувальних конструкціях.

Природне освітлення поділяється на:

- * Бічне (одностороннє, двостороннє)

- * Горішнє.
- * Комбіноване (бічне і горішнє).

Штучне освітлення поділяється на такі системи:

- * Робоче освітлення.
- * Аварійне освітлення.
- * Евакуаційне освітлення.
- * Охоронне освітлення.

Охоронне освітлення (при відсутності спеціальних технічних засобів охорони) повинно передбачатися вздовж межі території, яка охороняється у нічний час. Освітленість має бути 0,5 лк. на рівні землі.

Евакуаційне освітлення – це освітлення для евакуації людей з приміщення під час аварійного вимкнення робочого освітлення. Евакуаційне освітлення необхідно передбачати:

- * У місцях, небезпечних для проходу людей.
- * У проходах і на сходах, які використовуються для евакуації людей (більше 50 чол.).
- * По основних проходах виробничих приміщень, в яких працює більше 50 людей.

Аварійне освітлення – це освітлення для продовження роботи у випадку аварійного вимкнення робочого освітлення. Аварійне освітлення необхідно передбачати, якщо вимкнення робочого освітлення і пов'язане з цим порушення нормального обслуговування обладнання і механізмів можуть викликати:

- * Вибух, пожежу, отруєння людей.
- * Довготривале порушення технологічного процесу.
- * Порушення роботи таких об'єктів, як електричні станції, вузли зв'язку, диспетчерські пункти та інше.

Робоче освітлення необхідно передбачати для всіх приміщень, будов, а також ділянок відкритих просторів, що передбачені для роботи, проходу людей і руху транспорту.

Штучне освітлення буває двох систем:

- * Загальне.
- * Комбіноване.

Загальне освітлення – це освітлення, при якому світильники розміщені у верхній частині приміщення рівномірно чи пристосовані до розміщення обладнання.

Комбіноване освітлення – це освітлення, при якому до загального додається місцеве освітлення.

Місьцеве освітлення – це освітлення, додаткове до загального, створюване світильниками, які концентрують освітлювальний потік безпосередньо на робочих місцях.

Норми освітлення визначаються залежно від:

- * Характеру зорової роботи, який залежить від найменшого розміру об'єкта роботи.
- * Контрасту об'єкта розрізнення з фоном (малий, середній, великий).
- * Характеристики фону (світлий, середній, темний).
- * Системи освітлення (загальне, комбіноване).

У цивільній авіації діють ОСТ 54 72003–82 ССБТ «Освітлення штучне на експлуатаційних підприємствах ЦА. Норми і вимоги безпеки» [45] і ОСТ 72002-84 ССБТ «Освітлення штучне на заводах ЦА. Норми і вимоги безпеки.» [46]

4.3 Електрозахисні засоби. Основні заходи захисту від ураження електричним струмом. Розрахунок заземлення пристрою для дослідження матеріалів на тертя та зношування

1. Застосування малих напруг і електричний поділ мереж. Для забезпечення безпеки електроспоживачів варто застосовувати напругу до 42 В, приміщеннях із підвищеною небезпекою – 36 В, в особливо небезпечних – 12 В. Як правило, при використанні електроустаткування з такою напругою враховується те, що одяг, взуття мають певний опір, немає щільного (зварного, болтового) контакту з землею і

т. д.; в аварійних ситуаціях струм через тіло людини не досягає невідпускаючого порогу [18].

Необхідно пам'ятати, що для одержання малої напруги необхідно використовувати автономні джерела (акумулятори, спеціальні мотор-генератори і т.д.). Можна використовувати і перетворювачі напруги, але при цьому пам'ятати про обов'язкову умову: мережа малої напруги повинна бути електрично ізольована, відділена від мережі високої напруги.

У зв'язку з цим категорично заборонено використовувати в якості джерела малої напруги автотрансформатор, тому що в ньому обидві обмотки електрично пов'язані.

2. Контроль ізоляції. При порушенні ізоляції мереж і устаткування корпусу, конструкції, на яких вони змонтовані, труби, в яких прокладені проводи, можуть виявитися під небезпечною напругою. Тому контроль ізоляції є необхідною мірою, що попереджує небезпеку ураження електричним струмом.

В установках до 1 000 В опір ізоляції повинен бути не нижче 0,5 м Ом.

3. Захисне заземлення – це навмисне з'єднання із заземленим пристроєм металевих частин електроустаткування, що нормально не знаходяться під напругою, але можуть виявитися такими у випадку ушкодження ізоляції.

Металеві частини устаткування – це корпуси, кожухи, постійні огороження, арматура і т. д.

Зміст заземлення полягає в тому, щоб знизити напругу доторкання при ушкодженні ізоляції до безпечної для людини величини.

4. Захисне відключення – це система захисту, що забезпечує безпеку шляхом автоматичного відключення (протягом не більш 0,2 сек.) електроустановки у випадках замикання струмоведучої частини на землю, зниження опору ізоляції, несправності заземлення і т. д.

При замиканні струмоведучої частини на корпус, кожух, огороження і т. д. спрацьовує спеціальне реле захисту, яке відключає електричну установку від мережі.

5. Захист від випадкового дотику до струмоведучих частин досягається шляхом використання огорожень і відповідних конструкцій електроустановок; блокувань; розташування струмопровідних частин на недоступній висоті (наприклад лінії електропередач); застосування подвійної ізоляції.

Під подвійною ізоляцією розуміють застосування, крім основної ізоляції струмопровідних частин, ще одного прошарку, що ізолює людину від металевих неструмопровідних частин, які можуть випадково виявитися під напругою. Часто це використовують при виготовленні електроінструмента, корпус якого покриває пластмаса: пластмасова ізоляція проводів обмотки електричного двигуна – перша ізоляція, пластмаса, що покриває корпус електродвигуна – друга ізоляція.

6. Вирівнювання потенціалів для того, щоб зняти існування і необхідність вирівнювання потенціалів, застосуємо таке поняття, як “крокова напруга” та “напруга дотику”.

При з'єднанні струмопровідної частини із землею (пробій ізоляції, падіння проводу на землю) точка входу струму в землю буде мати найвищий потенціал, який має і струмопровідна частина. У міру віддалення від цієї точки у будь-яку сторону потенціал землі буде зменшуватися за експоненціальним законом. На відстані від точки замикання, що дорівнює 20 м, потенціал землі стає рівним нулю.

Людина, що потрапила в зону замикання і виходить із неї в будь-яку сторону кроками, потрапляє в ситуацію, коли одна нога знаходиться в одній точці землі, а інша – у другій. Потенціал першої точки більший, ніж потенціал другої. Отже, на відстані кроку людини буде існувати різниця потенціалів. Ця напруга називається “кроковою”.

Різниця потенціалів між двома точками землі в зоні замикання на землю на відстані кроку (0,8 м) по радіусу до точки замикання називається кроковою напругою.

Різниця потенціалів між точкою замикання на землю і точкою землі, у якій знаходиться людина при торканні точки замикання, називається напругою дотику.

Про існування крокової напруги і напруги дотику потрібно знати і пам'ятати для того, щоб правильно виходити із зони замикання на землю, якщо потратив у неї (виходити "гусячим" кроком).

Електрозахисні засоби – це технічні вироби, що не є конструктивними елементами електроустановок і використовуються при виконанні робіт в електроустановках з метою запобігання електротравм.

«Правила експлуатації електрозахисних засобів» (в подальшому Правила) – чинний нормативний документ, в якому наведено перелік засобів захисту, вимоги до їх конструкції, обсягів і норм випробувань, порядку застосування і зберігання, комплектування засобами захисту електроустановок та виробничих бригад. Засоби захисту, що використовуються в електроустановках, повинні відповідати вимогам чинних державних стандартів, технічних умов щодо їх конструкції.

Електрозахисні засоби поділяються на ізолювальні (ізолюючі штанги, кліщі, накладки, діелектричні рукавиці тощо), огорожувальні (огороження, щитки, ширми, плакати) та запобіжні (окуляри, каски, запобіжні пояси, рукавиці для захисту рук).

Ізолюючі електрозахисні засоби поділяються на основні і додаткові.

Основні ізолюючі електрозахисні засоби розраховані на напругу установки і при дотриманні вимог безпеки щодо користування ними забезпечують захист працівників.

Додаткові електрозахисні засоби навіть у разі дотримання функціонального їх призначення не забезпечують надійного захисту працюючих і застосовуються одночасно з основними для підвищення рівня безпеки. У разі застосування основних електрозахисних засобів достатньо використовувати один додатковий засіб. Для захисту працівників від напруги кроку достатньо використовувати діелектричне взуття без застосування основних засобів.

Можна перерахувати деякі основні і додаткові електрозахисні засоби залежно від величини напруги електроустановки це: діелектричні рукавиці, діелектричне взуття, діелектричні килими, ізолюючі підставки, ізолюючі накладки, ізолюючі

ковпаки, сигналізатори напруги, захисні огороження (щити, ширми), плакати і знаки безпеки.

Для захисту працівників при виконанні робіт в умовах електричного поля, параметри якого перевищують допустимі, застосовуються індивідуальні екранувальні комплекти одягу та екранувальні пристрої.

Вимоги щодо комплектування електроустановок електрозахисними засобами регламентуються Правилами, Положенням про порядок забезпечення працівників спеціальним одягом, спеціальним взуттям та іншими засобами індивідуального захисту (ДНАОП 0.00-4.26-96), галузевими чинними нормативами тощо.

Відповідальність за своєчасне забезпечення працівників і комплектування електроустановок засобами захисту згідно з нормами комплектування, за організацію належних умов зберігання, створення необхідного запасу, своєчасне проведення періодичних оглядів і випробувань, вилучення непридатних засобів та організацію обліку несе власник цих засобів.

Електрозахисні засоби повинні зберігатись у приміщеннях в спеціально відведених місцях сухими і чистими, в умовах, що виключають можливість їх механічних ушкоджень, шкідливої дії вологи, агресивного середовища, мастила тощо.

У встановлені нормативами терміни електрозахисні засоби повинні оглядатись з перевіркою їх наявності згідно з вимогами до комплектування, очищатись від пилу, забруднень тощо, періодично проходити спеціальні випробування на відповідність їх діелектричних, механічних і т. ін. показників чинним вимогам.

Крім того, електрозахисні засоби повинні оглядатись перед кожним їх застосуванням. При таких оглядах увага звертається на справність засобів захисту, відсутність тріщин, подряпин та деформації ізолюючих елементів, терміни чергової перевірки. У разі виявлення перерахованих дефектів чи простроченого терміну чергового випробування, користування електрозахисними засобами забороняється. При оглядах діелектричних рукавиць і діелектричного взуття увагу слід звертати на наявність вологи, забруднень, розривів, інших механічних пошкоджень. Відсутність

розривів і проколів рукавичок перевіряється скручуванням їх від нарукавника в бік пальців.

Вимоги до термінів випробування електрозахисних засобів, методики і параметрів цих випробувань регламентуються Правилами залежно від типу електрозахисних засобів.

Електричні випробування електрозахисних засобів проводяться спеціально підготовленими працівниками. Кожний засіб захисту перед випробуваннями необхідно оглянути з метою перевірки розмірів, справності, комплектності, стану ізоляційної поверхні, наявності номера. Випробування проводяться напругою змінного струму частотою 50 Гц при температурі повітря 25 ± 10 °С і регламентованій Правилами швидкості підвищення напруги. Результати випробувань оцінюються за величиною струму, що протікає через засоби захисту.

Згідно з чинними вимогами власник повинен:

- призначити відповідального за справний стан і безпечну експлуатацію електроустановок;
- створити і укомплектувати відповідно до потреб електротехнічну службу;
- розробити і затвердити посадові інструкції працівників електротехнічної служби та інструкції з безпечного виконання робіт в електроустановках з урахуванням їх особливостей;
- створити на підприємстві такі умови, щоб працівники, на яких покладено обов'язки з обслуговування електроустановок, відповідно до чинних вимог, своєчасно здійснювали їх огляд та профілактичні роботи.

Захисне заземлення – допоміжне електричне з'єднання з землею чи її еквівалентом металевих не струмоведучих частин, що можуть виявитися під напругою.

Мета захисного заземлення – знизити напругу дотику між корпусом електроустановки і землею до 42 В, і менше, що виникає там в результаті ушкодження чи пробією струмоведучих частин.

Заземлення для захисту від розрядів статичної й атмосферної електрики здійснюється для відводу цих зарядів у землю.

У більшості випадків одного заземлювача для забезпечення встановленої норми заземлення недостатньо. У таких випадках забивають декілька заземлювачів по периметру об'єкта, що захищається, чи під об'єктом, що захищається. Таке заземлення називається контурним.

Розрізняють заземлювачі – штучні спеціально призначені тільки для заземлення електроустановки (вертикальні сталеві стрижні, прутки і кутова сталь довжиною 2,5 – 3 м, горизонтальні – смугова сталь і сталевий пруток) і природні–металеві предмети і конструкції в землі.

Заземлення електроустановок виконують :

- На всіх електроустановках при напрузі змінного струму 380 В і вище, 440 В і вище – постійного струму;
- В електроустановках, розташованих у приміщеннях з підвищеною небезпекою;
- Особливо небезпечних і в зовнішніх установках при номінальних напругах вище 42 В. змінного струму і вище 110. В постійного струму;
- У вибухонебезпечних приміщеннях для всіх напруг;
- Для захисту від статичної електрики при заправці літака.

Занулення електроустановок – навмисне електричне з'єднання з нульовим захисним провідником металевих не струмоведучих частин, що можуть виявитися під напругою.

Нульовий захисний провідник – провідник, що з'єднує занульовані частини з глухо заземленою нейтральною точкою обмотки джерела струму чи з її еквівалентом.

Принцип роботи занулення полягає у тому, що при замиканні фази на корпус створюється однофазне коротке замикання між фазою і нулем захисним провідником через апаратуру захисту, що опрацьовує і відключає замикальну фазу на корпус.

Інша захисна функція занулення полягає в тому, що в період з моменту виникнення замикання на корпус для автоматичного вимкнення електроустановки від живленої мережі передбачена захисна дія повторного заземлення нульового

захисного провідника. Це заземлення працює як захисне і знижує у аварійний період напругу на корпусі щодо землі, тобто напругу дотику.

Занулення застосовується у трифазних чотири провідних мережах з глухо заземленою нейтраллю напругою 380/220 В, 220/127 В, 660/380 В, у три провідних мережах постійного струму з глухо заземленою середньою точкою обмотки джерела енергії, а також в однофазних двопровідних мережах змінного струму з глухо заземленими виводами обмотки джерела струму. Зануленню підлягають усі корпуси електроустановок і не струмоведучі частини, що підлягають заземленню.

Постановка задачі: Визначити кількість заземлювачів і довжину сполучної смуги контурного заземлювального пристрою для дослідження матеріалів на тертя та зношування від статичної електрики. Опір контуру $R_n \leq 100$ Ом. Одиночний заземлювач – сталевий стрижень, ширина сполучної смуги $b = 0,04$ м, глибина закладання $H = 2,1$ м (грунт – пісок). Відстань між кутками $a = 2,7$ (відношення $a/l = 1$).

Вхідні дані:

$K_{сез} = 2$ – коефіцієнт збільшення питомого опору ґрунту (коефіцієнт сезонності), пісок.

$l = 2,7$ м – довжина, заземлювачі сталеві стрижні.

$d = 0,038$ м - діаметр.

$H = 2,1$ м - глибина закладання.

$B = 0,04$ м - ширина смугової сталі.

$r_n = 10$ Ом, норма опору захисного заземлення.

$\rho_{всм} = 7 \cdot 10^2$ Ом·м .

1. Діаметр стрижня беруть $d = 0,95b$, $\rho_{всм} = 7 \cdot 10^2$ Ом·м. Опір одиничного заземлювача зі сталевих кутків визначаємо за формулою:

$$R_{\text{од}} = 0,366 \frac{\rho}{\ell} \left(\lg \frac{2\ell}{d} + \frac{1}{2} \lg \frac{4h + \ell}{4h - \ell} \right) = 0,366 \frac{7 \cdot 10^2}{2,7} \left(\lg \frac{2 \cdot 2,7}{0,95 \cdot 0,04} + \frac{1}{2} \lg \frac{4 \cdot 2,1 + 2,7}{4 \cdot 2,1 - 2,7} \right) =$$

$$= 94,9(\lg 142 + 0,5 \lg 1,9) = 94,9(2,1 + 0,14) = 213 \hat{\mu}$$

2. Орієнтовно взявши кількість забитих кутків $n=3$, визначаємо довжину сполучних смуг:

$$l_1 = na = 2,7 \cdot 3 = 8,1 \text{ м}$$

Глибина закладення смуги $H_{\tilde{n}i} = 2,1 \text{ м}$

3. Опір розтікання струму в землі від сталеві смуги

$$R_{\tilde{n}i} = 0,366 \frac{\rho}{\ell} \lg \frac{2\ell^2}{bH_{\tilde{n}i}} = 0,366 \frac{7 \cdot 10^2}{8,1} \lg \frac{2 \cdot 8,1}{0,04 \cdot 2,1} = 31,6 \cdot 2,29 = 72 \hat{\Omega}$$

$$\eta_{\tilde{n}i} = 0,5 \quad \eta_{\hat{e}o\hat{o}} = 0,75$$

4. Опір контурного заземлювального пристрою:

$$r_{\hat{e}q} = \frac{R_{\hat{e}o\hat{o}} R_{\tilde{n}i}}{R_{\hat{e}o\hat{o}} \eta_{\tilde{n}i} + n R_{\tilde{n}i} \eta_{\hat{e}o\hat{o}}} = \frac{213 \cdot 72}{213 \cdot 0,5 + 3 \cdot 72 \cdot 0,75} = \frac{15336}{268,5} = 57,1 \hat{\Omega}$$

Отримане значення опору контурного заземлювального пристрою менше нормованого ($r_{к.з.}$ менше 100 Ом), тому беремо кількість заземлювачів $n=3$, довжина сполучних смуг $l=8$ м.

Висновки до розділу 4

У розділі розглянуто визначення та класифікацію виробничих шкідливих факторів, їх вплив на організм працівників, а також наведені основні шляхи захисту людини від них та розглянуті правила безпеки і поведінки при знаходженні в лабораторії для дослідження матеріалів на тертя та зношування.

В даний час важливість цієї теми досить велика. Якщо на великих авіаремонтних підприємствах існують цілі відділи та служби, що займаються організацією охорони праці, то на підприємствах малого та середнього бізнесу відповідальність за охорону праці, як правило, лягає на директора, який зазвичай обмежуються лише прослуховуванням курсу лекцій при отриманні свідоцтва від регіональної служби охорони праці і вимоги від співробітників обов'язкового підписування журналу з охорони праці та техніки безпеки.

Як показує практика, там, де питанням охорони праці і техніки безпеки приділяється належна увага, продуктивність праці значно вища, менші людські втрати, кращий стан здоров'я працівників, здоровий психологічний клімат у колективі і, як підсумок, високі фінансові результати.

РОЗДІЛ 5

ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

5.1 Вплив авіації на навколишнє середовище

Негативними наслідками сучасної науково-технічної революції стали пряма і побічна дія на навколишнє природне середовище (НПС), зменшення запасів сировинних та енергетичних ресурсів, негативний вплив на здоров'я людини тощо.

Із збільшенням інтенсивності руху авіаційної техніки (АТ) прийшло розуміння того, що така техніка суттєво впливає на НПС, причому не тільки в районах функціонування аеродромів та космодромів, але й в значно більших просторово-часових масштабах. Вплив на НПС АТ надзвичайно різноманітний – акустичний, тепловий, механічний, хімічний, електромагнітний, радіоактивний. Очевидно, що деякі з вказаних типів дії взаємопов'язані між собою і їхній вклад в загальне збурення НПС залежить, наприклад, від конструкції виробів, від висоти його польоту, умов функціонування техніки, аварійних ситуацій, від технології експлуатації та ремонту АТ.

Результати досліджень дії АТ на НПС свідчать, що проблема шкідливого впливу експлуатації та ремонту АТ дійсно існує; деякі з наслідків цієї господарської діяльності вже зараз викликають серйозну стурбованість на регіональному та глобальному рівнях (енергетичні та хімічні забруднення під час експлуатації та поточного ремонту АТ в районі аеродромів та авіаремонтних заводів).

Проблема в цілому та окремі її частини вимагають постійної уваги, оскільки негативні наслідки можуть вийти за допустимі рамки і набути катастрофічного характеру, тому треба зробити більш жорсткими екологічні вимоги до АТ [19].

5.2 Джерела і фізико-хімічні характеристики забруднень атмосферного повітря

Основними джерелами забруднення НПС серед авіапідприємств є аеропорти (або авіаремзаводи) з приписаною до них технікою.

Наземні джерела забруднення можна умовно поділити на такі, що знаходяться всередині аеропорту (або авіаремзаводу), і ті, що розташовані за межами аеропорту (або авіаремзаводу). До останніх належать, насамперед, установки теплоенергетики, які працюють на різних видах місцевого палива, тому й характер забруднень визначається видом палива, способами його спалювання і шляхами відведення викидів.

До основних шкідливих речовин, які містяться в димових газах теплоенергетичних установок відносяться діоксид сірки SO_2 , оксид вуглецю CO , оксиди азоту NO_x , тверді частки вуглецю (сажі) [20].

Однією з найважливіших умов мінімальних викидів шкідливих речовин із теплоенергетичних установок є вибір режиму спалювання палива, при якому досягається повне його згоряння.

До внутріпортових (внутрізаводських джерел) забруднень НПС відносяться вентиляційні системи, які застосовуються на окремих ділянках обслуговування авіаційної техніки чи авіаремонтних заводів.

При необхідності, коли повітря від робочих місць, що видаляється, містить шкідливі речовини у великих кількостях, перед викидом в атмосферу воно очищується в пиловловлюючих і газоочисних установках.

В атмосферне повітря із виробничих приміщень аеропорту чи авіаремзаводу надходять пари нафтопродуктів, розчинників, лакофарбувальних матеріалів, лугів, кислот, аерозолі водних розчинів їдкого, вуглекислого і фосфорнокислого натрію, сірчистого ангідриду, оксидів азоту, окису вуглецю, пилу.

Кількість шкідливих речовин, що надходять в атмосферне повітря з виробничих приміщень аеропорту чи авіаремзаводу через вентиляційні системи, може перевищувати гранично допустимі значення, які спричиняють перевищення допустимих концентрацій (ГДК) цих шкідливих речовин. Особливо це може мати місце при груповому розташуванні вентиляційних шахт, коли виникає ефект сумації шкідливих викидів і навіть утворення нових шкідливих речовин більшої токсичності.

Склади пально-мастильних матеріалів (ПММ) забруднюють атмосферне повітря на території аеропорту авіапаливом, змащувальними матеріалами і спецрідинами. В атмосферу пари авіапалива надходять: при витискуванні їх із резервуарів, паливозаправників (ПЗ) і баків повітряних кораблів (ПК) в процесі наповнення їх паливом, в процесі “малого дихання” резервуарів, а також при випаровуванні розлитого палива крізь нещільності з’єднань або недотримання правил заправки ПК, зберігання, транспортування і наповнення ємкостей пально-мастильними матеріалами.

Забруднення атмосферного повітря не тільки прямо впливають на здоров’я живих організмів, але й посередньо, змінюючи структуру, склад і навіть будову атмосфери, яка в новій якості впливає вже глобально на життєдіяльність людини, а також на рослинний і тваринний світ планети.

5.3 Джерела і фізико-хімічні характеристики забруднень ґрунтів та водоймищ

Виробнича діяльність авіапідприємств сприяє забрудненню ґрунтів і водоймищ виробничими та господарсько-побутовими стічними водами, що містять різні механічні, фізичні та хімічні домішки.

Забруднення ґрунту відбувається також в результаті осідання із повітряного басейну на поверхню ґрунту забруднюючих речовин, які надходять в атмосферу з газами, що відпрацювали, літаків, наземної віаційної техніки і топок котельних.

Джерелами виробничих стічних вод в аеропортах (авіаремзаводах) є будівлі і споруди технічного обслуговування та ремонту літаків (авіаційно-технічні бази, допоміжні виробництва та ін.), а також будівлі і споруди підсобних приміщень (склади технічного майна, автобази, пожежні депо, котельні тощо).

Основні джерела господарсько-побутових стічних вод – будівлі і споруди для обслуговування перевезень – аеровокзал, готелі, їдальні, служби бортхарчування, а також території авіамістечок, що прилягають до аеропортів. Джерелом забруднення водойм авіапідприємств є поверхневий стік. Формуючись за рахунок дощових і талих снігових вод, а також води при вологому прибиранні приміщень із штучним

покриттям, поверхневий стік з території аеропорту акумулює в собі різні забруднюючі речовини: залишки миючих, дезинфікуючих, антиобліднювальних і протижелездових реагентів, продукти руйнування штучних покриттів і стирань ними шасі літаків та наземної техніки, відходи нафтопродуктів тощо.

До основних джерел забруднень поверхневого стоку відносяться території авіаційно-технічних баз, площадки для доводочних робіт, мийки та антиобліднювальної обробки літаків, перон і привокзальна площа, приміщення служб паливно-мастильних матеріалів (ПММ) та ін.

Склад стічних вод, які скидаються, тісно пов'язаний з видами виробничої діяльності, вихідної сировини і різних додаткових продуктів, що приймають участь у технологічному процесі, а також залежить від ходу цих процесів, виду і досконалості виробничої апаратури і т.п. Склад стічних вод різноманітний і навіть для одного й того ж виробництва змінюється в великому діапазоні.

В стічних водах виробничих дільниць аеропортів та інших авіапідприємств містяться бензол, ацетон, нафтопродукти, кислоти, луги, розчинені різні сполуки металів – алюмінію, міді, берилію, хрому тощо, також інші забруднюючі речовини. Для поверхневого стоку з території аеропортів характерна присутність мінеральних суспензій, нафтопродуктів, розчинених органічних сумішей та речовин, що містять азот.

Основним джерелом забруднення ґрунтів важкими металами при виконанні виробничих і транспортних процесів в цивільній авіації поряд із стічними водами є надходження забруднюючих речовин із атмосфери на поверхню ґрунту. Найбільш поширений і токсичний забруднювач в районі аеропорту – свинець, що надходить із атмосферного повітря внаслідок осідання і вимивання опадами і утворюється при згорянні автомобільного палива. При згорянні свинець утворює дрібні частки з медіанним розміром менше 0,5 мкм. Такі аерозолі можуть переноситись на великі відстані, однак значна їх частина осідає на рослинах і ґрунті аеропорту.

Менша кількість свинцю утворюється при спалюванні інших видів палива. Відомо, наприклад, що концентрація свинцю в кам'яному вугіллі складає 25 мкг/кг. Середня концентрація свинцю в ґрунтах, які не піддаються інтенсивній

антропогенній діяльності, вважається рівною 16000 мкг/кг (фоновий рівень). В верхніх шарах ґрунту поблизу аеропорту концентрація свинцю складає за різними оцінками від 60000 до 550000 мкг/кг, досягаючи в окремих випадках і більш високих показників. Разом з тим необхідно відмітити, що забруднення ґрунтів свинцем в районі аеропортів є локальним, концентрація його швидко зменшується з відстанню від джерела забруднення, а також залежить від класу аеропорту і рози вітрів.

Виробничі та господарсько-побутові стоки змінюють кількість і якість води в них, ускладнюють або зовсім виключають можливість використання водою для пиття або для виробничо-технічних процесів, потреб рибного і сільського господарства, для спортивно-культурних і санітарно-оздоровчих заходів.

Ступінь впливу стічних вод на водойми залежить від характеру забруднювачів, які скидаються, їх кількісних співвідношень. Сама по собі нерозведена вода завжди має виражений токсичний ефект. Забруднення водою завдає великих збитків народному господарству не тільки через неможливість використання води для виробничих і побутових цілей, а й через те, що серед домішок, які містяться в виробничих відходах можуть знаходитися цінні матеріали.

Потрапляючи в організм людини з питною водою, переважна більшість металів та їхніх сполук, наприклад, свинець, миш'як, кадмій, цинк, мідь, ртуть, що містяться в стічних водах підприємств, можуть викликати отруєння, переважно хронічне. Деякі важкі метали, наприклад, ртуть, можна вважати постійними забруднювачами, оскільки потрапивши одного разу в навколишнє природне середовище, вони, не розкладаючись, переходять із повітря в воду, в водні організми, в їжу людей, і цілі цикли продовжуються нескінченно.

Деякі важкі метали, такі, як молібден, лантан, галій, германій менше небезпечні, однак діючи сумісно з іншими більш шкідливими забруднюючими речовинами, які містяться в стічних водах, можуть підсилювати їх реакцію при надходженні в організм людини з питною водою або продуктами харчування. Токсична дія багатьох металів зростає через вплив їх фізико-хімічних властивостей (наприклад, розчинності в воді), кумулятивної дії деяких з них (наприклад, свинцю)

на живий організм, а також особливостей водойми, куди вони надходять (температури води, вмісту в ній кисню, розчинних мінеральних солей, водневого показника pH , твердості).

Кумулятивна дія отруйних металів на людину проявляється після накопичення їх в організмі і раптового надходження в кров і тканини. При цьому спостерігаються симптоми гострого чи хронічного отруєння.

Здатність до кумуляції металів мають ґрунти і рослини при їх забрудненні виробничими стічними водами. Надходження в організм людини таких отрут з питною водою, рибою, овочами створює загрозу їхнього накопичення і кумулятивної дії. Такі властивості мають селен, літій, хром, свинець, цинк, мідь, кобальт, вольфрам, хром, миш'як, кадмій та ін.

Підвищені концентрації хімічних елементів викликають токсичну дію на водні організми. Гідробіонти в тій чи іншій мірі реагують на зміну гідрохімічного режиму водойми, яка відбулася в результаті спуску стічних вод.

Особливу шкоду наносять водоймам нафта і нафтопродукти.

Забруднення нафтопродуктами стічних вод, що особливо характерно для аеропортів, викликає різноманітні і глибокі зміни в складі водних біоценозів і навіть у всій фауні і флорі водойм. Це зумовлено фізико-хімічними властивостями самої нафти, яка надзвичайно різноманітна за складом і може віддавати в воду речовини в різних агрегатних станах: твердому, рідкому і газоподібному. Частина її компонентів осідає на дно, частина знаходиться у вигляді суспензій та емульсій у товщі води, а частина – у молекулярно розчиненому стані. У зв'язку з такими особливостями нафти вона, потрапляючи у воду, захоплює в сферу свого впливу всю товщу води водойми. Водні організми, де б вони не мешкали (на поверхні води або на певній глибині), піддаються дії нафти, її компонентів та продуктів окислення вуглеводнів і продуктів переробки нафти. У воді, що містить 0,5 мг/л нафтопродуктів, риба набуває присмаку нафти через 1 добу; 0,2 мг/л – через 3 доби; 0,1 мг/л – через 10 діб. Поріг сприйняття запаху нафти в рибі – при концентрації нафтопродуктів у воді 0,1 мг/л.

Вища водна рослинність, вкрита шаром нафтопродуктів, смол та інших рідких речовин антропогенного походження, непридатна для нересту риб і розвитку кормових організмів. Летальною концентрацією для водоростей виявляється нафтове забруднення від 1 мг/л, а припинення розмноження клітин спостерігається при концентраціях 0,1 – 0,001 мг/л.

Донні відклади, вкриті шаром нафтопродуктів, незалежно від товщини шару також непридатні для мешкання організмів. Забруднення місць мешкання водоплавних та інших корисних птахів і тварин призводить до різкого скорочення їх кількості. Нафтова плівка на поверхні води просочує пір'я у перелітних птахів, вони не можуть злетіти і гинуть.

Особливу шкоду водоймі наносить нафтова плівка, перешкоджаючи газообміну між водою та атмосферою, вона знижує вміст кисню в воді, зменшуючи здатність води до самоочищення, перешкоджає випаровуванню вологи з поверхні водойми (порушує кругообіг води).

Серед шкідливих органічних сполук, характерних для виробничих стічних вод авіапідприємств, слід відмітити ацетон і бензол. Ацетон для людини і теплокровних тварин малотоксичний при надходженні в організм з питною водою. Чинить місцеву подразнюючу дію на шкіру і слизові оболонки. На санітарний режим водойм ацетон практично не впливає. Бензол чинить гостру місцеву подразнюючу дію, всмоктується

шкірою і спричинює загальнотоксичну дію на організм. Риба набуває неприємного запаху при концентрації бензолу 10 мг/л.

Деякі метали, що містяться в виробничих стічних водах, надходячи на очисні споруди і осідаючи в двоярусних відстійниках і метантенках, згубно діють на мікрофлору, яка приймає участь в зброджуванні осаду, і тим самим затримують його мінералізацію, а в метантенках – також утворення газу.

На біофільтрах та аерофільтрах вони шкідливо впливають на мікроорганізми, які приймають участь в очистці стічних вод, і повністю стерилізують їх або знижують ефективність біологічної очистки стічних вод. Особливо шкідливо

впливають на мікрофлору очисних споруд хром, нікель, свинець, мідь, цинк, срібло і ртуть.

Деякі солі металів, що надходять в мережу каналізації, можуть спричинити корозію каналізаційних труб, порушити їх герметичність.

Внаслідок цього стічні води можуть просочуватися в ґрунт і забруднювати підземні води, а при відсутності напору в водопровідній мережі і негерметичності водопровідних труб – надходити в питну воду. До числа металів, які викликають корозію таких труб, відносяться алюміній, цинк, хром, залізо, нікель, олово, мідь, свинець, срібло.

Розчинні в воді солі деяких металів в малих концентраціях стимулюють ріст рослин і можуть застосовуватися як мікродобрива (бор, марганець, мідь, хром та ін.). В районах з недостатньою вологозабезпеченістю, де необхідне зрошення сільсько-господарських культур, використання з цією метою виробничих і господарсько-побутових стічних вод не тільки можливе, а й необхідне. Однак недостатньо очищені стічні води, особливо при великих концентраціях в них солей металів, згубно діють на рослини. Крім того, при цьому відбувається засолення ґрунту, вилуговування солей, гальмування біохімічних процесів в ґрунті і клітинах рослин, заповнення ґрунту грубо дисперсними і колоїдальними речовинами.

Для промислових стічних вод ряду авіапідприємств, особливо заводів, характерна наявність різних сполук алюмінію, берилію, хрому і деяких інших металів. Нерозчинні в воді сполуки металічного алюмінію не всмоктуються в кишечнику і вважаються нетоксичними, хоча деякі люди відрізняються підвищеною чутливістю до нього. З питною водою алюміній може надходити в організм у вигляді таких токсичних сполук, як хлориди, нітрити і сульфати. Розчинні в воді сполуки алюмінію через добу після їх прийому всмоктуються в кров до 50 % введеної кількості і в подальшому виділяються із організму, але значна частина їх накопичується в тканинах.

Згідно з дослідженнями деяких зарубіжних авторів, токсична дія на організм людини при прийомі в середину проявляється при наступних дозах сполук алюмінію: оцтовокислий алюміній – 0,2 – 0,4, гідроокис алюмінію – 3,7 – 7,3,

алюмінієві квасці – 2,9 мг/кг маси. Останні сильно подразнюють слизову оболонку очей і при концентрації цієї сполуки в водоймі 0,1 мг/л з розрахунку на алюміній під час купання у людей спостерігається хронічний кон'юктивіт, а при концентрації понад 0,5 мг/л – гостре запалення кон'юктиви. Мінімальна шкідлива концентрація хлористої та азотнокислої сполук алюмінію з розрахунку на іон металу складає в воді 0,1 мг/л. Деякі сполуки алюмінію, наприклад, алюміній – калій сірчаноокислий та алюміній – натрій сірчаноокислий, є алергенами.

Для риб найбільш шкідливі окис алюмінію, а також азотнокислий та хлористий алюміній. Сполуки алюмінію шкідливо діють також на інші водні організми, що приймають участь у самоочищенні водойм і є кормовими ресурсами для риб, а також на мікроорганізми. Так, алюміній азотнокислий згубно діє на дафнії вже з концентрації 0,5 мг/л. Другим за токсичністю є алюміній хлористий, решта сполук алюмінію малотоксичні.

Потрапляючи зі стічними водами в водойми, сполуки алюмінію затримують процеси їх самоочищення. Концентрація алюмінію азотнокислого з розрахунку на іон металу 1 мг/л гальмує розмноження мікрофлори води і тим самим також затримує процеси самоочищення водойм. Використання стічних вод з концентрацією алюмінію понад 1 мг/л може призвести до загибелі посівів.

Високотоксичні стічні води з сполуками берилію, який часто використовується на авіапідприємствах для підвищення зносостійкості авіаційних деталей. В концентраціях понад 0,15 мг/л в м'якій воді і понад 11 – 20 мг/л в твердій воді берилій викликає загибель риб, а дафнії гинуть вже при концентрації берилію понад 0,05 мг/л. При концентрації берилію 0,5 – 1,0 мг/л різко гальмуються біохімічні процеси самоочищення водойм і розмноження мікрофлори. Використання стічних вод з вмістом берилію понад 15 мг/л для зрошування сільськогосподарських культур недоцільно.

В ряді технологічних процесів на авіапідприємствах використовуються солі хрому, які викликають різноманітні шкідливі дії на організм людини. При вмісті в водоймі сполук шестивалентного хрому і споживанні їх з питною водою уражуються внутрішні органи, при купанні в водоймі можливі запалюючі зміни

слизових оболонках очей, дерматити та екземи, хром викликає також канцерогенну дію на живі організми. Хром з води накопичується в тканинах риб. Форель, наприклад, акумулює хром у вигляді хромату в концентрації понад 0,001 мг/л, а концентрація хрому в свіжій воді понад 10 мг/л є токсичною для форелі. Для більшості інших видів риб летальною є концентрація хрому понад 20–50 мг/л.

Такі сполуки шестивалентного хрому, як хромова кислота, хромовий ангідрид, біхромат натрію згубно діють на різні водні організми при концентраціях понад 0,01 мг/л.

Із сполук тривалентного хрому найвищу токсичність для водних організмів має сірчаноокислий хром. Шкідливо впливаючи на флору і фауну водойм, сполуки хрому тим самим гальмують проходження процесів самоочищення води. Стічні води із вмістом хрому не можна використовувати для поливки сільськогосподарських культур.

Таким чином, всі існуючі види забруднення водойм впливають на здоров'я людей, тварин, на розвиток водних організмів. Забруднена вода не тільки стає непридатною чи малопридатною для використання, але й завдає значної, часто непоправної шкоди всьому природному середовищу, з яким вона взаємодіє.

5.4 Утилізація масел

Відпрацьованим мастильним матеріалом є будь-яке масло, отримане з сировини нафти або синтетичного масла, використане і в результаті такого використання забруднене фізичними або хімічними домішками. Іншими словами, відпрацьованим маслом є саме те, що має на увазі його назву, тобто - це будь-який використаний мастильний матеріал на нафтовій основі або синтетичне масло. При нормальному використанні такі домішки, металеві частинки, вода або хімічні речовини можуть змішуватися таким чином, що з часом мастильний матеріал не може бути використаний за призначенням [21].

Проблеми екологічної безпеки застосування мастильних матеріалів невіддільні від утилізації мастильних матеріалів, які в даний час є одними з

найбільш поширених техногенних відходів, що негативно впливають на всі об'єкти навколишнього середовища – атмосферу, ґрунт і води.

Необхідність утилізації мастильних матеріалів у даний час ні в кого не викликає сумнівів, оскільки їх захоронення і знищення (в основному - шляхом спалювання) породжують ще більші екологічні проблеми, ніж самі мастильні матеріали.ю і при значних витратах не дозволяють повторно використовувати цінну вторинну сировину, що не вигідно вже з економічної точки зору. При цьому вельми важливо, щоб процеси утилізації самі по собі не уявляли істотної загрози біосфері.

Як вже зазначалося, найбільш раціональним напрямком у вирішенні сучасних екологічних проблем представляється практична реалізація концепції запобігання забруднення, оскільки колосальні витрати на усунення виниклих забруднень і неможливість передбачити й усунути всі їх наслідки цілком і повністю виправдовують створення нових більш безпечних технологій і створення принципово нового обладнання.

Як і в основних галузях промисловості, у галузі переробки вторинної сировини все більше фахівців висловлюється на користь відмови від традиційних методів боротьби з забрудненнями шляхом установки очисного обладнання в кінці технологічного ланцюжка. Висувається завдання вирішення екологічних проблем у процесі виробництва, на основі принципово нових технологічних рішень.

Ідеальне втілення цієї думки – створення промислових підприємств з мінімальними викидами. Оскільки виникнення відходів у промисловому виробництві уникнути не можна, так як неможливо уникнути термодинамічно обумовлених втрат речовини та енергії і повністю переробити сировину в бажану продукцію, створення підприємств такого роду передбачає систему технологічних процесів, що забезпечують комплексне використання сировини та енергії, коли побічні продукти і відходи одного процесу є сировиною або реагентами іншого. Комплексна переробка сировини включає уловлювання, виділення і переробку всіх відходів у готову продукцію або щодо екологічно безпечних речовин, придатні до безпечного захоронення.

Комплексне використання сировини – найбільш повне, економічно й екологічно виправдане використання всіх корисних компонентів, що містяться в сировині, а також у відходах виробництва, при цьому передбачається максимальний вихід продукції на кожній стадії переробки, що підвищує ефективність виробництва і зменшує утворення відходів.

Найважливіша умова організації маловідходного виробництва - наявність системи знешкодження невикористовуваних відходів, в першу чергу токсичних. При цьому вплив відходів на навколишнє середовище не повинен перевищувати гранично допустимих концентрацій.

Шляхи створення маловідходних технологій:

- 1) комплексна переробка сировини;
- 2) розробка принципово нових процесів і схем отримання відомих видів продукції;
- 3) проектування безстічних і замкнутих систем водоспоживання;
- 4) рекуперація промислових відходів;
- 5) розробка і створення територіально-промислових комплексів з замкнутою структурою матеріальних потоків сировини та відходів.

У сучасній технічній літературі при розгляді питання відновлення якості мастильних матеріалів використовують різні терміни - очищення, регенерація, вторинна переробка.

Під «очищенням» будемо мати на увазі безперервну чи періодичне очищення працюючого мастильного матеріалу в діючому обладнанні, здійснювану за допомогою відстійників, фільтрів, центрифуг і адсорберів.

Термін «регенерація» відноситься до відновлення якості відпрацьованого мастильного матеріалу до рівня свіжого. Для проведення регенерації використовують більш складні фізичні та хімічно процеси - коагуляцію, сірководневе і адсорбційне очищення.

У випадку переробки сумішей різних відпрацьованих нафтових масел (НМ), що збираються централізовано з промислових підприємств, використовують термін «вторинна переробка». З такої сировини можливе отримання базових масел різного

складу і призначення. Вторинна переробка здійснена тільки на великих спеціалізованих підприємствах і передбачає застосування комплексу процесів – вакуумної перегонки, екстракції, гідроочищення і деяких інших фізичних і хімічних методів.

Очищення працюючих і регенерація відпрацьованих масел

Виробництво нафтових масел продовжує збільшуватися, що в свою чергу сприяє зростанню кількості відпрацьованих масел.

Очищення та регенерація масел безпосередньо на місцях їх споживання є одним з найбільш економічних способів використання вторинних ресурсів і дозволяє підбирати процеси і технологічні режими, найбільш відповідні маслу даного призначення і продуктів його старіння. Основна проблема полягає в потраплянні сторонніх забруднень, видалення яких шляхом механічного очищення є найбільш ефективним способом відновлення якості. Очищене масло повторно використовується за призначенням. В основному це відноситься до індустріальних, гідравлічних, турбінних і трансформаторних олив, рідше – до моторних, хоча це найбільша група масел за обсягом виробництва.

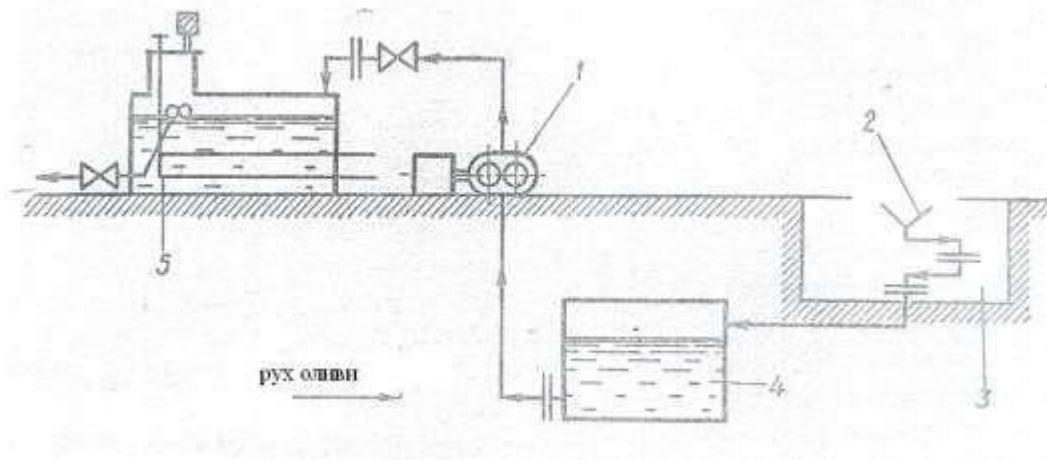
Серед сучасних способів очищення і регенерації переважають фізичні методи – відстій, центрифугуванні, фільтрація, вакуумне сушіння. Можливе застосування і більш складних фізико-хімічних методів (у разі сильного забруднення або глибокого старіння масел).

Регенерація відпрацьованих олив є тривалим процесом, який відбувається на спеціальних станціях. На вибір технології регенерації відпрацьованих мастил впливають такі фактори як: марка оливи, вміст домішок, склад і кількість оливи.

Для централізації первинної переробки, спрощення технології збирання з мінімальними втратами і скорочення технологічного циклу усі відпрацьовані нафтопродукти в залежності від призначення поділені на 3 основні групи: 1 група-оливи моторні відпрацьовані і їх суміші з індустріальними при 50 °С; 2 група-оливи індустріальні відпрацьовані і їх суміші, а також турбінні і компресорні, які призначені для регенерації; 3 група-суміш нафтопродуктів відпрацьованих в тому числі і олив, бензину, гасу, дизельного пального. Технологічний процес первинної

переробки для кожної групи відпрацьованих олив більш економічний в порівнянні з індивідуальними для кожної марки, однак загальні витрати повертаються тільки на спеціалізованих регенераційних підприємствах.

Особливі вимоги до ділянок збору відпрацьованих олив наступні. Ці ділянки повинні мати спеціальні складські приміщення з сучасними засобами сигналізації і пожежегасіння, де встановлені окремі для кожної групи відпрацьованих олив і нафтопродуктів спеціальні марковані резервуари або ємності об'ємом 4 – 5м³ (рисунок 5.1).



- 1 – насос; 2 – воронка; 3 – оглядова яма; 4 – проміжна ємність;
5 – накопичувальна ємність

Рисунок 5.1 – Збір відпрацьованої оливи при наземній накопичувальній ємності:

Утилізацію НМ здійснюють в основному за трьома напрямками:

- вторинна переробка сумішей з незначними домішками синтетичних масел з отриманням базових компонентів;
- регенерація НМ окремо за марками з одержанням продуктів відповідного призначення;
- переробка сумішей НМ або очищення окремих продуктів з метою отримання котельного, пічного палива.

Основна маса зібраних відпрацьованих масел спалюється або зливається на ґрунт. Лише невелика частина піддається переробці, в основному для повернення (рісайклінг) у виробництво свіжих продуктів.

Серед різноманітних промислових процесів вторинної переробки виділяють групи за основним способом очищення: сіркокислі, адсорбційна, гідроочищення, екстракційна, тонкоплівкове випаровування, ультрафільтрація.

Одним з широко поширених напрямів використання відпрацьованих нафтових масел є залучення їх у виробництво палив.

Використання нафти як сировини для виробництва не тільки палив, але й інших хімічних продуктів набуває все більшого значення, по-перше, внаслідок скорочення сировинних ресурсів і, по-друге, в результаті зростання значення природного газу. Ця ситуація підвищує інтерес до утилізації відпрацьованих нафтових масел в якості низькоякісного котельно-пічного палива. При спалюванні відпрацьованих масел та їх сумішей виникають проблеми охорони навколишнього середовища. Ці проблеми переборні, але вартість їх вирішення знижує значимість палив з відпрацьованих масел у порівнянні зі свіжими продуктами.

Відпрацьовані масла володіють достатньо високим рівнем захисних властивостей, що дозволяє використовувати їх для приготування консерваційних мастил типу ПВК з одержанням продуктів, близьких до свіжих за рівнем захисних властивостей.

До нового напрямку раціонального використання НМ відноситься отримання з них твердих палив шляхом затвердіння і брикетування.

Синтетичні масла

Очищення та регенерація синтетичних масел у зв'язку з їх високою вартістю мають надзвичайно важливе значення. Крім того, ряд синтетичних масел (складні ефіри фосфорної кислоти) становлять значну небезпеку для людини і навколишнього середовища. Важливо і те обставина, що частина відпрацьованих

синтетичних масел неминуче потрапляє в суміші при зборі для вторинної переробки НМ і може негативно впливати на ефективність використаних процесів.

Найбільш доцільним і вигідним способом утилізації відпрацьованих синтетичних масел є регенерація. За кордоном основним процесом як для нафтових, так і для синтетичних масел до цих пір залишається сіркокислі очищення.

Дуже важливою є проблема переробки сумішей відпрацьованих синтетичних і нафтових масел. Такі суміші утворюються або через відсутність елементарної культури експлуатації масел та збору відпрацьованих продуктів, або із-за неможливості організації окремого збору. Подібні труднощі виникають і при регенерації відпрацьованих масел на змішаній основі (так званих напівсинтетичних). Суміші відпрацьованих масел запропоновано очищати за схемою, що включає стадії видалення основної частини хладоагентів, контактного очищення асканітом, фільтрування і осушення цеолітом. Очищена суміш придатна для повторного використання за прямим призначенням.

Масла на основі силіконів знаходять широке застосування, їх використовують, зокрема, в якості охолоджуючих або ізоляційних засобів в електроустановках високої напруги.

Висновки до розділу 5

Відпрацьовані масла, які потрапляють у навколишнє природне середовище, лише частково видаляються або знешкоджуються в результаті природних процесів. Основна ж їх частина є джерелом забруднення ґрунту, водойм і атмосфери. Накопичуючись вони призводять до порушення відтворення птахів, риби і ссавців, надають шкідливий вплив на людину.

В даний час особливу важливість набуває раціональне і економне витрачання нафтопродуктів. Проблема збору та утилізації відпрацьованих нафтопродуктів є актуальною, більше того, рентабельною і наукоємною областю, тому що при правильній організації процесу регенерації вартість відновлених масел на 40 – 70 % нижче вартості свіжих мастил при практично однаковому їх якості.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Невід'ємною частиною механізму, що містить вузо тертя – є змащувальний матеріал, який відіграє неабияку роль в експлуатації рухомих частин механізмів, збереженню їх працездатності, енергетичних затрат, пов'язаних з використанням механічних пристроїв, вивчення поведінки мастильного матеріалу у експлуатаційному циклі механізмів дозволить розширити діапазони їх використання і збільшити ресурс, оскільки умови роботи змащувального матеріалу в сучасних машинах і пристроях дуже змінилися, як в бік підвищення тиску в зоні контакту пар тертя, так і температурного інтервалу

На основі літературного огляду та аналізу класифікацій машин тертя відомих трибологів показано, що при точковому контакті найкраще забезпечуються оптимальні умови визначення трибо технічних властивостей мастильних матеріалів, що свідчить про коректність проведення трибовипробувань на приладах тертя побудованих по цьому принципу.

Провівши вивчення анізотропії, були побудовані криві залежності мінімальних і максимальних значень коефіцієнта тертя від умов проведення експерименту. крива мінімальних значень відповідає отриманим кривим на умовно ізотропних поверхнях, що дає можливість припустити про рух індентора вздовж напрямку обробки. Крива максимальних значень показує зниження коефіцієнта тертя при збільшенні добавки дисульфиду молібдену аж до 10 %, що не відповідає попереднім отриманими даними. Це пов'язано з тим, що навантаження в цій ділянці мінімальна, тому існує можливість для зниження коефіцієнта тертя.

На підставі виконаних трибологічних випробувань можна стверджувати, що оптимальна концентрація досліджуваних антифрикційних добавок лежить в діапазоні від 5 до 8%. Встановлено, що зниження коефіцієнта тертя відбувається в 1,75-2 рази по відношенню до масла I-20A.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Ахматов А.С. Молекулярная физика граничного трения. – М.: Физматгиз, 1963. – 472 с.
2. Райко М.В. О свойствах смазочных материалов при высоких температурах. Тр. КИИГА, вып. XII. – М.: изд-во Аэрофлота, 1964. – с. 39-49.
3. Технология ремонта машин : учебник / В.М. Корнеев, В.С. Новиков, И.Н. Кравченко [и др.] ; под ред. В.М. Корнеева. – М. : ИНФРА-М, 2018. – 314 с. – (Высшее образование: Бакалавриат). – www.dx.doi.org/10.12737/textbook-59d25702b797a5.36101100. – Режим доступа: <http://znanium.com/catalog/product/905842>.
4. Singera, A.; Barakat, Z.; Mohapatra, S.; Mohapatra, S.S. Chapter 13—Nanoscale Drug-Delivery Systems: In Vitro and In Vivo Characterization. In Nano-Carriers for Drug Delivery: Nanoscience and Nanotechnology in Drug Delivery, 1st ed.; Mohapatra, S.S., Ranjan, S., Dasgupta, N., Mishra, R.K., Thomas, S., Eds.; Elsevier: Amsterdam, The Netherlands, 2019; pp. 395– 419.
5. Матеріалознавство в машинобудуванні [Електронний ресурс]. – 2018. – Режим доступу до ресурсу: https://fizmat.7mile.net/materialoznavstvo/5_2_1-mastilni-materiali.html.
6. Hotze, E.M.; Phenrat, T.; Lowry, G.V. Nanoparticle aggregation: Challenges to understanding transport and reactivity in the environment. J. Environ. Qual. 2010, 39, 1909–1924.
7. Stolzenburg, P.; Hämisch, B.; Richter, S.; Huber, K.; Garnweitner, G. Secondary Particle Formation during the Nonaqueous Synthesis of Metal Oxide Nanocrystals. Langmuir 2018, 34, 12834–12844.
8. Rizzuti, A.; Leonelli, C.; Corradi, A.; Caponetti, E.; Martino, D.C.; Nasillo, G.; Saladino, M.L. Structural Characterization of Zirconia Nanoparticles Prepared by Microwave-Hydrothermal Synthesis. J. Dispers. Sci. Technol. 2009, 30, 1511–1516.

9. Rodriguez-Devecchis, V.M.; Carbognani Ortega, L.; Scott, C.E.; Pereira-Almao, P. Use of Nanoparticle Tracking Analysis for Particle Size Determination of Dispersed Catalyst in Bitumen and Heavy Oil Fractions. *Ind. Eng. Chem. Res.* 2015, 54, 9877–9886.
10. Jazaa, Y.; Lan, T.; Padalkar, S.; Sundararajan, S. The Effect of Agglomeration Reduction on the Tribological Behavior of WS₂ and MoS₂ Nanoparticle Additives in the Boundary Lubrication Regime. *Lubricants* 2018, 6, 106.
11. Sonali, J.; Sandhyarani, N.; Sajith, V. Tribological properties and stabilization study of surfactant modified MoS₂ nanoparticle in 15W40 engine oil. *Int. J. Fluid Mech. Mach.* 2014, 1, 1–5.
12. Srivyas, D.; Charoo, M.S. A Review on Tribological Characterization of Lubricants with Nano Additives for Automotive Applications. *Tribol. Ind.* 2018, 40, 594–623.
13. Vasylykiv, O.; Sakka, Y. Synthesis and Colloidal Processing of Zirconia Nanopowder. *J. Am. Ceram. Soc.* 2001, 84, 2489–2494.
14. Зносостійкість і надійність вузлів тертя машин. Міжнародна науково-технічна конференція 17-19 травня 2000 року., тези доп. /Р.І. Сілін та ін; Технологічний Університет Поділля. – Хмельницький, 2000. – 60 с.
15. Проблеми тертя та зношування: Науково-технічний збірник /Ред. кол. Голего і ін., Міністерство Освіти і Науки України. – К.: КМУЦА, 1998. – Вип. 44.
16. Дмитриченко Н.Ф. Эластогидродинамика: теория и практика. – Львов: Изд-во Национального Университета Львовская Политехника, 2000. – 219 с.
17. Крагельский И.В. Основы расчетов на трение и износ. – М.: Машиностроение, 1977. – 532 с.
18. Зозуля В.Д. Словарь-справочник по трению, износу и смазке деталей машин / Зозуля В.Д., Шведков Е.Л., Ровинский Д.Я., Браун Э Д. – К.: Наук.думка, 1990. – 264с.
19. Wang, L.; Wang, B.; Wang, X.; Liu, W. Tribological investigation of CaF₂ nanocrystals as grease additives. *Tribol. Int.* 2007, 40, 1179–1185.

20. Zhao, W.L.G.; Zhao, Q.; Li, W.; Wang, X. Tribological properties of nano-calcium borate as lithium grease additive. *Lubr. Sci.* 2009, 26, 43–53.
21. Матвеевский Р.М. Температурная стойкость граничных смазочных слоев и твердых смазочных покрытий при трении металлов и сплавов. – М.: Наука, 1971. – 227 с.
22. Thibault, R.; (Contributing Editor). Grease Basics Part II: Selection & Applications. *Efficient Plant*. September/October 2009. Available online: <https://www.efficientplantmag.com/2009/09/grease-basicspart-ii-selection-a-applications/> (accessed on 26 February 2020).
23. ГОСТ 9490-75 Материалы смазочные жидкие и пластичные. Метод определения трибологических характеристик на четырехшариковой машине.
24. Стельмах А.У., Сидоренко А.Ю., Костюник Р.Е. Методика идентификации ГСМ по противоизносным и антифрикционным свойствам с учетом реальных условий их работы // *Технологические системы*. – 2002. – №3. – С. 96–101.
25. Системный анализ методологии трибологических испытаний конструкционных материалов / В. Пекошевски, В. Потеха, М. Щерек [та ін.] // *Трение и износ*. – 1996. – Т. 17, № 2. – С. 178-186.
26. Дроздов Ю.Н. Развитие трибологии для экспериментальных условий: трибология и надежность машин. – М.: Наука, 1990.
27. Евдокимова А.Н. Знакопеременное высокоскоростное трение и его технологические возможности. – К.: УМАОИ, 1997. – 210 с.
28. Смазочные материалы: Антифрикционные и противоизносные свойства. Методы испытаний: Справочник /Р.М. Матвеевский, В.Л. Лашхи, И.А. Буяновский и др. – М.: Машиностроение, 1989. – 224 с.
29. Литвинов А.А., Ластовец А.Н. Феноменологическая теория трения и смазки: конспект лекций. – К.: КМУГА, 1999. – 114 с.
30. ГОСТ 23175-78 Масла смазочные. Метод оценки моторных свойств и определения термоокислительной стабильности
31. ГОСТ 981-75 Масла нефтяные. Метод определения стабильности против окисления

32. Перспективы повышения ресурса и надежности эксплуатации пар трения смазывающихся рабочими средами: Сборник научных трудов /АН УССР. Ин-т сверхтвердых металлов; отв. ред. В.П. Бондаренко. – К., 1987. – 83 с.

33. Shih, Y.-H.; Liu, W.-S.; Su, Y.-F. Aggregation of stabilized TiO₂ nanoparticle suspensions in the presence of inorganic ions. *Environ. Toxicol. Chem.* 2012, 31, 1693–1698. Nafsin, N.; Hasan, M.; Dey, S.; Castro, R. Effect of ammonia on the agglomeration of zirconia nanoparticles during synthesis and sintering by Spark Plasma Sintering. *Mater. Lett.* 2016, 183, 143–146.

34. Azman, N.F.; Syahrullail, S.; Rahim, E.A. Preparation and dispersion stability of graphite nanoparticles in palm oil. *J. Tribol.* 2018, 19, 132–141.

35. ГОСТ 12.0.003-74 Система стандартов безопасности труда. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.

36. ГОСТ 12.3.009-76* «ССБТ. Работы погрузочно-разгрузочные. Общие требования безопасности».

37. ДНАОП 0.03-8.03-97 Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу

38. ДНАОП 5.1.30 - 1.06 -98 Правила безпеки праці при технічному обслуговуванні і поточному ремонті авіаційної техніки.

39. ОСТ 54 72003–82 ССБТ «Освітлення штучне на експлуатаційних підприємствах ЦА. Норми і вимоги безпеки»/

40. ОСТ 72002-84 ССБТ «Освітлення штучне на заводах ЦА. Норми і вимоги безпеки».

41. ДБН В.1.1-31:2013 «Захист територій, будинків і споруд від шуму».

42. Слободян О. Положення про дипломні роботи (проекти) випускників Національного Авіаційного Університету, затв. наказом т. в. о. ректора від 14.12.2017 № 594/од., 2017, 63 с.